

Aleksandr Kotenko & Marko Vottonen

UUDET TEKNOLOGIAT JA TEKOÄLY LOGISTIIKASSA

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Liiketoiminnan logistiikan koulutus

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Tradenomi (AMK)
Tekijä/Tekijät	Aleksandr Kotenko & Marko Vottonen
Työn nimi	Uudet teknologiat ja tekoäly logistiikassa
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Vuosi	2023
Sivut	75 sivua, liitteitä 3 sivua
Työn ohjaaja(t)	Eeva Ala-Krekola

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä uutta ja tulevaa teknologiaa logistiikan ja liiketoiminnan alueilla. Tulevat uudet teknologiat, kuten tekoäly ja lohkoketju, sisältävät suuren potentiaalin liiketoiminnan ja logistiikan kehityksessä. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys uusien teknologioiden perusteista ja siitä, miten niitä voidaan käyttää liiketoiminnassa ja logistiikassa. Työ sisältää muun muassa tekoälyn ja lohkoketjun syvempää tarkastelua ja niiden toimintaperiaatteita.

Tietoperustaan sisältyy tekoälyn, automaation, esineiden internet (Internet of things, IoT) ja lohkoketjujen tarkastelu sekä niiden potentiaali logistiikassa ja liiketoiminnassa. Tässä opinnäytetyössä syvennyttiin näiden toimintaan, nykyiseen käyttöön ja tulevaisuuden mahdollisuuksiin.

Työ toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena, ja menetelmänä käytettiin kuvailtavaa kirjallisuuskatsausta soveltaen oivaltavaa vetoketjumallia, jolloin teoreettinen viitekehys ja käytännön esimerkit sulautuvat hyvin yhteen. Lähteinä käytettiin alan kirjallisuutta, tutkimuksia ja artikkeleita lehdistä ja internetistä. Työ toteutettiin tammikuusta 2023 marraskuuhun 2023.

Tulokseksi saatiin kattava kokonaiskuva uusien teknologioiden käytöstä, vaikutuksista ja potentiaalista liiketoiminnassa ja logistiikassa.

Asiasanat: tekoäly, automaatio, lohkoketju, IoT

Degree title	Bachelor of Business Administration
Author (authors)	Aleksandr Kotenko & Marko Vottonen
Thesis title	New Technologies and Artificial Intelligence (AI) in Logistics
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences
Time	2023
Pages	75 pages, 3 pages of appendices
Supervisor	Eeva Ala-Krekola

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to present new and future technology in the areas of logistics and business. Future new technologies, such as artificial intelligence and blockchain, contain great potential in the development of business and logistics. The aim of the thesis was to explain the basics of new technologies and how they can be used in business and logistics. The work includes, among other things, a deeper examination of artificial intelligence and blockchain and their operating principles.

The database includes an examination of artificial intelligence, automation, internet of things (IoT) and blockchains and their potential in logistics and business. We delved into their operation, current use and future possibilities.

The work was carried out as a qualitative study, and literature review was used as the method. Theoretical framework and in-practice case studies were merged in a smooth way. Literature, studies and articles from magazines and the internet were used as primary sources. The work was carried out from January 2023 to November 2023.

The result was a comprehensive overview of the use, effects and potential of new technologies in business and logistics.

Keywords: artificial intelligence, automation, blockchain, IoT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Tutkimuksen tausta	6
1.2	Tutkimuksen menetelmät	6
1.3	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	9
2	UUDET TEKNOLOGIAT LOGISTIIKASSA	10
3	PERUSANASTO TEKNOLOGIOIDEN YMMÄRTÄMISEKSI.....	12
4	TEKOÄLY (ARTIFICIAL INTELLIGENCE).....	15
4.1	Tekoälyn historia	16
4.2	Tekoäly: tyypit ja mahdollisuudet	18
4.3	Tekoälyn eettiset, turvallisuus- ja ympäristökysymykset	20
4.4	Tekoäly logistiikassa	24
4.5	Neuroverkot ja niiden soveltaminen logistiikassa	24
4.6	Esimerkki – Tekoäly ja automaatio, Pireuksen satama	25
4.6.1	Simulaation validaatio ja verifikointi.....	26
4.6.2	Simulaation tulokset ja johtopäätökset	27
5	AUTOMAATIO LOGISTIIKASSA: TEHOKKUUTTA JA INNOVAATIOITA ROBOTIIKAN AVULLA.....	28
5.1	Robottiikan kehitys	29
5.2	Robottiikkatyypit ja Turvallisuus	30
6	IOT (INTERNET OF THINGS, ESINEIDEN INTERNET)	32
6.1	IoT logistiikassa.....	34
6.2	Esimerkki – IoT logistiikassa: Boksen Nice	34
6.3	Tulokset ja johtopäätökset.....	35
7	ÄLYTIE JA AUTONOMISET AJONEUVOT.....	37
8	LOHKOKETJU-TEKNOLOGIA (BLOCKCHAIN)	37
8.1	Lohkoketju – perusteet.....	39
8.1.1	Lohkoketjun avaintermit.....	40

8.1.2	Lohkoketjun konsensusmekanismit.....	41
8.1.3	Bitcoin.....	42
8.1.4	Lohkoketjun historialliset kehitysaskeleet.....	45
8.1.5	Lohkoketjun ja kryptovaluuttojen sääntely.....	45
8.2	Lohkoketjut logistiikassa.....	47
8.3	Lohkoketju logistiikan toimitusketjuissa - Esimerkki	47
9	DIGITAL TWIN (DIGITAALINEN KAKSONEN).....	49
10	AR-, VR- JA MR-TEKNOLOGIOIDEN MERKITYS LOGISTIIKASSA.....	50
11	3D-TULOSTAMINEN (3DP).....	52
11.1	Mitä on 3D-tulostaminen?	53
11.2	3D-tulostaminen nykykäytössä.....	53
11.3	3D-teknologia logistiikassa.....	54
12	BIG DATA JA PILVIPALVELUT	54
12.1	Big data -analytiikka	56
12.2	Cloud Computing (Pilvilaskenta ja Pilvipalvelut).....	56
12.3	Pilvipalveluiden rooli teknologioissa	57
POHDINTA.....		59
12.4	Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen	59
12.5	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	60
12.6	Jatkotutkimuskysymyksiä	61
12.7	Pohdintaa tutkimustuloksista.....	62
LÄHTEET		64
KUVALUETTELO		
LIITTEET		
	Liite 1. XMRig – louhijan konfiguraatio-1	
	Liite 2. XMRig – louhijan konfiguraatio-2	
	Liite 3. Lohkoketjun historia	

1 JOHDANTO

Viimeisten 40 vuoden aikana logistiikan ja toimitusketjun hallinnassa on tapahtunut dramaattisia muutoksia. Ensinnäkin tämän päivän toiminnot poikkeavat menneisyyden toiminnoista merkittävästi niin teoreettisesti kuin käytännön tasollakin. Lisäksi logistiikkaoperaatiot ovat yhä suurempia ja monimutkaisempia menneisyyteen verrattuna, ja näiden logistiikkaoperaatioiden järjestelyn tehokkuus ja kilpailukyky kärsii, elleivät logistiikkayritykset mukaudu uusiin, edistykseen teknologioihin. Kun teknologia on kehittynyt nopeasti, myös asiakkaiden vaatimukset ovat muuttuneet dramaattisesti ja tämä pitää ottaa huomioon asiakkaiden tarpeiden tyydyttämisessä. Lisäksi edistykseen teknologian käyttö on ollut yrityksille hyödyllistä ja jopa pienyritykset ovat kehittäneet omia teknologioitaan säilyäkseen kilpailukykyisinä uudessa liiketoimintaympäristössä. (Görçün & İyigün 2022, 3–4.)

1.1 Tutkimuksen tausta

Opinnäytetyössä käydään läpi valitsemiemme uusien teknologioiden, kuten tekoälyn, automaation, IoT:n ja lohkoketjun perusteet sekä niiden tulevaisuuden potentiaali ja mahdolliset uhkakuvat. Työssä annetaan myös esimerkkejä teknologioiden käytöstä tällä hetkellä ja tulevaisuudessa, sekä tarkastellaan näiden teknologioiden tieteellistä kirjallisuutta liittyen logistiikan alaan. Halusimme keskittyä niihin uusiin teknologiatrendeihin, joihin yritykset ovat erityisen keskittyneitä. Valikoimme tarkasteltavat teknologiat ja uusimmat trendit Acropolis-tekniikkakonsulttiyrityksen trendilistausten mukaan (2023), sekä esimerkiksi Gartnerin trenditutkan (Gartner Inc. 2023) ja DHL:n Logistics Trend Radarin mukaan (The Logistics Trend Radar 2023). Koimme yhteneväisyyksien näiden kolmen suuren logistiikkatoimijan trendinäkemysten välillä olevan hyvin samankaltaiset valitsemiemme teknologioiden osalta, ja siksi päädyimme käsittelemään juuri näitä teknologioita.

1.2 Tutkimuksen menetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmetodinä käytetään narratiivista, laadullista, kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa voidaan käyttää laajoja aineistoja yleisesti ilman tarkkaa rajausta ja narratiivisella otteella voidaan antaa laaja, yleisen tason kuva käsiteltävien aiheiden historiasta ja

kehityskuluista. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään aihealueen ominaisuudet ja merkitykset kokonaisvaltaisesti (Salminen 2011, 7–13.)

Laadullinen eli kvalitatiivinen lähestymistapa valikoitui tutkimuksen perustaksi, koska Juhilan (s.a.) mukaan laadullisen tutkimuksen ollessa empiiristä, se perustuu eri aineistoihin ja niiden analyysiin, ja koska empiirisyys ei kuitenkaan poissulje teoreettisuutta ja teoreettisia kiinnekohtia, vaan pikemminkin vaatii niitä, tämä lähestymistapa tuntui luontevimmalta tutkimukselle, jossa käsitellään uusia konsepteja teoreettisesti sekä käytännön esimerkkien kautta.

Laadullinen tutkimus eroaa kvantitatiivisesta tutkimuksesta, eli määrällisestä tutkimuksesta siten, että siinä kerätään muutakin kuin numeerista dataa, ja se ei ole niinkään tilastollista ja voi olla vain osittain jäsennettyä. Laadullinen tutkimus perustuu tutkimussuunnitelmaan, sen perusteella kerättyihin tietoihin ja pyrkii vastaamaan kysymykseen ”miksi?” (Määrällisen ja laadullisen tutkimuksen välinen ero s.a.)

Työhön sovelletaan kirjoitustapana oivaltavaa vetoketjumallia, jossa tietoperusta eli teoria ja käytäntö sulautuvat yhteen ja etenevät yhdessä, ja jokaisen osion lopuksi esitellään johtopäätökset (Ohje toiminnalliselle opinnäytetyölle 2022). Kun kuvataan erillisiä teknologioita, on luontevaa, että jokaisen teknologian teoreettista kuvausta seuraa käytännön esimerkki teknologian käytöstä logistiikassa.

Aihepiirin luonteen vuoksi tämän kaltaisen mallin käyttö on perusteltua lukijan näkökulmasta, sillä johtopäätöksien esittely jokaisen teknologian lopuksi pitää koko työn rakenteen johdonmukaisena ja helposti ymmärrettävänä. Käsiteltävät teknologiat ovat hyvinkin erilaisia, ja tutkimuskysymyksiin vastaaminen yksityiskohtaisesti on näin järkevin toteuttaa jokaisen teknologian kohdalla erikseen. Aivan työn lopuksi kuvailemme suurpiirteisesti kuvattujen teknologioiden vaikutuksia ja johtopäätöksiä tulevaisuudesta.

Opinnäytetyön rakenne ja etenemisprosessi esitellään taulukon avulla. Taulukossa 1 näemme opinnäytetyön rakenteen.

Taulukko 1. Opinnäytetyön rakenne ja etenemisprosessi

Kuvattava teknologia	Esimerkiksi Tekoäly
Käytetyt tietokannat ja hakusanat	Taulukko tietokannoista ja hakusanoista, joilla tekoälyä tutkittiin (Taulukko 2)
Teknologian kuvaus	Teknologian esittely, historia
Teknologian teoreettinen osuus	Tekoälyn nykyiset käyttötavat, potentiaali, uhkakuvat
Esimerkki teknologian käytöstä	Käytännön esimerkki tekoälyn käytöstä logistiikassa
Johtopäätökset	Tutkimuskysymyksiin vastaus, johtopäätökset

Taulukko 1 näyttää tutkimuksen rakenteen jokaisen erillisen, esiteltävän teknologian kohdalla. Tämä prosessirakenne teknologioita käsiteltäessä toistuu jokaisen käsiteltävän teknologian kohdalla erikseen. Kun käsitellään pienempiä teknologian osa-alueita, jotka liittyvät laajempaan konseptiin, voidaan esittely tehdä suppeammin. Tutkimuksen lopuksi annamme vielä johtopäätökset yleisellä tasolla teknologioiden vaikutuksesta logistiikkaan ja moderniin maailmaan. Nämä johtopäätökset ovat siis erillään taulukosta 1.

Valitsemiemme teknologioiden alkuun esitellään taulukko 2, jossa ovat yksityiskohtaiset tiedot haettavan aiheen tietokannoista, hakusanoista, tuloksista, ja käytetystä informaatiosta. Taulukko 2 on siis osa taulukossa 1 esiteltäviä Käytetyt tietokannat ja hakusanat- kohtaa. Taulukko 2 esitellään näin:

Taulukko 2. Aiheen tietokannat ja rajaukset

Tietokanta (esim.)	Hakutermit ja rajaukset	Tulokset	Abstraktilla tarkastellut	Kokotekstinä tarkastellut	Tutkimukseen valitut
Google Scholar	Käytetyt hakutermit	Nro	Nro	Nro	Nro
Theseus	Käytetyt hakutermit	Nro	Nro	Nro	Nro
Kaakkuri.fi	Käytetyt hakutermit	Nro	Nro	Nro	Nro

Taulukosta 2 näemme, mitä tietokantoja tiedon saamiseksi on käytetty, mitä hakutermejä ja rajoituksia on käytetty, tulokset, tarkastellut aineistot ja opinnäytetyöhön valitut aineistot. Tällä tavoin lukija saa kontekstin aineistohakuun liittyvistä seikoista. Tutkimukseen valitut lähteet perustuvat siihen, kuinka niiden konteksti ja informaatiomateriaalit sopivat tämän tutkimuksen tavoitteiden kanssa yhteen.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on kuvailla modernia ja uutta teknologiaa, joka on saavuttanut laajemmin suuren yleisön ja yritysten tietoisuuden niin teoriassa kuin käytännössäkin viimeisten 10–15 vuoden aikana ja käydä läpi teknologioihin liittyvää tieteellistä kirjallisuutta. Lisäksi työssä kuvataan näiden teknologioiden merkitys logistiikan alalle ja potentiaalinen positiivinen sekä negatiivinen vaikutusmahdollisuus sidosryhmille, jotka teknologiaa käyttävät. Jokaisen teknologian kohdalla annetaan käytännön esimerkki käytöstä yritysmaailmassa. Tutkimuskysymyksien vastaukset ja johtopäätökset käydään läpi jokaisen teknologian kohdalla erikseen, kuten taulukossa 1 kuvattiin.

Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millaisia uusia teknologioita logistiikassa käytetään nyt ja tulevaisuudessa, ja mitä nämä teknologiat mahdollistavat?
2. Miten yritykset käyttävät käytännössä näitä teknologioita?

Opinnäytetyömme tavoitteena on esitellä ja ymmärtää näitä teknologioita ja niiden vaikutusta logistiikka-alaan, ja toivomme, että tämä tutkimus voi olla hyödyksi sidosryhmille ja yrityksille, jotka harkitsevat näiden teknologioiden käyttöönottoa logistiikkaprosesseissaan. Tutkimuksen lopuksi annamme vielä johtopäätökset yleisellä tasolla modernien teknologioiden vaikutuksista logistiikan maailmassa.

2 UUDET TEKNOLOGIAT LOGISTIIKASSA

Logistiikka on ala, joka kehittyy ja mukautuu jatkuvasti uusien teknologioiden käyttöönoton myötä. Pysyäkseen kilpailukykyisinä ja hyödyntääkseen viimeisimpiä innovaatioita logistiikkayritykset ja -organisaatiot voivat kääntyä esimerkiksi Logistics Trend Radarin tai Gartnerin esittelemien strategiset teknologiatrendit -työkalujen puoleen.

DHL:n Logistics Trend Radar -työkalu auttaa tunnistamaan nousevia logistiikkatrendejä ja niiden vaikutuksia yritysten liiketoimintaan. DHL:n asiantuntijoiden tutkimuksiin ja havaintoihin perustuva työkalu kattaa muun muassa teknologiset innovaatiot, kuluttajakäyttäytymisen muutokset ja globaalien talouden muutokset. Logistiikkatrenditutka päivitetään joka toinen vuosi, ja se on arvokas resurssi logistiikkayrityksille, jotka haluavat pysyä ajan tasalla alan uusimmista suuntauksista. (The Logistics Trend Radar 2023.)

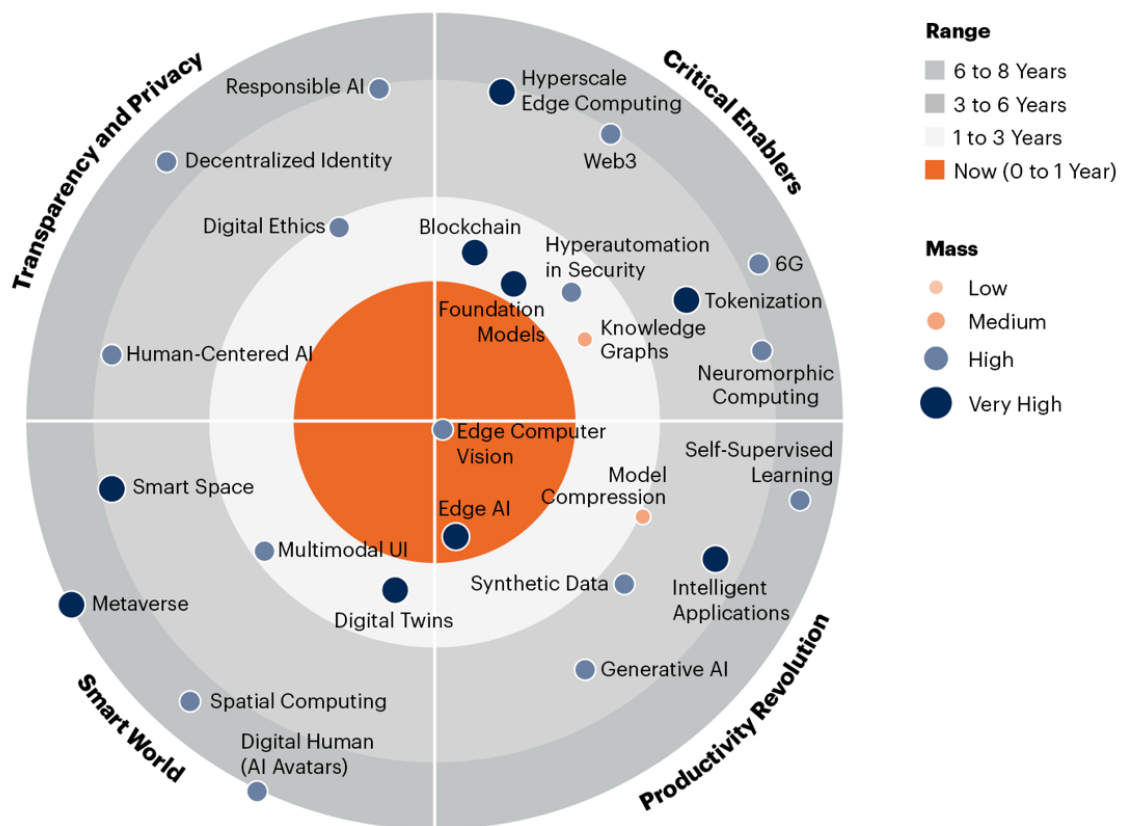
Kuvassa 1 nähdään DHL:n logistiikkatrenditutka, joka sisältää konsepteja ja uusia, käyttöön tulevia teknologioita:



Kuva 1. Logistiikan trendiseuranta (DHL 2023)

Gartner on kansainvälinen tutkimus- ja konsultointiyritys, joka seuraa ja analysoi teknologian kehitystä eri toimialoilla. Kuvan 1 Gartnerin strategiset teknologiatrendit tarjoavat arvokasta tietoa logistiikan asiantuntijoille ja yrityksille. Tämä tieto auttaa niitä pysymään kilpailukykyisinä ja hyödyntämään uusimpia innovaatioita. (Terrell & Wigmores s.a.)

Kuvassa 2 on Gartnerin vuoden 2023 Teknologiat ja Trendit -vaikutustutka. Siinä esitellään 26 nousevaa trendiä ja teknologiaa, joihin yritysten on reagoitava.



Kuva 2. Gartnerin nousevien teknologioiden ja trendien vaikutusanturit (Gartner Inc. 2023)

Tämä opinnäytetyö sisältää muun muassa Logisticsin Trend Radarin (Kuva 1) ja Gartnerin Impact Radarin (Kuva 2) tarjoamaa tietoa. Molemmat lähteet tarjoavat arvokasta tietoa ja analytiikkaa strategisista teknologisista trendeistä logistiikassa. Analysoimalla näitä lähteitä tunnistetaan ja tarkastellaan merkittävimpiä ja ajankohtaisimpia teknologioita, jotka ovat käytössä nykyaikaisessa logistiikkatoiminnassa. Tässä opinnäytetyössä käsittelemme joitakin merkittävimpiä teknologioita, joita käytetään juuri nyt tai lähitulevaisuudessa logistiikassa.

3 PERUSANASTO TEKNOLOGIOIDEN YMMÄRTÄMISEKSI

Käymme seuraavissa kappaleissa läpi perusanastoa, jonka ymmärtämistä vaaditaan tämän tutkimuksen kokonaisuuden ymmärtämiseksi. Termit tulevat toistumaan lyhennetyissä muodoissaan usein tutkimuksen aikana, joten on hyvä käydä tärkeimmät tässä läpi.

Tekoäly (AI, Artificial Intelligence):

Ihmisen älykkyyden simuloiminen tieto- ja muilla koneilla. Sisältää algoritmien ja järjestelmien luomista, joihin tavallisesti vaadittaisiin ihmisen panosta. Käytetään muun muassa kielenkäytön ymmärtämiseen, ongelmanratkaisuun, päätöksentekoon ja oppimiseen kokemuksesta. AGI (Artificial General Intelligence) on tekoälyyn liittyvä konseptuaalinen alaluokka (Boers ym. s.a.)

Neuroverkot:

Neuroverkot ovat tietokonejärjestelmiä, jotka pyrkivät simuloimaan ihmisen aivojen toimintaa ja oppimiskykyä. Ne perustuvat syväoppimiseen, joka on koneoppimisen alalaji. Neuroverkot koostuvat monista yksittäisistä prosessointiyksiköistä, eli neuroneista, jotka on yhdistetty toisiinsa monimutkaisilla tavoilla useiksi kerroksiksi. Neuroverkko, joka koostuu yli kolmesta kerroksesta, voidaan pitää syväoppimisalgoritmina. Kun neuroverkko koostuu vain kahdesta tai kolmesta kerroksesta, sitä kutsutaan tavalliseksi neuroverkoksi. Neuroverkkoja voidaan käyttää logistiikassa tilauksien, resurssien ja henkilöstön koskevia tietoja analysointiin, kuorma-autojen optimaalisen lastaamisjärjestelmän määrittämiseen, kysynnän ennustamiseen ja prosessien optimointiin. (What is a Neural Network? s.a.)

Blockchain-teknologia (lohkoketju):

Hajautettu teknologia kaikenlaisten transaktioiden tallentamiseen. Voi toimia vaikkapa rekisterinä tai taloudellisena järjestelmänä. Lohkoketju-teknologia tarjoaa hajautetun luonteensa vuoksi turvallisen ja läpinäkyvän tavan transaktioiden seuraamiseen tai toimitusketjun hallintaan. Lohkoketju-teknologian ominaispiirteet vähentävät merkittävästi riskiä esimerkiksi kuljetusrekisterien väärentämiseen tai inhimillisiin virheisiin liittyen. (Johansson 2019, 26–27.)

Internet of Things (IoT):

IoT eli esineiden internet laajempänä terminä tarkoittaa kaikenlaisten kohteiden, kuten vaikkapa kylmäkonttien, yhteyttä toisiinsa datayhteyksien avulla erilaisia sensoreita käyttäen. Sensorit voivat tallentaa ja kommunikoida esimerkiksi lämpötiloja tai paikannustietoja. Logistiikassa tätä hyödynnetään kuljetusten paikannuksessa ja rekisterien ylläpitämisessä reaaliajassa. IoT on usein käytössä käsi kädessä muiden modernien teknologioiden kanssa. (What is Internet of Things? 2023.)

Robotiikka:

Koneet ja laitteet, jotka toimivat autonomisesti suorittaen tiettyjä tehtäviä. Robotiikan rooli logistiikassa kasvaa ja tulee jatkuvasti enemmän käyttöön erityisesti varastoinnissa ja siihen liittyvissä tehtävissä: varastointitoimenpiteet kuten keräily ja pakkaaminen ovat robotiikan alaisina yhä useammin. Autonomisten ajoneuvojen ja dronien merkitys kasvaa erityisesti toimitusketjun loppupäässä. (Kokko 2023.)

Smart Road (Älytie):

Älytie on tieinfrastruktuurin kehityskonsepti, jossa käytetään nykyaikaista teknologiaa, kuten tekoälyä ja IoT:tä, turvallisuuden, tehokkuuden ja mukavuuden parantamiseksi teillä. Siihen voi kuulua erilaisia laitteita, kuten kameroita, antureita, liikennevaloja ja ilmoitustauluja, jotka voivat olla vuorovaikutuksessa toistensa ja ajoneuvojen kanssa onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja liikenteen sujuvuuden parantamiseksi. (Intel Corporation s.a.)

Digital Twin (Digitaalinen kaksonen):

Digitaalisella kaksosella tarkoitetaan digitaalista kopiota fyysisessä maailmassa olevasta esineestä tai prosessista. Logistiikassa digitaalisia kaksosia voidaan käyttää kuljetusten hallinnassa, reittien optimoinnissa, data-analyysissä ja varastonhallinnassa sekä tuotannon hallinnassa (Zhu ym. 2023.)

Virtual reality (VR), Virtuaalitodellisuus:

VR tarkoittaa tietokoneella tehtyä 3D-maailmaa, johon voit osallistua esimerkiksi 3D-laseilla. VR:ää käytetään logistiikassa esimerkiksi simuloimaan logistiikan asiantuntijalle erilaisia skenaarioita, kuten varastonhallintaa, kuorma-autojen lastausta ja purkamista sekä trukkien käyttöä. VR:n avulla voidaan luoda

3D-visualisointeja varaston layouteista, tuotesuunnittelusta ja toimitusketjun prosesseista. (Tang ym. 2023.)

Augmented Reality (AR), Lisätty todellisuus:

AR tarkoittaa teknologiaa, jossa virtuaalinen sisältö liitetään osaksi oikeaa maailmaa esimerkiksi sovelluksen avulla. Logistiikassa tämä tarkoittaa reaaliaikaisen informaation tai ohjeiden tarjoamista työntekijöille vaikkapa varasto-tehtävissä. Myös asiakaspalvelussa teknologiaa voidaan käyttää esimerkiksi tarjoamalla interaktiivista tuoteinformaatiota. (Görçün & İyigün 2022, 22.)

Mixed reality (MR), Yhdistetty todellisuus:

MR-teknologia, joka yhdistää virtuaalisen todellisuuden (VR) ja lisätyn todellisuuden (AR) ominaisuuksia. MR-tekniikka käyttää läpinäkyviä laseja tai muita laitteita, jotka mahdollistavat käyttäjän kokea sekä todellisen ympäristön että virtuaaliset elementit samanaikaisesti. (Helsingin yliopisto 2023.) Logistiikassa MR- teknologiaa voidaan käyttää esimerkiksi varastohallinnassa, jossa käyttäjä voi nähdä reaaliaikaisesti varaston tilan ja liikkua virtuaalisesti varaston läpi.

Extended Reality (XR), Laajennettu todellisuus:

XR-teknologialla tarkoitetaan yleisesti teknologiaa, jossa yhdistyvät lisätty todellisuus (AR), virtuaalitodellisuus (VR) ja yhdistetty todellisuus (MR). Tämä teknologia vie käyttäjäkokemuksen todellisuutta pidemmälle ja luo digitaalisen ja fyysisen maailman yhdistävän keinotodellisuuden. (DHL Trend Research 2023, 113.) Logistiikassa XR -teknologiaa on mahdollista käyttää tavaroiden keräilyyn, rahdin skannaukseen ja henkilökunnan koulutukseen.

3D-tulostaminen, 3-D Printing, 3DP:

3D-tulostimella voidaan luoda eri kokoisia- ja muotoisia kappaleita, kuten varaosia varastolle. Näin voidaan myös vähentää riippuvuutta varaosien toimittajista tai inventaarion tilasta näiden osien osalta. Toimitusketjuista syntyy näin joustavampia. (Manners-Bell & Lyon 2012.)

Big data:

Big data tarkoittaa suurta määrää monimutkaista ja runsasta dataa, jota perinteiset analyysityökalut ja -tekniikat eivät pysty käsittelemään. Sitä tuotetaan

päivittäin valtavat määrät eri digitaalisista lähteistä, kuten sensoreista, sosiaalisesta mediasta ja internetiin kytketyistä laitteista. (Kallio & Kolari 2023, 27.)

Muut sanastot:

Jokaisen teknologian kohdalla esitellään juuri siihen teknologiaan liittyvää erityissanastoa, jos se on tarpeen. Perussanaston ymmärtäminen riittää kuitenkin tutkimuksen ymmärtämiseen.

4 TEKOÄLY (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Taulukossa 3 esitellään konteksti tekoälyn tiedonhakuprosessista. Pääasiallisina lähteinä käytettiin tieteellisiä julkaisuja ja alan kirjallisuutta.

Taulukko 3. Tekoäly - tiedonhakuprosessi

Tietokanta	Hakutermit ja rajaukset	Tulokset	Abstraktilla tarkastellut	Kokotekstinä tarkastellut	Aineistoon valitut
Google Scholar	AI, AGI, AI in logistics / 2010–2023	18700	10	8	4
ScienceDirect.com	AI, AI logistics	11537	10	6	4
Alan kirjallisuus	Tekoäly, AI	-	8	5	4
Kaakkuri.fi	Tekoäly, logistiikka	344	10	3	2
Google	AI, AI in logistics, AGI	1 milj. +	30	25	19
Yhteensä		1 milj. +	68	47	33

Taulukosta 3 huomataan käytetyn lähdemateriaalin määrän olevan suuri, ja aihe on huomattavan kiinnittynyt logistiikkaan hakutulostenkin määrän perusteella.

Tekoäly voidaan määritellä monin eri tavoin Boers ym. (s.a.) on koonnut sanakirjasta *The New International Webster's Comprehensive Dictionary of the English Language* neljä eri määritelmää tekoälylle:

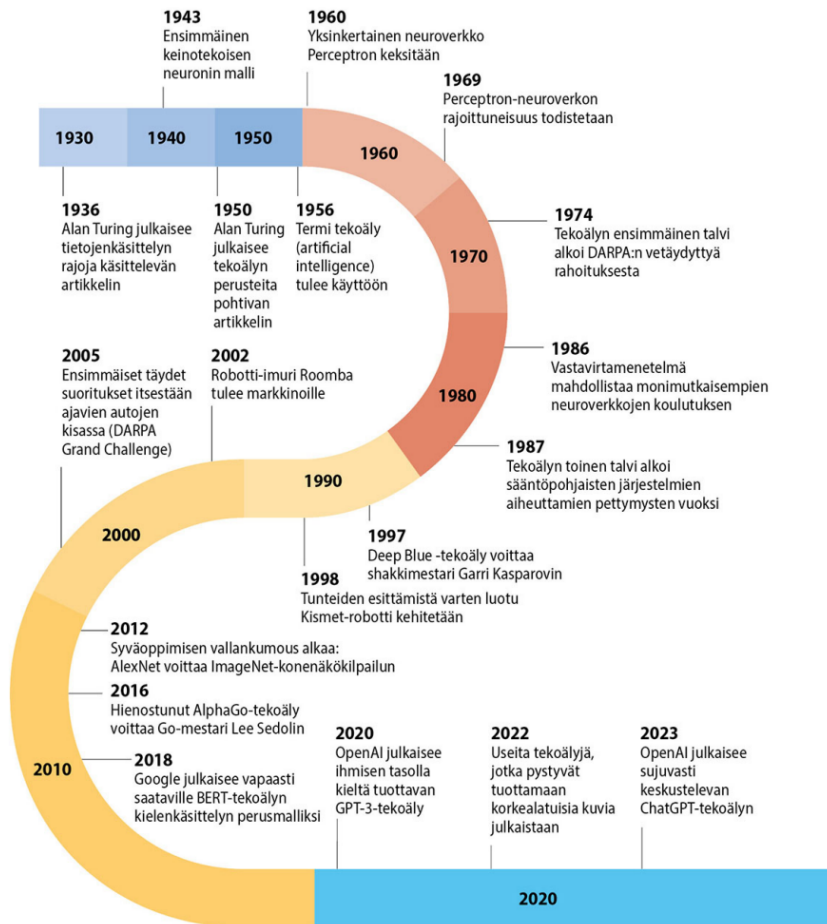
- Tietojenkäsittelytieteen osa-alue; tekoälyllä tarkoitetaan sellaisten tietokoneiden kehittämistä, jotka kykenevät ihmismielen kaltaisiin ajattelu- prosesseihin, kuten oppimiseen, päättelykykyyn ja itsekorjautuvuuteen.
- Konsepti, jonka mukaan tietokoneita voidaan kehittää normaalisti ihmismieleen liittyviin asioihin, kuten oppimiseen, uusiin tilanteisiin adaptoitumiseen ja itsekorjautuvuuteen
- Ihmismielen jatke mekaanisessa muodossa
- Rajoitetummassa mielessä sellaisten tekniikoiden tutkimus, jotka edesauttavat tietokoneiden käyttöä tehokkaammin hyödyntämällä tehokkaita ohjelmointitapoja. (Boers ym. s.a.)

Tekoälystä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä kahta eri asiaa: Artificial Intelligence, joka esimerkiksi *ChatGPT*:n tavoin käyttää neuroverkkoarkkitehtuuria oppiakseen laajasta, monipuolisesta datasetistä, joka koostuu internetistä koostetuista tiedoista ja tekstiä analysoimalla tuottaa ihmisen kaltaisia vastauksia (Pioneering research on the path to AGI 2023). Toisaalta voidaan puhua termistä *Artificial General Intelligence (AGI)*, jolla tarkoitetaan ”vahvaa” tai ”oikeaa” tekoälyä. Tällä tarkoitetaan tekoälyä, joka omaa ihmismäiset kognitiiviset kyvyt ja voi oppia ihmisenkaltaisin tavoin ilman erityistä ohjelmointia oppimisen saavuttamiseksi. AGI:a ei ole vielä kirjoitushetkellä saavutettu, ja on epäselvää, onko se saavutettavissa. (Artificial General Intelligence 2023.)

Tekoälyllä voidaan siis tarkoittaa muutamaa eri asiaa, mutta pääasiassa puhutaan tietokoneohjelmista ja algoritmeista, jotka toimivat älykkäinä järjestelminä ja jotka hakevat tietoa kokemuksen perusteella, arvioivat ja soveltavat abstrakteja käsitteitä sekä käyttävät hankittua tietoa vaikuttaakseen ympäristöönsä.

4.1 Tekoälyn historia

Tarve automatisoida manuaalista työtä sekä kognitiivisten prosessien kaltaista työtä on vauhdittanut teollisia vallankumouksia, tietokoneiden ja digitaalitekniikan tuloa sekä tekoälyä. Tekoälyllä on pitkä ja monipuolinen historia, joka ulottuu useiden vuosikymmenten taakse. Alla Kuvassa 3 on esitelty merkittävimpiä tapahtumia ja virstanpylväitä, jotka ovat muovanneet tekoälyn kehitystä.



Kuva 3. Tekoälyn historia: merkittävät tapahtumat ja virstanpylväät (Kallio & Kolari 2023)

Kuvassa 3 esitelty tekoälyn historia koostuu jännittävistä läpimurroista ja hiljaisemmista kausista 1950-luvulta lähtien. Dartmouth Collegessa vuonna 1956 matemaatikot keskustelivat "ajattelevista koneista" ja mahdollisuudesta ohjelmoida koneita simuloimaan älyllistä toimintaa. Optimistista ajanjaksoa seurasi kehityksellisen taantuman vaiheita, joista ensimmäinen tuli vastaan vuonna 1974, sillä tekoälyn kehittämisessä oli vaikeuksia laskentatehon rajallisuuden vuoksi. Toinen taantuma tapahtui 1980-luvun lopulla, koska monimutkaisia neuroverkkoja oli vaikea soveltaa monenlaisiin älykkäisiin tehtäviin. Taantumavaiheista huolimatta tekoälyn kehitys lähti jälleen liikkeelle 2000-luvulla, jota leimasivat uudet teknologiset edistysaskeleet, kuten tekoälyn voitto mestaria vastaan shakissa. Tällä hetkellä eletään tekoälyn kehittämisen kolmatta kierrosta, jota leimaavat digitaalisen datan vaikuttava kasvu ja tietokoneiden laskentatehon merkittävä kehitys. Kyky hyödyntää grafiikkasuorittimia ja tehokkaita oppimistekniikoita, kuten neuroverkkoja, ovat antaneet uutta vauhtia tekoälyn kehitykselle. (Kallio & Kolari 2023, 20–25.)

4.2 Tekoäly: tyypit ja mahdollisuudet

Tekoäly on yksi tämänhetkisistä trendeistä, ja sitä voidaan hyödyntää monin eri tavoin. Esimerkiksi kuvien luokittelussa, ajoneuvojen tai ihmisten tunnistamisessa tai asiakaspalvelutehtävissä. Tekoäly ja koneoppiminen voivat tuntua kaukaisilta, mutta jokaisella on jo tekoäly taskussaan puhelimen muodossa. Kirjoitushetkellä olemassa olevat tekoälysovellukset- ja robotit eivät ole sama asia kuin ihmisäly. AGI on tulevaisuuden tavoite, mutta tämänhetkiset tekoälyt käyttävät laajoja datasettejä ihmisen kaltaisen kognitiivisen toiminnan sijaan. Näitä teknologioita varten tarvitaan paljon dataa, joka erotellaan ja käsitellään. Koneet oppivat löytämään datasta toistuvia kuvioita ja poimimaan siitä hyödyllistä tietoa. Ihmisen älykkyyttä voidaan hyödyntää yleensä monissa tilanteissa ongelmien ratkaisemisessa, mutta tekoäly soveltuu parhaiten tarkoin määriteltyihin tehtäviin. (Eliacıık 2022.)

Tekoäly jaetaan suppeaan (Narrow AI) ja yleiseen (AGI) tekoälyyn sekä supertekoälyyn. Suppea tekoäly kykenee suorittamaan vain rajallisen määrän ennalta määriteltyjä toimintoja, kun taas yleinen tekoäly on verrattavissa ihmismielen itsenäiseen toimintaan ja oppimiseen ilman erillistä ohjelmointia. Supertekoälyn odotetaan jonain päivänä ylittävän ihmisen älykkyyden. Lisäksi tekoälyaloitteet voidaan jakaa johonkin neljästä kategoriasta: reaktiivinen tekoäly, tekoäly, jolla on rajallinen muisti, tekoäly, jolla on mielen teoria ja itsetietoinen tekoäly. (Rouse 2023.)

Tekoälyn määritelmä on usein riippuvainen asiayhteydestä. Tekoälyn käsite liittyy ohjelmiin ja laitteisiin, jotka kykenevät oppimaan ja avustamaan ihmisiä niissä toiminnoissa, joihin ne on tarkoitettu. Erilaisilla oppimismetodeilla ja algoritmeilla rakennetaan toimintoja, kuten kameroiden kasvojentunnistus, älypuhelin ääniohjaus, hakukoneet ja muut sellaiset konseptit, joiden tausta perustuu matematiikkaan ja algoritmeihin. Tekoälyn matematiikan tuntemus on tärkeää, sillä sopivien funktioiden, algoritmien ja minimointimenetelmien valinta vaikuttaa tulosten tarkkuuteen, tekoälymenetelmän oppimisaikaan, mallin monimutkaisuuteen ja yleistettävyyteen sekä tarvittavien parametrien ja muiden komponenttien määrään. Nykyaikaiset tekoälysovellukset perustuvat pääasiassa dataan perustuvaan oppimiseen. Jotta tekoäly voisi käyttäytyä ihmisen tavoin, sen on kyettävä oppimaan esimerkiksi kuvista, puheesta, muista

äänistä, teksteistä ja tapahtumaketjuista. Nykyaikaiset tekoälyalgoritmit eivät voi lisätä tai luoda oppimaansa malliin tietoa, jota ei ole niiden kouluttamiseen käytetyssä datassa. Näin ollen tekoälyn laatu ja ulottuvuus ovat hyvin riippuvaisia datasta. (Tuominen & Neittaanmäki 2019.)

Nykymaailmassa tekoäly on yksi merkittävimmistä ja kehittyvimmistä teknologioista, jotka voivat helpottaa huomattavasti ihmisen tehtäviä ja mahdollistaa niiden suorittamisen tehokkaasti ja vaivattomasti. Ihmiset voivat käyttää älykkyytään ja luovaa mieltään tekoälyn avulla, joka on koneiden, tietokoneohjelmien ja järjestelmien ominaisuus. Tekoälyä käytetään usein itsenäiseen ongelmanratkaisuun ja päätöksentekoon. Kyky oppia, ajatella, suunnitella ja toimia itsenäisesti ovat viimeaikaisen tekoälytutkimuksen tuloksia. Joissakin tutkimuksissa todetaan, että tekoäly on ihmistä älykkäämpi. Toisaalta joissakin muissa tutkimuksissa kritisoidaan sen toimintakykyä ja älykkyyden tasoa verrattuna ihmisaivoihin. Tekoälyn monien kykyjen potentiaalin tutkimiseksi tulevaisuudessa tehdään kuitenkin paljon tutkimusta. (He ym. 2010,1578–1592.)

Tällä hetkellä kehitetään aktiivisesti kahta tekoälyn käsitettä: Generatiivinen tekoäly (Generative AI) ja Adaptiivinen tekoäly (Adaptive AI). Generatiivinen tekoäly on tekoälyn osa-alue, joka käyttää koneoppimismalleja luomaan täysin uusia tuloksia harjoitusjoukon perusteella. Se kykenee luomaan uusia tekstejä, kuvia, ääntä ja muuta sisältöä jäljitellen oppimisaineiston tyyliä ja sisältöä. Esimerkiksi se voi tuottaa valokuvamaisia kuvia, musiikkia ja tekstejä. (Okeke 2023.)

Adaptiivinen tekoäly taas viittaa järjestelmiin, jotka kykenevät oppimaan ja sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin tai ympäristöön. Tämä tarkoittaa, että järjestelmä voi muokata algoritmejaan ja strategioitaan uusien tietojen tai kokemuksen perusteella. Adaptiivinen tekoäly on joustava oppimaan ja sopeutumaan muutoksiin ja sitä voidaan soveltaa eri aloilla, kuten prosessien automatisointiin ja resurssien hallintaan. (Ovington 2023.)

Molemmat nämä käsitteet ovat merkittäviä tekoälyn kehityksessä, tarjoten uusia mahdollisuuksia sisällön luomiseen ja sopeutumiseen muuttuviin olosuhteisiin.

4.3 Tekoälyn eettiset, turvallisuus- ja ympäristökysymykset

Tekoälyn etiikka on termi laajalle joukolle vastuullisia tekoälyyn liittyviä näkökohtia, joissa yhdistyvät turvallisuus-, turva-, ihmisten etu- ja ympäristönäkökohdat. Eettiset kysymykset voivat aiheuttaa liiketoiminnalle riskejä, kuten tuotevirheitä, oikeudellisia kysymyksiä, brändin vahingoittumista ja muita seurauksia. Väärin tai vastuuttomasti käytettynä tekoäly voi myös johtaa työpaikkojen menetyksiin ja tuottaa puolueellisia tai rasistisia tuloksia. (Talagala 2022.)

Vuonna 1942 *Astounding Science Fiction* -lehdessä julkaistussa tarinassaan "Runaround" Isaac Asimov julkaisi kolme robotiikan moraalista perussääntöä. Nämä ovat siitä lähtien tulleet tunnetuiksi nimellä "Asimovin kolme robotiikan lakia", ja niitä on levitetty laajalti tekoälyn etiikkaa ja turvallisuutta koskevissa keskusteluissa. Lait ovat seuraavat: 1) robotti ei saa vahingoittaa ihmistä tai sallia, että sen toiminta vahingoittaa ihmistä. 2) robotin on noudatettava ihmisen käskyjä, elleivät ne ole ristiriidassa ensimmäisen lain kanssa. 3) robotin on suojeltava omaa olemassaoloaan, jos tämä suojele ei ole ristiriidassa ensimmäisen tai toisen lain kanssa. (Asimov 1942, 40.) Myöhemmin Asimov (1950) lisäsi vielä toisen säännön, joka tunnetaan neljäntenä tai nollalakina ja joka korvasi muut. Asimovin mukaan sääntö menee näin: "robotti ei saa vahingoittaa ihmiskuntaa tai toimimattomuudellaan antaa ihmiskunnan vahingoittaa sitä". (Asimov 1985).

Oikeusperustainen etiikka on keskeinen työkalu tekoälyn moraaliongelmassa. Se keskittyy erityisesti oikeuksiin. Ihmisoikeudet ovat ytimessä myös silloin, kun tarkastellaan tekoälyn mahdollisia uhkia. On varmistettava, ettei tekoäly vaaranna ihmisarvoa ja ihmisoikeuksia. (Ollila 2019, 203.) Tekoälyn kehittäminen logistiikassa on yksi nykyaikaisen teknologian lupaavimmista suuntauksista. Nykyään yhä useammat yritykset integroivat tekoälyn logistiikkaprosesseihinsa parantaakseen niiden tehokkuutta ja optimoidakseen toimitus- ja varastojen hallintaprosessejaan. Tekoälyn käyttö logistiikkaprosesseissa voi merkittävästi tehostaa toimitus- ja varastonhallintaprosesseja, mikä parantaa myös palvelun laatua ja asiakastyytyväisyyttä. Lisäksi tekoälyn käyttö voi vaikuttaa logistiikkaprosessien kustannuksiin ja lisätä yrityksen kannattavuutta. (Niranjan ym. 2021.)

Tämän ohella on tietenkin otettava huomioon myös eettiset kysymykset. Yksi tärkeimmistä kysymyksistä, jotka liittyvät tekoälyn käyttöön logistiikassa, on ihmisten korvaaminen. Esimerkiksi pyrkimys luoda järjestelmiä, jotka pystyvät suorittamaan suuria tehtäviä ja tekemään päätöksiä itsenäisesti, voi aiheuttaa odottamattomia seurauksia. Osa algoritmista voi tehdä päätöksiä, jotka ovat vastoin eettisiä normeja ja periaatteita. Tekoälyjärjestelmät toisin sanoen saattavat esimerkiksi syrjiä ihmisiä rodun tai sukupuolen perusteella tai syventää yhteiskunnassa olevaa eriarvoisuutta, mikä voi johtaa negatiivisiin sosiaalisiin seurauksiin. (Valonen 2022.)

Toinen tekoälyn käyttöön liittyvä eettinen kysymys on tekoälyjärjestelmien avoimuus ja läpinäkyvyys. Logistiikassa tekoälyä voidaan käyttää tekemään toimitusreittejä koskevia päätöksiä ja optimoimaan varastointiprosessia. Kuitenkin on tärkeä, että nämä järjestelmät ovat läpinäkyviä käyttäjille ja että on selvää, miten päätöksiä tehdään. Lisäksi on tärkeää, että käyttäjät voivat seurata tekoälyjärjestelmän suoritusta ja tehdä päätöksiä saatujen tietojen perusteella. Helsingin yliopiston omalla tekoälyn etiikkaa käsittelevällä kurssilla väitetään, algoritmin ymmärrettävyys tai ymmärrettävyys edellyttää selitystä siitä, miten tekoälymalli on tehnyt päätöksen siten, että se on riittävän ymmärrettävää niille, joihin malli vaikuttaa. Olisi oltava konkreettinen käsitys siitä, miten tai miksi tiettyyn päätökseen on päädytty syötteiden perusteella. (Helsingin yliopisto s.a.)

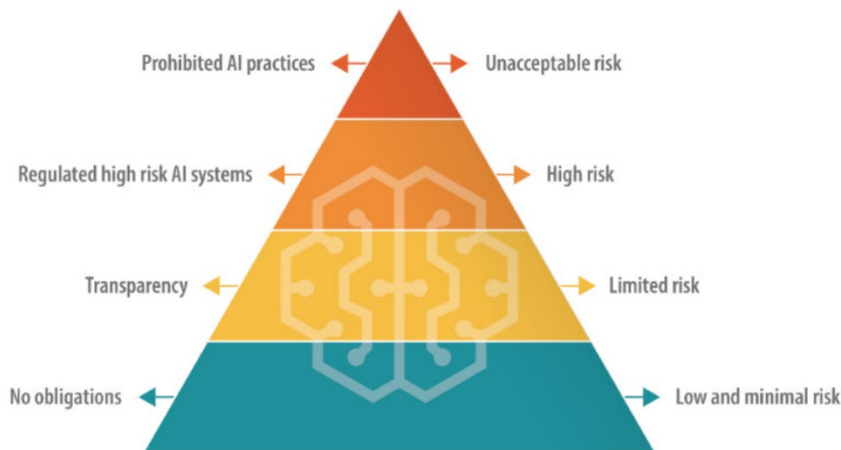
Etiikan kannalta toinen kysymys voi olla vastuuvollisuus tekoälyjärjestelmissä tapahtuvista virheistä. Mitä tapahtuu, jos tekoälyjärjestelmä tekee virheellisen päätöksen? Tämä voi johtaa vakaviin seurauksiin, esimerkiksi siihen, että tavarat eivät saavuta asiakkaalle tai ne toimitetaan myöhässä. On tärkeää, että myös vastuu- ja korvausmekanismit otetaan käyttöön ja vahvistetaan tekoälyjärjestelmien virheiden varalta. On myös tärkeää, että asiakkaat voivat valittaa, jos tekoälyjärjestelmän toiminnassa on ongelmia. Syed (2023) toteaa, että vastuullisuus voidaan jakaa tekoälyjärjestelmien tuottajien, kehittäjien ja operaattoreiden sekä lainsäätäjien ja valtion organisaatioiden kesken.

Ollilan (2019) mukaan Hanson Roboticsin luoma robotti Sophia kutsuttiin pääpuhujaksi vuoden 2018 turvallisuuskonferenssiin Müncheniin, Saksaan. Konferenssi keskittyi kyberturvallisuuteen ja tekoälytekniikan käyttöön turvallisuudessa. Sophia puhui tekoälyn roolista globaalien turvallisuuden tulevaisuudessa sekä eettisyyden ja läpinäkyvyyden merkityksestä tekoälytekniikan kehittämisessä. Logistiikkaan liittyy myös eettisiä kysymyksiä, jotka liittyvät tietojen käyttöön. Tekoälyjärjestelmät voivat käsitellä isoja tietovolyymeja, joihin kuuluu myös asiakkaiden henkilötietoja. On olennaista, että tietosuojan liittyvät järjestelmät otetaan käyttöön, jotta käyttäjät voivat kommunikoida ja valvoa tietojensa. On tärkeää varmistaa näiden tietojen käytön valvonta ja niiden salassapitoa koskeva valvonta. (Ollila 2019, 68, 86–90.)

Käyttämällä tekoälyä logistiikkatoimintojen optimointiin yritykset voivat pienentää hiilijalanjälkeään ja edistää maailmanlaajuisia ponnisteluja ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Coeckelbergh (2021) tarkastelee kirjassaan Tekoälyn etiikka (AI ethics) mahdollisia hyötyjä ja riskejä, jotka liittyvät tekoälyn käyttöön ilmastonmuutoksen torjunnassa. Yksi tapa, jolla tekoäly voi auttaa, on analysoida valtavia tietomääriä, jotta voidaan tunnistaa malleja ja ennustaa ilmastonmuutosta. Coeckelbergh väittää, että tekoälyä voidaan käyttää uusiutuvan energian tuotannon ja jakelun optimointiin, mikä voisi vähentää riippuvuuttamme fossiilisista polttoaineista ja hidastaa ilmastonmuutosta.

Tänä päivänä tekoälyn turvallisuutta säätelevät erilaiset standardit ja lait, kuten EU:n robottidirektiivi (2018/C 252/25), yleisen tietosuojasetuksen eli General Data Protection Regulation (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/679) ja Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälystä (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) COM/2021/206 final). Näitä standardeja ja lakeja sääntelevät asianomaiset valtion elimet ja kansainväliset järjestöt. Vuodesta 2017 lähtien ainakin 60 maata on hyväksynyt tekoälyä koskevia lakeja ja asetuksia. Maaliskuussa 2022 Kiina hyväksyi lain, jolla säännellään yritysten algoritmien käyttöä online-suositelujärjestelmissä ja jossa edellytetään, että nämä palvelut noudattavat moraalisia ja eettisiä normeja ja ovat vastuullisia ja avoimia. Heinäkuussa 2022 Britanniassa hallitus otti käyttöön uudet tekoälyä koskevat käytännösäännöt. (Gülen 2022.)

Euroopan parlamentti hyväksyi 14. kesäkuuta 2023 Strasbourgissa kantansa tekoälyn sääntelystä (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EU) COM/2021/206 final). Asiakirjan valmistelu kesti kaksi vuotta. Euroopan komissio esitteli ensimmäisen ehdotuksen huhtikuussa 2021. Euroopan parlamentti määritteli periaatteet, jotka takaavat yhteiskuntamyönteisen toimintaympäristön tekoälyn kehittämiseksi. EU:ssa käytettävien tekoälyjärjestelmien on oltava "turvallisia, läpinäkyviä, jäljitettäviä, syrjimättömiä ja ympäristöystävällisiä". Kuvan 4 mukaan Euroopan parlamentti ehdottaa tekoälyjärjestelmien luokittelua sen perusteella, kuinka "vaarallisia" ne mahdollisesti ovat kansalaisille: riski, jota ei voida hyväksyä, suuri riski, rajallinen riski, pieni riski ja minimaalinen riski. (EU AI Act: first regulation on artificial intelligence 2023.)



Kuva 4. Riskien pyramidi (Madiega 2021, 4)

Kuvan 4 havainnollistama korkea riski sisältää tekoälyjärjestelmät, jotka voivat uhata yksilöiden terveyttä, turvallisuutta tai perusoikeuksia. Rajoitettuun riskiin kuuluvat tekoälyjärjestelmät, jotka voivat vaikuttaa ihmisten oikeuksiin ja vapauksiin mutta eivät heidän terveyteensä ja turvallisuuteensa. Vähäinen ja minimaalinen riski sisältää tekoälyjärjestelmät, jotka eivät aiheuta uhkaa ihmisten terveydelle, turvallisuudelle tai oikeuksille. Jokaisella riskitasolla on omat vaatimuksensa ja velvollisuutensa tekoälyjärjestelmien valmistajille. (EU AI Act: first regulation on artificial intelligence 2023.)

Tekoäly voi auttaa ratkaisemaan ympäristökysymyksiä, jotka liittyvät energian tuottamiseen uusiutuvista lähteistä. Älykkäät teknologiat, kuten aurinko- ja tuulienergian ennustaminen, sähköjärjestelmän taajuusanalyysi ja -ohjaus sekä

transienttien kestävyuden arviointi, auttavat integroimaan uusiutuvan energian sähköjärjestelmään, mikä on tärkeä askel ilmastonmuutoksen torjunnassa. (Zhang ym. 2022.)

Zhang, Ling ja Lin tuoreessa tutkimuksessa todettiin, että Kiina on tällä alalla tuottavin ja vaikutusvaltaisin maa. Kirjoittajat käyttivät bibliometristä analyysia tutkiakseen tekoälyn käyttöä uusiutuvassa energiassa käyttäen VOS-, CiteSpace- ja Bibliometrix-selainohjelmistoja. Tekoälyn käytöllä on valtava potentiaali uusiutuvan energian tuotantoon liittyvien ympäristöongelmien ratkaisemisessa. Bibliometrisen analyysin tulokset osoittavat, että tällä alalla on vielä paljon tilaa lisätutkimukselle ja -kehitykselle, erityisesti kun otetaan huomioon puhtaan energian kasvava tarve. (Zhang ym. 2022.)

4.4 Tekoäly logistiikassa

Tekoälyn käyttäminen logistisissa toiminnoissa menee käsi kädessä muiden modernien teknologioiden, kuten IoT:n, automaation ja robotiikan kanssa. Yhtenä hyvänä esimerkkinä ovat satamatoiminnot: suuret satamat, kuten vaikkapa Rotterdamin, Singaporen tai Hampurin satamat käyttävät kasvavassa määrin automaatiota ja modernia teknologiaa, kuten tekoälyä, lohkoketjua, IoT:tä ja pilvilaskentaa. Ylivoimaisesti suosituin tutkimissuuntaus satamien digitalisaatiota käsiteltäessä on tekoäly. Vuoteen 2019 mennessä yli 94 % julkaistuista tutkimuksista logistiikan osa-alueelta satamissa keskittyi tekoälyn käyttöön ja 27 % tarkasteli myös IoT:n ja pilvilaskennan yhdistämistä. Lohkoketjua käsiteltiin konseptuaalisella tasolla, mutta käytännön tasolla ei lainkaan. Muita teknologioita käsiteltiin numeerisesti ja simulaatioiden avulla. Suurin osa julkaisuista käsitteli resurssienhallintaa ja varastoinnin optimointia. (Anwar 2019.)

4.5 Neuroverkot ja niiden soveltaminen logistiikassa

Logistiikassa hyödynnetään erilaisia neuroverkkotyyppisiä tehtävän luonteen mukaan. Konvoluutioverkot (CNN) soveltuvat esimerkiksi kuvankäsittelyyn, kuten auton rekisterinumeroiden tunnistukseen valokuvista tai tuotteiden luokitteluun varastolla. Liangin ja Wangin (2020) tutkimuksessa kuvataan konvolutiivneuroverkot (CNN) koneoppimisen malleina kuvien luokitteluun.

CNN:ssä on konvoluutio- ja alinäytteenottokerroksia sekä täysin yhteyksiä sisältäviä kerroksia. CNN:n suorituskyvyn parantamiseksi käytetään kenttäohjelmoitavaa loogista piirisarjaa FPGA (Field Programmable Gate Array). Logistiikassa CNN:ää käytetään poikkeavuuksien havaitsemiseen, reitityksen optimointiin ja logistiikkajärjestelmän tehokkuuden lisäämiseen. Tutkimukset osoittavat, että CNN parantavat logistiikkajärjestelmien tarkkuutta ja herkkyyttä (Liang & Wang 2020.)

Lisäksi syviä neuroverkkoja ja automaattisia koodereita voidaan soveltaa logistiikassa. Viimeisen mailin toimituksissa kuljettajat usein poikkeavat suunnitelluilta reiteiltä salaisen infrastruktuurin ja asiakastuntemuksensa vuoksi. Nykyaikainen reitin suunnittelu edellyttää historiallisten tietojen käyttämistä tarjotakseen lähellä todellisia reittiratoja huomioiden erilaiset kriteerit, kuten mukavuus ja turvallisuus. Guo ym. (2023) ehdottavat, että käytetään syvää pareitista neuroverkkoa, jossa kiinnitetään huomiota todellisten reittien ennustamiseen historiallisten toimitustietojen perusteella. Tämä verkko koostuu useista neuronikerroksista, jotka käsittelevät syöttötietoja ja tuottavat lähtötietoja, ja se ottaa huomioon pysäkkien väliset paikalliset tiedot reitin tehokkuuden arvioimiseksi. Mallin harjoittelun jälkeen kirjoittajat ehdottavat algoritmia, jonka avulla voidaan tuottaa optimaalisesti reittisarja, jonka kustannukset ovat mahdollisimman pienet. (Guo ym. 2023.)

Näin ollen tietyn neuroverkkotyypin valinta riippuu logistiikan tietyistä tehtävistä ja käytettävissä olevista tiedoista. On tärkeää huomioida, että erilaiset logistiikan osa-alueet, kuten varastojen hallinta, reitin optimointi ja toimitusten aikataulutus, voivat hyötyä erityyppisistä neuroverkoista. On tärkeää harkita huolellisesti, mikä tietyn logistiikan osa-alueen kannalta on sopivin neuroverkorakenne.

4.6 Esimerkki – Tekoäly ja automaatio, Pireuksen satama

Pireuksen satama on Kreikassa sijaitseva Välimeren vilkkain satama ja nopeimmin kasvavia satamia maailmassa. Nykyisin kiinalaisomistuksessa olevalla satamalla on varastotilaa 180 000 m² ja se omaa 25 milj. tonnin vuosittaisen liikennekapasiteetin. (Pireuksen satama 2023.) Nopeasti kehittyvänä ja

kasvavana satamana Pireus on hyvä kohde infrastruktuurisijoituksille, joten digitalisaation tutkiminen on erityisen hyödyllistä tässä satamassa.

Tekoälyn ja data-analytiikan kehittyminen on mahdollistanut autonomisten trukkien (AGV, Automated Guided Vehicle) käyttöönoton satamissa ja varastoympäristöissä. Näiden trukkien ja muiden vastaavien logistiikan koneiden vaikutusta sataman varastoinnin optimointiin tehokkuuden, energiankulutuksen ja päästöjen näkökulmasta ei voi aliarvioida. Pireuksen satama toimii perinteisillä manuaalisilla trukeilla, joka johtaa rajalliseen kapasiteettiin, matalaan tehokkuuteen ja kalliisiin seurauksiin, joten se on hyvä kohde AGV:den käyttöönottosimulaatioille.

Tsolakis ym. (2022) tutki AGV:n käyttöönoton vaikutuksia simuloimalla Pireuksen sataman logistiikkatoimintoja AGV:n toimialueella. Huomioon otettiin AGV:n ympäristövaikutukset ja toiminnan vastuullisuusaspektit. Toiminta-alue oli seuraava: kontit saapuvat laivoista nosturilla alueelle, josta AGV ottaa kuorman kyytiin. AGV kuljettaa kontin varastointialueelle, jossa nosturi nostaa kontin varastointiin laivan kyytiin. Kontteina käytettiin yleisimpiä 20 ja 40 jalan konttia. Simulaatio ajettiin 40 kontin määrällä, joista puolet olivat 20 jalan ja puolet 40 jalan kontteja. 10 konttia laitettiin yhteen laivan varasto-osastoon. Tavoitteena on simuloida mahdollisimman tehokas yhteistoiminta satamaoperaatioihin. Huomioon otettavat parametrit tutkimuksessa:

- A. AGV:n reitityksen ja aikataulutuksen optimointi
- B. Energiankulutuksen optimointi verrattuna manuaaliseen trukikäyttöön
- C. Kolmen erilaisen AGV:n tulokset: kaasu, sähkö ja dieselkäyttöisen AGV:n vaikutukset
- D. Käytettävät algoritmit ja niiden tehokkuus tekoälykäytössä (Tsolakis ym. 2022.)

4.6.1 Simulaation validaatio ja verifikointi

Simulaatiomallin validointi vahvistaa tulokset tosielämän ympäristössä niin, että malli on järjestäytynyt ja käyttäytyy realistisesti. (Al-Aomar ym. 2015).

Käytettävien reititysalgoritmien validoimiseksi käytettiin seuraavia metodeja:

- Visuaalisten elementtien tarkistus – simulaatiomallien validointi suoritettiin tarkkailemalla AGV:n käytöstä kahden konttityypin käsittelyssä ja reittien suorittamisessa simulaation aikana, satamalaiturin topologia huomioon ottaen, ja että käytös vastasi odotettua simulaatiotulosta
- Mallin sisään tulevan datan tarkkailu – satamaterminaalin rakenne otettiin huomioon olemassa olevan virallisen datan puitteissa sekä AGV:n operatiiviset parametrit (kuten päästöt ja energiankulutusindikaattorit) otettiin tieteellisestä kirjallisuudesta (Fuc ym. 2016).

Mallin verifikaatio käsittelee sitä, miten malli mukautuu haluttuun konseptuaaliseen suunnitteluun, logiikkaan ja ehtoihin, jotka annettiin mallin kehittämisen alkuvaiheessa. Seuraavia metodeja käytettiin mallin verifioimiseksi:

- Yksityiskohtainen mallin parametrien tutkiminen – jokainen käytetty parametri tutkittiin, ja simulaatio ajettiin monta kertaa, jotta voitiin varmistua siitä, että parametrien alkuarvoja käytettiin oikein simulaation aikana. Jokaisen simulaation lopussa tarkkailtiin, etteivät alkuarvot olleet muuttuneet simulaation aikana.
- Simulaation tulosten arviointi – tuloksia arvioitiin jokaisen parametrin kohdalla (kuten AGV:n tyyppin, AGV:n statuksen, päästöjen ja energiankulutuksen mukaan) ja tuloksien järkevyyden mukaan. Lisäksi simuloitiin eri reititysskenaarioita AGV:lle kuten muuttamalla konttien lukumäärää ja AGV:n matkustusmäärän suhdetta konttien lukumäärään
- Simulaatio-ohjelmiston ominaisuuksien käyttäminen – visuaalisesti tarkkailtiin, että kontit saapuivat haluttuihin paikkoihin ja että simulaation käyttämät reitit olivat juuri lyhyimmät mahdolliset reitit. (Al-Aomar ym.2015.)

4.6.2 Simulaation tulokset ja johtopäätökset

Simulaation tulokset Tsolakakis et al. (2022) mukaan näyttävät, että tekoälyn ja algoritmien käyttämisellä AGV:den reitityksessä on suora yhteys AGV:den kokonaisajomäärään, joka vaaditaan tämän kaltaisessa logistisessa operaatiossa. Tällä on positiivinen vaikutus AGV:den aiheuttamiin päästöihin ja energiankulutukseen. Erityisesti havaittiin, että älykkään logistiikan käyttöönotossa päätöksentekopisteiden määrä kasvaa robotin autonomisen navigoinnin aikana verrattuna ihmiskuskiin. Tämä johti AGV:n kulkemaan 5,6 km lyhyemmän matkan 40 kontin kuljetuksen aikana eli noin 10 % parempi tulos saavutettiin vertailutapaukseen verrattuna. Noin 18 %:n tulos saavutettiin, kun robotilla oli lasti kyydissä. Kun otetaan huomioon ladatun lastin korkeampi päästötehokkuus, päästiin siihen lopputulokseen, että tekoälyn ja muiden innovatiivisten teknologioiden käyttöönotto on suotavaa konttisataman terminaaleissa purkamisen ja lastaamisen operaatioissa.

Kokonaismatkan ja hiilidioksidipäästöjen sekä energiankulutuksen välillä on vahva korrelaatio (Zissis ym. 2018). Näin ollen kokonaismatkan vähentyminen johtaa positiivisempiin ympäristövaikutuksiin. Nämä huomioon ottaen, paras käytettävä AGV on sähkökäyttöinen AGV. Tämä on intuitiivinen johtopäätös, sillä sähkökäyttöiset AGV:t muodostavat erittäin vähän hiilidioksidipäästöjä, jos sähköntuottamisen lähdettä ei oteta huomioon (Hagren & Nilsson 2023.)

Mielenkiintoisena näyttönä huomattiin, että sähkökäyttöisten AGV:den päästöt lasti kyydissä nousivat vain hieman, verrattuna korkeisiin nousuihin diesel- ja kaasukäyttöisillä ajoneuvoilla. Prosentuaalisesti päästöt nousivat noin 22 % sähkökäyttöisillä AGV:llä, kun vastaava nousu dieselkäyttöisellä AGV:llä oli 82 % ja kaasukäyttöisellä 254 %.

Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että älykkäillä ratkaisulla on paikkansa logistisissa operaatioissa, ja että simulaatiot toimivat tehokkuuden mittaamiseen.

5 AUTOMAATIO LOGISTIICASSA: TEHOKKUUTTA JA INNOVAATIOITA ROBOTIIKAN AVULLA

Taulukossa 4 nähdään automaatioon ja robotiikkaan liittyvän tiedonhaun prosessi.

Taulukko 4. Logistiikan automaatio - tiedonhakuprosessi

Tietokanta	Hakutermit ja rajaukset	Tulokset	Abstraktilla tarkastellut	Kokotekstinä tarkastellut	Aineistoon valitut
Google Scholar	robots in logistics	208000	7	2	0
ScienceDirect.com	robots in logistics	11891	5	2	1
Alan kirjallisuus	robotiikka	-	1	0	0
Kaakkuri.fi	robotiikka	115	2	1	0
Google	robotics, automation	24000+	12	9	9
Yhteensä		235k +	27	14	10

Taulukko 4 havainnollistaa, että tämän teknologian osa-alueen kohdalla verkolehtien artikkelit osoittautuivat suureksi tiedonlähteeksi. Artikkelit olivat usein tutkijoiden kirjoittamia.

Logistiikkaprosessien automatisointi voi auttaa lyhentämään käsittelyaikoja ja nopeuttaa toimituksia. Robotiikan käyttöönotto logistiikassa edellyttää suuria investointeja laitteisiin ja henkilöstön koulutukseen. Lisäksi on varmistettava, että järjestelmät toimivat turvallisesti ja luotettavasti mahdollisten ongelmien välttämiseksi. Tekoäly liittyy läheisesti robotiikkaan. Sitä käytetään antamaan roboteille entistä kehittyneempiä ominaisuuksia.

5.1 Robotiikan kehitys

Sanan robotti, joka Tšekissä kirjoitetaan robota, toi kirjailija Čapek kirjallisuuteen vuonna 1921 ilmestyneessä näytelmässään "R.U.R" (Rossum's Universal Robots). Näytelmä esitteli ensimmäistä kertaa ajatuksen koneista, jotka kykenivät suorittamaan ihmisen kaltaisia tehtäviä. Čapekin näytelmä on vaikuttanut syvästi robotiikan ja tekoälyn kehitykseen. (Hamet & Tremblay 2017.)

Ennen teollista vallankumousta tuotteet valmistettiin yleensä käsityönä, jolloin yksittäiset työntekijät saivat kokemusta tuotteen yhdestä osasta. Kukin tekniikko valmisti oman osan tuotteesta käyttämällä yksikäyttöisiä työkaluja. Kun kukin osa oli tehty, ne liitettiin yhteen lopullisen tuotteen luomiseksi. (Corday 2014.)

Corday (2014) toteaa, että teollistuminen muutti tuotantoprosessia, kun käsi-työ korvattiin tehokkaammilla koneilla. Vuonna 1954 Unimationin perustaja Devol loi ensimmäisen teollisuusrobotin, Unimate, jonka General Motors otti massatuotantoon vuonna 1961. Vuonna 1969 Stanfordin insinööri Scheinman loi 6-akselisen Stanford Arm -robotin, joka laajensi robottien käyttöä kokoonpanotuotannossa (Corday 2014.)

Vuonna 2012 perustettiin SPARC-ohjelma, joka on maailman suurin siviiliraioitteinen robotiikan innovaatio-ohjelma. SPARC on Euroopan komission, Euroopan teollisuuden ja korkeakoulujen välinen julkisen ja yksityisen sektorin

kumppanuus, jonka tarkoituksena on edistää robotiikkateollisuuden ja arvoketjun kasvua ja voimaannuttamista tutkimuksesta tuotantoon. (SPARC Robotics AISBL 2023.)

5.2 Robotiikkatyypit ja Turvallisuus

AMR-robotit (Autonomous Mobile Robot) voivat liikkua vapaasti ympäristössä käyttämällä sisäänrakennettujen antureiden ja kameroiden tietoja, suunnitella reittejä ja tehdä kuormaus- ja purkutöitä ilman ihmisen osallistumista. AMR-robotit käyttävät kehittyneitä antureita, tekoälyä, koneoppimista ja tietojenkäsittelyä suunnitellakseen reitin tulkitakseen ja navigoidakseen ympäristössään ja liikkumaan siinä ilman johdotettua virtalähdettä. (What Are Autonomous Mobile Robots? s.a.)

Automaattinen ohjattu auto (AGV) ja automaattinen vaunu (AGC). Automaattiohjautuvat ajoneuvot siirtävät tavaroita ennalta määritettyä reittiä pitkin. Automaattiohjautuvat ajoneuvoja liikkuu itsenäisesti lattialla säilytyslaatikoiden QR-koodien ohjaamana. Antureiden ja tunnistimien ansiosta ne voivat reagoida esteisiin, mutta ne eivät pysty navigoimaan älykkäästi ja muuttamaan reittiä, jos esteitä tulee. (Automatic Guided Vehicles 2023.)

Automatisoidut varastointi- ja hakujärjestelmät (AS/RS) käyttävät älykkäitä ohjelmistoja ja robotiikkaa tuotteiden tehokkaaseen varastointiin, sijoittamiseen ja hakuun. Tässä käytetään karuselli- ja nostojärjestelmiä. Karusellijärjestelmät ovat hyllyjärjestelmiä, joissa on vaaka- tai pystysuunnassa liikkuvia loke-roita. Nostojärjestelmät liikuttavat kutakin hyllyä erikseen ja siinä olevia tavaroita. (Kuinka AS/RS-järjestelmä toimii 2019.)

Automaattiset lajittelukoneet ovat eri muotoisia, eri kokoja ja eri painoisia esineitä varten takaavat suuret käsittelynopeudet ja rasioiden tarkan lajittelun. Lisäksi on olemassa erityisiä lajittelukoneita, jotka käyttävät viivakoodeja tai muita tunnistustekniikoita. Automaattista lajittelukonetta käytetään erilaisten tuotteiden tai tavaroiden lajitteluun niihin kiinnitetyn viivakoodin perusteella. Tämä mahdollistaa manuaalisen työn vähentämisen ja inhimillisten virheiden minimoimisen korvaamalla perinteiset lajittelumenetelmät aloilla, joilla tarvitaan nopeaa ja tarkkaa lajittelua. (Bhutekar ym. 2022.)

Kollaboratiivinen robotti on robotti tai robotin kaltainen laite, joka on suunniteltu työskentelemään turvallisesti suoraan ihmistyöntekijöiden rinnalla suorittaakseen tehtävän, jota ei voida täysin automatisoida. Kollaboratiivinen robotti on varustettu antureilla ja muilla turvaominaisuuksilla onnettomuuksien ja loukkaantumisten estämiseksi. (Kokko 2023.)

Ohjelmistorobotiikka, kuten RPA (Robotic Process Automation) esimerkiksi UiPath, mahdollistaa rutiininomaisten ja toistuvien tehtävien automatisoinnin ohjelmistojen avulla. Tällaiset ohjelmistorobotit voivat käsitellä tehtäviä, kuten tilausten käsittely, varastonhallinta ja rahdinseuranta. UiPath mahdollistaa robottien luomisen graafisen käyttöliittymän avulla, mikä yksinkertaistaa ja nopeuttaa kehitysprosessia. Näin logistiikkayritykset voivat reagoida nopeasti prosesseissa tapahtuviin muutoksiin ja sopeutua nopeasti uusiin olosuhteisiin, mikä parantaa merkittävästi tehokkuutta, tarkkuutta ja nopeutta ja vaikuttaa myönteisesti asiakaspalveluun ja yrityksen taloudelliseen tulokseen. (UiPath 2023.)

Exoskeletoni-robottien käyttö logistiikassa on suunniteltu parantamaan turvallisuutta ja tuottavuutta työpajoissa, varastoissa ja tuotantolinjoilla. Exoskeletonit ovat mekaanisia rakenteita, jotka lisäävät työntekijän voimaa, kestävyyttä ja joustavuutta ja vähentävät loukkaantumisriskiä. Exoskeletonit jaetaan yleisesti tehokkaisiin ja passiivisiin exoskeletoneihin. Teho-exoskeletonit käyttävät moottoreita, ilmapumppuja ja hydraulisia pumppuja, kun taas passiiviset exoskeletonit käyttävät jousia, vaimentimia ja lukitusmekanismeja. (Warehouse.ninja 2023.)

Tekoälyn ja robotiikan käyttö yhdistettynä pilvipalveluihin voivat tarjota paljon kilpailuetua yrityksille. Kuitenkin tällaiset teknologiat voivat myös tehdä yrityksistä haavoittuvampia kyberhyökkäyksille. Kun yhä useammat yritykset kytkeytyvät IoT-pohjaisiin järjestelmiin, kyberturvallisuustoimenpiteitä on vahvistettava herkkien tietojen suojaamiseksi. Kyberturvallisuuden kehittäminen on yksi robotiikan tärkeimmistä trendeistä ja siihen on monia hyviä syitä. (Virtanen 2022.)

6 IOT (INTERNET OF THINGS, ESINEIDEN INTERNET)

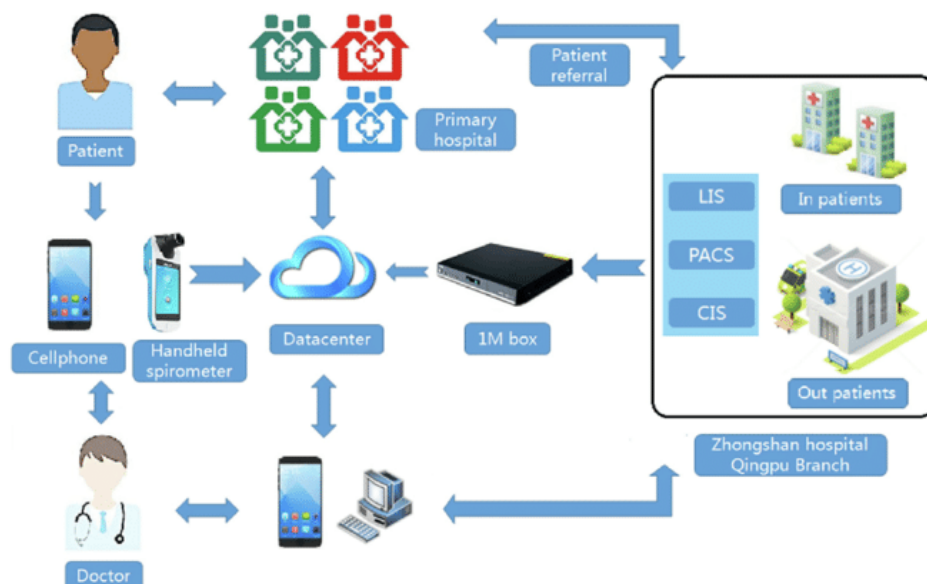
Taulukosta 5 näemme Internet of Things-teknologian aineistohakuun liittyviä yksityiskohtia.

Taulukko 5. IOT - tiedonhakuprosessi

Tietokanta	Hakutermit ja rajaukset	Tulokset	Abstraktilla tarkastellut	Kokotekstinä tarkastellut	Aineistoon valitut
Google Scholar	IoT in logistics	17400	12	5	3
Google Scholar	IoT case study	75700	10	4	3
Alan kirjallisuus	IoT, Logistics, RFID	-	6	2	0
Google	IoT, IoT in logistics	1 milj. +	10	6	2
Yhteensä		100k+	46	17	8

Internet of Things, johon viitataan jatkossa lyhenteellä IoT, merkitsee fyysisten esineiden, kuten elektronisten laitteiden, autojen, rakennusten, rahdin tai muiden kohteiden yhteyttä toisiinsa sensoreiden, ohjelmistojen ja verkkoyhteyksien avulla. Kohteet voivat vaihdella hammasharjoista ja älykelloista monimutkaisiin teollisuuden koneisiin ja toimitusketjuihin liittyviin laitteisiin. Näiden yhteyksien avulla esineet voivat kerätä ja lähettää dataa toisilleen autonomisesti. (What is Internet of Things? 2023.)

Kuvassa 5 nähdään terveydenhuollon potilaiden seurantaan tarkoitetusta järjestelmästä havainnointi Shangain kaupungin alueellisesta sairaalasta:



Kuva 5. IoT-perusteinen järjestelmä Shanghaiin kaupungin aluesairaalassa (Bai ym. 2019)

Kuvassa 5 tietokantaan kerätään potilaiden terveystietojen hallinta- ja seuranta-tiedot. Lääkärikeskuksen lääkärit voivat tarkastella kaikkia tietoja ja viimeisimmät terveystiedot eri sairauksiin liittyen ja kommunikoida suoraan potilaiden kanssa tarvittaessa. (Bai ym. 2019).

IoT voidaan yhdistää kohteisiin eri tavoin. Suuri IoT-teknologiaa tarjoava yritys Telenor IoT tarjoaa vaihtelevan tasoisia yhteyksiä laitteisiin, perusmobiiliyhteydestä pilvipalveluihin ja reaaliaikaiseen seurantaan. Tunnetut brändit, kuten Volvo, Hitachi ja Husqvarna, käyttävät Telenorin tarjoamaa IoT-teknologiaa. (IoT Telenor 2023.)

IoT on tekoälyn, pilvilaskennan ja muiden, kuten lisääntyneen automaation ja robotiikan ohella viimeisen 10 vuoden aikana elämää mullistaneiden teknologioiden kanssa osa niin sanottuja Teollisuus 4.0 -teknologioita, jotka ovat mullistaneet perinteisen varasto- ja logistiikkateollisuuden. Tämä on johtanut merkittäviin muutoksiin logistiikkatoiminnassa ja päätöksenteossa. Huolimatta aiheen kiistattomasta tärkeydestä IoT-teknologian vaikutusten tutkimus on vielä hajanaista ja IoT:n ja varastotoimintojen optimisoinnin tutkimus on vielä rajallista. Tutkimusta on tehty myös lähinnä kehittyneissä maissa ja enemmän logistiikan kuljetuksista kuin varastotoimintojen parista. (Kumar ym. 2022.)

IoT on usein käytössä muiden teknologioiden kanssa samanaikaisesti. Näitä ovat muun muassa RFID-sirut, pilvipalvelut ja automaatio.

6.1 IoT logistiikassa

IoT on jo merkittävässä käytössä logistiikassa. Esimerkiksi Etelä-Korealainen farmasiatuotteiden jakelija Boksan Nice (2023) käyttää IoT:tä rokotteiden ja lääkkeiden toimitusketjuissaan: nämä tuotteet liikkuvat kylmäketjussa, joten toimitusketjun läpinäkyvyys ja kylmäketjun katkeamattomuus on ensisijaisen tärkeässä roolissa. IoT-sensoreiden avulla lämpötilaa, sijaintia ja muita parametreja voidaan seurata reaaliaikaisesti. Tämä on johtanut ongelmien ennaltaehkäisyyn ja toimitusketjun parempaan luotettavuuteen. (M2Cloud 2023.)

Tuotteisiin ja lähetyksiin on mahdollista asentaa esimerkiksi lämpötilaa aistivia sensoreita, jotka antavat tuon informaation reaaliajassa eteenpäin. Elintarvikkeiden ja muiden tuotteiden osalta, joissa kuljetusketjun on oltava tietyssä lämpötilassa, kosteudessa tai muussa olosuhteessa, helpottuu tämän olosuhteen toteutumisen valvominen huomattavasti. Tällä on positiivisia seurauksia yrityksille myös taloudellisesti, kun esimerkiksi rikkoutunut kylmäketju voidaan todistaa. Logistiikan työntekijä voi seurata reaaliaikaisesti kuljetuksia ja reagoida tehokkaammin viivästyksiin ja niistä aiheutuviin ongelmiin, kuten ruuhkiin ja vaikkapa ohjata kuljetuksia toisille reiteille, kun ongelma on havaittu. (Mohsin 2017.)

Logistiikan saralla IoT on merkittävä työkalu, koska se tarjoaa yksityiskohtaisemman tavan seurata lähetysten kulkua ja toimitusketjun toimintaa. Pitkään käytössä olleita teknologioita, kuten RFID:tä ja erilaisia siruja sekä muita tiedonsiirtotapoja, voidaan täten tarkentaa kehittyneemmillä sensoreilla kuten Boksan Nicen (2023) tapaus osoittaa.

6.2 Esimerkki – IoT logistiikassa: Boksan Nice

Boksan Nice on Etelä-Korean suurin farmakologisten tuotteiden jakelija ja toimittaja. Boksan Nice valitsi Etelä-Korealaisen M2Cloud-logistiikkayhtiön kumppanikseen logistiikan tarpeidensa hoitoon sairaaloille, farmakologisten tuotteiden jakelijoille ja muille jälleenmyyjille. Se omistaa ensimmäisen IoT-suojausjärjestelmän Koreassa (KISA, Korean Internet & Security Agencyn sertifioima), joka täyttää kaikki IoT:n tietoturvatestauksen standardit, kuten vakauden, eheyden, turvallisuuden ja luvattoman manipuloinnin tarkkailun. Boksan

Nice valitsi M2Cloudin ja Telenor Connexionin SCM (Supply Chain Management) -ratkaisukomponenteiksi. Sopimuksen mukaan M2Cloudin ja Telenor Connexionin tehtävänä on yhdistää Boksen Nicen toimitusketju, jolloin turvattiin rokotteen luotettavuus, vakaus ja turvallinen jakelu sekä nopeampi markkinoille tuleminen. Tämä on erinomainen esimerkki IoT:stä älykkäissä kaupungeissa. (M2Cloud 2023.)

Esimerkkinä rokotteen matka toimitusketjun läpi on monimutkainen. Onnistunut rokotteen toimitus vaatii tarkat olosuhteet koko toimitusketjun läpi. Niemenomaan lämpötilojen ja valaistuksen hallinta on oleellista lääkkeen turvallisen säilytyksen ja jakelun kannalta. Tämä tarkoittaa, että tuotteita on säilytettävä jatkuvasti tietyllä, kapealla lämpötila- ja valoalueella valmistushetkestä käyttöhetkeen saakka. Jos tuote altistuu liian korkealle tai matalalle lämpötilalle tai suurelle auringonvalolle, siitä voi tulla tehoton tai pahimmillaan vaarallinen. Tuotteena rokotetta ei myöskään voi palauttaa. Näiden seikkojen vuoksi lääkkeet on kuljetettava ja varastoitava vakaisissa ja valvotuissa olosuhteissa. Tämä on erittäin haastavaa ja vaatii luotettavat kylmäketjulaitteet koko toimitusketjussa. Lääkkeiden valmistajilla on merkittävä paine lääkkeiden toimitusketjujen onnistumisessa, koska heidän maineensa perustuu rokotteen ja lääkkeiden tehokkuuteen. (Mohsin 2017.)

Säätelyn näkökulmasta varastointi- ja kuljetuslaitteiden, useimmiten jääkaappien, kylmäkonttien ja pakastimien, on oltava Maailman terveysjärjestön (WHO) määrittelemien standardien mukaisia (Cold chain and logistics management 2022).

6.3 Tulokset ja johtopäätökset

Telenor Connexionin mukaan M2Cloud (s.a.) tarjosi onnistuneesti 2G- eli GSM-yhteyden ja IoT-yhdyskäytävän, M2Cloudin, toimitusketjun hallintaan. M2Cloudin ja Telenor Connexionin Boksen Nicelle toimittama ratkaisu mahdollistaa läpinäkyvyyden ja jäljitettävyyden kylmäketjussa koko jakeluprosessin ajan, mikä vahvistaa lääkkeiden turvallista kuljetusta ja varmistaa tiukan laadunvalvonnan. Tärkeää on, että jos ympäristövaihtelua ilmenee, se havaitaan välittömästi ja ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä nopeasti.

Jokaiseen jakeluautoon ja niiden jääkaappeihin ja pakastustiloihin kytketyt anturit tarkkailevat lämpötilaa ja kosteutta tiloissa jatkuvasti. Nämä tiedot lähetetään IoT-yhdyskäytävälle. Mobiiliverkkoa (matkapuhelinverkkoa) käyttämällä IoT-yhdyskäytävä vie nämä tiedot palvelimelle. IoT-palvelin valvoo lämpötilaa ja jos esimerkiksi lämpötilan vaihteluja ilmenee, voidaan ennaltaehkäisevästi ryhtyä toimiin lähetyksen turvaamiseksi. Rokotteet ja muut tuotteet klinikalla tai sairaalassa vastaanottava työntekijä skannaa QR-koodin tai NFC-tunnisteen tarkistaakseen lämpötilan lokitiedot varmistuakseen lähetyksen onnistumisesta.

M2Cloud (s.a.) aloitti onnistuneesti liitettävyysspalvelujen käyttöönoton Boksen Nicelle, ja nyt yritys on mullistamassa toimitusketjunsä hallintaa. Nykyhetkessä on helppo tietää, missä tavarat ovat, miten niitä varastoidaan ja milloin niiden voidaan olettaa saapuvan. Kylmäketjunsä yhdistämisen seurauksena Boksen Nice sai merkittäviä etuja toimitusketjunsä osa-alueilla. Nyt heillä on muun muassa:

- Vakuus siitä, että lääketuotteet sijaitsevat siellä, missä sidosryhmät kerovat niiden olevan, sekä paikallaan että liikkeessä
- Ongelmien varhainen tunnistaminen; ongelmat voivat liittyä viivästyksiin, katoamisiin tai ympäristöolosuhteiden muuttumiseen
- Reaaliaikainen lähetyksen ja varaston seuranta ja näkyvyys
- Helpompi tarjonnan ja kysynnän ennustamisen suunnittelu; sairaalat ja muut sidosryhmät tietävät tarkasti, milloin voivat odottaa saavansa rokotteita ja muita tuotteita käsittelyyn
- Parempi laadunvalvonta varmistamalla, että lääketuotteet pysyvät optimaalisissa olosuhteissa
- Ennakoiva korjaus- ja huoltosuunnittelu etävalvonnan ansiosta
- Esimerkiksi Boksen Nice ja Korean lastensairaalayhdistys sopivat, että sairaalat saavat rokotteet vasta, kun jakeluprosessin läpinäkyvyys on varmistettu. (M2Cloud: creating...s.a.)

Tässä tapauksessa IoT-tekniologian hyödyt tuotiin selkeästi esille ja tekniologian suuri potentiaali on selvä. RFID:n käyttöönoton jälkeen kehittyneemmät sensorit ja jatkuva verkkoyhteys antaa merkittäviä etuja yrityksille ja ihmisille kokonaisuudessaan.

7 ÄLYTIE JA AUTONOMISET AJONEUVOT

Autonomiset ajoneuvot, kuten miehittämättömät kuorma-autot ja dronet, tekevät kuljetuksista tehokkaampia ja vähentävät virheitä. Miehittämättömät kuorma-autot kuljettavat jatkuvasti lyhentäen toimitusaikoja ja -kustannuksia. Dronet puolestaan toimittavat paketteja vaikeasti saavutettaviin paikkoihin. Lisäksi dronet pystyvät automaattisesti suorittamaan logistiikkavaraston tyyppilistä inventaariota kuvankäsittelyyn perustuvien algoritmien ja koneoppimistehävien avulla, jotka analysoivat dronen omasta kamerasta tulevia kuvia. Nämä ajoneuvot käyttävät kameroita, LIDARia, antureita ja GPS:ää turvalliseen liikumiseen sekä ADAS- ja V2X-tekniikoita vuorovaikutuksessa muiden ajoneuvojen ja infrastruktuurin kanssa. Ne nopeuttavat toimituksia, vähentävät kustannuksia, parantavat turvallisuutta ja vähentävät ympäristövaikutuksia. Autonomiset ajoneuvot voivat olla sähköautoja tai hybridautoja. (Waymo - Autonomous Driving Tech 2022.)

Nykyään autonomista teknologiaa käytetään monenlaisessa logistiikassa, kuten kuorma-autoissa, linja-autoissa, junissa, aluksilla ja droneilla tavaroiden toimittamiseen. Tekoälyyn voidaan yhdistää älykkäät tiet ja autonomiset ajoneuvot, jotta voidaan parantaa liikennejärjestelmän toimivuutta ja suorituskykyä. Tekoälyä voidaan käyttää autonomisten ajoneuvojen liikkumisen ohjaamiseen ja onnettomuuksien ehkäisemiseen. Ajoneuvot voidaan varustaa antureilla, jotka keräävät tietoa nykyisestä liikennetilanteesta ja lähettävät sen liikenteen ohjausjärjestelmään. Niiden avulla ajoneuvot voivat matemaattisesti simuloida ympäristöään. Näitä ovat esimerkiksi kamerat, tutkat, lämpömittarit, kompassit ja GPS-paikantimet. (Wahlström 2021, 22.) Tekoäly voi käsitellä tietoja ja ennustaa potentiaalisia ongelmia tiellä, kuten onnettomuuksia tai ruuhkia sekä optimoida autonomisten ajoneuvojen reittejä tällaisten tilanteiden estämiseksi.

8 LOHKOKETJU-TEKNOLOGIA (BLOCKCHAIN)

Taulukossa 6 esitellään lohkoketjuun liittyvä aineistohaku ja tässä työssä käytetyt materiaalit.

Taulukko 6. Lohkoketju-tiedonhakuprosessi

Tietokanta	Hakutermit ja rajaukset	Haun tulokset	Abstraktitasolla tarkastellut	Koko-tekstinä tarkastellut	Aineistoon valitut
Theseus	Lohkoketju	332	10	4	2
Google Scholar	Blockchain, blockchain in logistics	106000	8	4	3
Alan kirjallisuus sumeksi	Lohkoketju Kryptovaluutat	4	4	4	2
Rejeb ym. 2021 kirjallisuuskatsaus	Ei rajoituksia	628	6	2	2
Wikipedia	Blockchain	1	1	1	1
Sciencedirect	Blockchain medicine	2199	5	3	3
Yhteensä:		109000+	28	18	9

Taulukosta 6 voidaan huomata, että vuosina 2016–2020 lohkoketjusta oli vasta 628 tieteellistä julkaisua (Rejeb ym. 2021). Uudehkona konseptina lohkoketju on aihe, joka on vasta alkupäässä siitä, mihin sitä voidaan lopulta soveltaa.

Tekoälyn, IoT:n ja muiden vastaavien teknologioiden syntyminen viimeisten vuosikymmenten aikana on aiheuttanut suuren teknologisen murroksen joka-päiväiseen elämäämme. Päivittäisessä puheessa ja uutisissa povataan uusia, mullistavia teknologioita lähes päivittäin. Jotkin näistä jäävät unholaan ja toiset muuttavat ihmisten elämäntavan perustavanlaatuisesti. Yksi viimeisen vuosikymmenen aikana suureen tietoisuuteen saapunut teknologia on blockchain eli lohkoketju. Lohkoketju lienee kuuluisa nimenomaan kryptovaluutoista kuten bitcoinista puhuttaessa, mutta tässä tutkimuksessa keskitymme lohkoketjuun teknologiana mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Tällä lähestymistavalla korostetaan lohkoketjua yleisenä konseptina ja teknologiana useissa eri sovelluksissa ja käyttötarkoituksissa yleisenä innovaationa sekä erityisesti liiketalouden ja logistiikkaan liittyen. Pyrkimyksenä on auttaa lukijaa ymmärtämään tämän teknologian mahdollisuudet ja rajoitukset mahdollisimman kokonaisval-

taisesti. Monien lohkoketjuun läheisesti liittyvien elementtien, kuten algoritmien ja kryptografian ymmärtäminen, eivät ole tämän tekstin sisällön ymmärtämisen kannalta välttämätöntä.

Lohkoketjun määrittely onkin vaikeampi tehtävä. Ei ole olemassa yhtä tiettyä universaalista määritelmää tälle teknologialle, käyttökohteista ja tilanteesta riippuen on olemassa useita eri määritelmiä. Termin monikäyttöisyys lienee myös suurena syynä asiaan liittyvään hämmennykseen ja ymmärtämisen vaikeuteen. Puhutaan sitten rahansiirroista, julkisista rekistereistä tai vaikkapa toimintusetjun hallinnasta. Lohkoketjua voidaan käyttää niin monilla eri tavoilla eri yhteyksissä, että se lienee pakostikin perso väärinymmärryksille. Yksinkertaisimmillaan lohkoketju voidaan kuvata teknologisenä versiona julkisista rekistereistä. Julkiset rekisterit voivat sisältää esimerkiksi osto- ja myyntitapahtumia, omaisuuden siirtoja, syntymiä ja kuolemia sekä kaikkea muuta, mitä halutaan kirjata ylös. Pelkän kirjaamisen sijasta lohkoketju käyttää kryptografiaa ja hajautettua arkkitehtuuria paremman turvallisuuden, läpinäkyvyyden ja muuntamattomien kirjausten saavuttamiseksi. Lohkoketjua voidaan kuvata digitaalisiksi tilikirjaksi, johon monenlaiset tapahtumat merkitään siinä järjestyksessä, kun ne saapuvat. (Johansson 2019, 26–27.)

8.1 Lohkoketju – perusteet

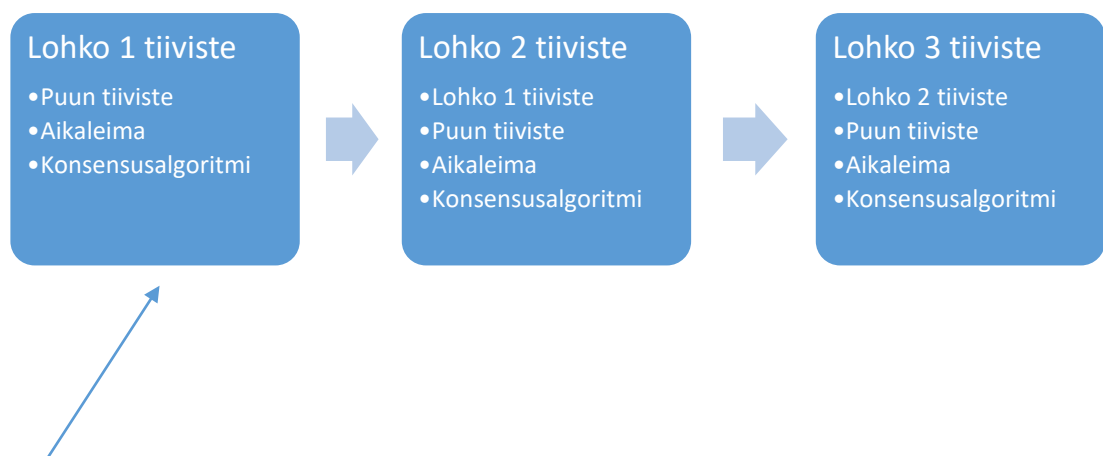
Kun puhutaan ensimmäisestä ja alkuperäisestä lohkoketjusta, tarkoitetaan krypto- eli virtuaalivaluutta Bitcoinin taustalla olevaa järjestelmää. Tätä järjestelmää voidaan kuvata Excel-tilin tai tilikirjan kaltaiseksi järjestelmäksi, johon kirjataan käyttäjien väliset transaktiot oikealla rahalla ostettujen kryptovaluuttojen välillä. Kun käyttäjä 1 lähettää käyttäjälle 2 bitcoinia tai muuta virtuaalivaluutusta, käyttäjän 1 tilin saldo vähenee ja käyttäjän 2 lisääntyy. Järjestelmä kasaa transaktiot yhteen ja muodostaa niin sanotun lohkon. Kun lohko on täysi, sisältö varmistetaan ja linkitys kryptografisella menetelmällä muodostuu silloin edeltävään lohkoon ketjussa. Lohkoketju alkaa muodostua. Lohkoketju on tietynlainen tietokanta, mihin voi tallentaa periaatteessa mitä tahansa tietoja: koska lohkoketjun tietoja ei voi enää muuttaa tallentamisen tai transaktion jälkeen, kaikki käyttäjät ovat sama mieltä tapahtumista ja tapahtumajärjestyksestä. Tietoja voidaan ainoastaan lisätä lohkoketjun perään – menneet tapahtumat säilyvät muuttumattomina. (Johansson 2019, 28–32.)

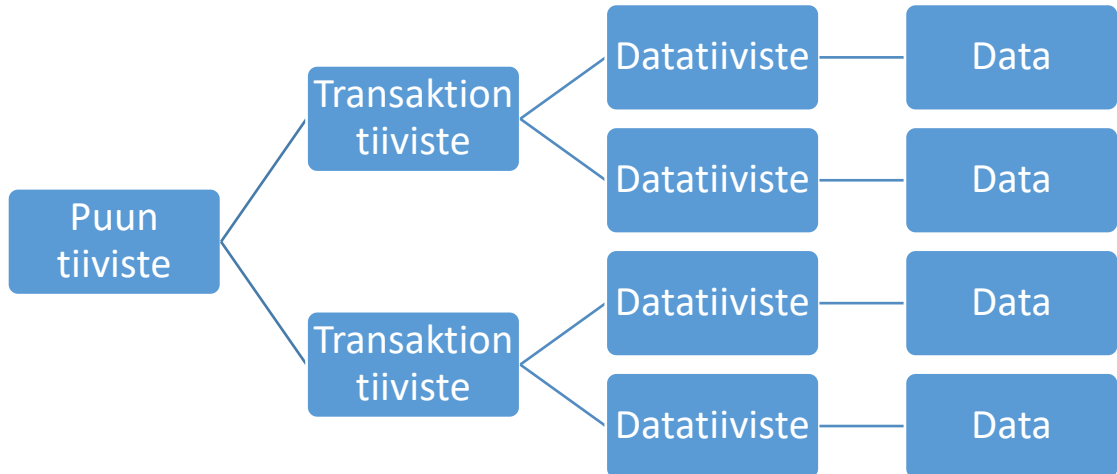
8.1.1 Lohkoketjun avaintermit

Lohkoketjun ymmärtämiseksi käydään läpi siihen liittyviä avaintermejä. Näiden termien avulla hämmennystä lohkoketjun toiminnasta voidaan vähentää.

Lohkot ovat ikään kuin tilikirjoja, joita päivitetään ja joihin lisätään pysyvää, muuttumatonta dataa. Transaktiot kirjataan lohkoihin ja synkronisoidaan koko lohkoketjuun. Lohkon *korkeus (height)* viittaa lohkonumeroon eli siihen, kuinka monta lohkoa on peräkkäin jonossa, ja lohkojen täytyessä ja uusien lohkojen syntyessä tämä numero kasvaa. Lohkoketjun osa voi olla *julkinen* tai *yksityinen*, ja tämä määrittää kenellä on pääsy tarkastelemaan tai tekemään muutoksia lohkoketjuun. Lohkoketjun toiminta perustuu hajautettuun toimintamalliin, jolloin kaikilla on näkyvyys ja selkeä tieto muutoksista lohkoketjussa. Tällä saavutetaan täydellinen läpinäkyvyys. Yhtenä turvallisuusmekanismina toimii kryptografinen *hash tai hash-funktio* eli *tiiviste* lohkon sisäisille tapahtumille. Tämä koodi antaa numeerisen arvon, joka toimii digitaalisena sormenjälkenä. Yksisuuntaisena ja deterministisenä järjestelmänä sama datasyöte tuottaa aina saman tiivistearvon jokaiselle lohkolle. Eri lohkoketjut voivat käyttää eri algoritmeja tiivisteiden luomiselle, mutta tulos on sama: ainutlaatuinen, yksilöity tunnus digitaaliselle transaktiolle. (How does blockchain work? s.a.)

Kuvassa 6 havainnollistetaan lohkoketjun avaintoimintoja.





Kuva 6. Bitcoin: Vertaisverkkoon perustuva sähköinen käteisjärjestelmä (Nakamoto 2008)

Kuvasta 6 huomataan, että jokainen lohko sisältää edeltävän puun tiivisteeseen (*hash*) ja yhteisen konsensuksen tapahtumista. Näin lohkoketjun tapahtumia voidaan tarkastella läpinäkyvästi.

8.1.2 Lohkoketjun konsensusmekanismit

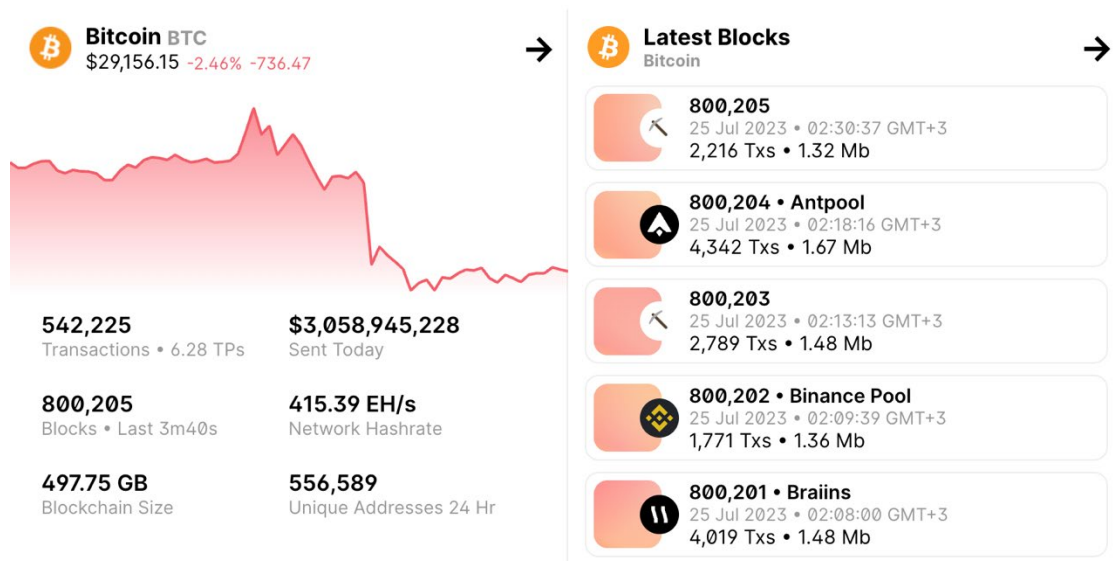
Rahaliikenteestä puhuttaessa hajautettujen kryptoverkkojen täytyy varmistaa, ettei kukaan käytä samoja rahoja kahdesti ilman keskitettyä auktoriteettia, kuten Visaa tai Paypalia. Tätä varten luotiin konsensusmekanismit, joiden avulla kaikki tietokoneet verkossa ovat samaa mieltä siitä, mitkä transaktiot ovat legitiimejä. Konsensusmekanismeja on olemassa kaksi suurta: alkuperäinen ja vanhempi *Proof of Work* (PoW) ja uudempi *Proof of Stake* (PoS). (What is Proof of Work... 2023.)

Proof of Work – konsensusmekanismi on saanut nimensä siitä, kuinka tietokoneet ympäri maailman louhivat kilpaa matemaattisen arvoituksen ratkaisemiseksi, ja voittaja saa päivittää lohkoketjun ja saavuttaa näin myös sovitun suuruisen palkkion. Proof of Work on todistettu, vahva tapa pitää yllä hajautettua lohkoketjua. *Louhiminen* tarkoittaa monimutkaisten matemaattisten arvoitusten ja yhtälöiden ratkaisemista, jota yksittäiset tietokoneet ympäri maailman ratkaisevat (Mitä Bitcoinin louhinta... 2023). Kun yhtälö on ratkaistu, syntyy uusi lohko.

8.1.3 Bitcoin

Koska lohkoketjuteknologia tuli tunnetuksi erityisesti kryptovaluutoista, kuten Bitcoinista, tarkastellaan, miten lohkoketjua käytetään juuri siinä asiayhteydessä. Lohkoketjuun tallentuu kryptovaluutoista puhuttaessa siirtoja, kuten osto- ja myyntitransaktioita ja myös louhintatransaktioita.

Kuvassa 7 esitetään tietoa Bitcoinin lohkoista kokonaisuuden tasolla.



Kuva 7. Bitcoin – viimeisimmät lohkot-1 (Blockchain.com 2023)

Kuvassa 7 näkyy Bitcoinin ja sen louhimiseen liittyviä tietoja, kuten valuuttakurssi, kokonaistransaktiot lohkoketjussa ja viimeisimmät valmistuneet lohkot. Kuvassa näkyy myös tiettyjä mining pooleja eli ryhmiä, jotka ovat yhdistäneet tietokoneiden laskentatehonsa lohkon ratkaisemiseksi. Lohkon ratkettua palkkiot jaetaan ryhmän jäsenten kesken. (Frankenfield 2022).

Latest BTC Blocks

Number	Hash	Miner	Mined	Tx Count	Nonce	Fill	Size	Total Sent	Total Fees
800208	0000-a37f	Unknown	1m 52s	4,007	1,114,773,550	162.54%	1,704,403 Bytes	3,841 BTC	0.13BTC
800207	0000-918a	Unknown	14m 10s	4,585	1,992,919,238	173.32%	1,817,410 Bytes	605 BTC	0.07BTC
800206	0000-9544	Antpool	17m 10s	3,224	24,358,727	162.02%	1,698,880 Bytes	3,372 BTC	0.11BTC
800205	0000-9089	Unknown	28m 2s	2,216	644,417,378	131.58%	1,379,745 Bytes	5,782 BTC	0.13BTC

Kuva 8. Bitcoin – viimeisimmät lohkot-2 (Blockchain.com 2023)

Kuvassa 8 näkyy viimeisimmät valmistuneet Bitcoin-lohkot. Prosessista syntyvät palkkiot jaetaan louhijoiden kesken. Kuvassa 8 näkyy myös tietoja lohkoista, kuten lohkon syntymiseen kulunut aika (*Mined*), transaktioiden määrä, (*Tx Count*), lohkon koko (*Size*), siirretyn virtuaalivaluutan määrä (*Total Sent*) ja transaktion maksut (*Total Fees*).

Koska lohkoissa on rajattu määrä tilaa, käyttäjät maksavat transaktioista maksuja, jotta ne vahvistetaan lohkoon mahdollisimman nopeasti. Maksun suuruus riippuu siirrettävän valuutan määrästä ja siitä, kuinka nopeasti käyttäjä haluaa siirron toteutuvan. (How are transaction fees determined? 2023.)

Kuvassa 9 näkyy louhintaprosessi tietokoneella.

```

markovottonen — xmrigr — xmrigr — 118x26
[2023-07-25 19:00:44.271] miner speed 10s/60s/15m 1618.3 1162.9 n/a H/s max 1618.3 H/s
[2023-07-25 19:00:44.818] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937579 (16 tx)
  CPU # | AFFINITY | 10s H/s | 60s H/s | 15m H/s |
  -----|-----|-----|-----|-----|
  0 | 0 | 276.2 | 169.5 | n/a |
  1 | 1 | 280.3 | 170.5 | n/a |
  2 | 2 | 277.1 | 170.4 | n/a |
  3 | 3 | 275.8 | 169.1 | n/a |
  4 | 4 | 275.7 | 169.4 | n/a |
  5 | 5 | 278.3 | 169.7 | n/a |
  6 | 6 | 281.3 | 171.9 | n/a |
  7 | 7 | 277.4 | 169.9 | n/a |
  - | - | 2222.1 | 1360.5 | n/a |
[2023-07-25 19:01:00.243] miner speed 10s/60s/15m 2222.1 1360.5 n/a H/s max 2226.5 H/s
[2023-07-25 19:01:04.117] miner speed 10s/60s/15m 2243.4 1417.7 n/a H/s max 2243.4 H/s
[2023-07-25 19:01:05.780] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937579 (19 tx)
[2023-07-25 19:01:10.720] cpu accepted (4/0) diff 100001 (51 ms)
[2023-07-25 19:01:27.858] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937579 (19 tx)
[2023-07-25 19:01:49.765] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937579 (19 tx)
[2023-07-25 19:01:58.016] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937580 (54 tx)
[2023-07-25 19:02:04.250] miner speed 10s/60s/15m 2128.3 2066.6 n/a H/s max 2275.0 H/s
[2023-07-25 19:02:08.329] cpu accepted (5/0) diff 100001 (91 ms)
[2023-07-25 19:02:18.107] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937580 (60 tx)
[2023-07-25 19:02:37.975] cpu accepted (6/0) diff 100001 (68 ms)
[2023-07-25 19:02:40.186] net new job from rx.unmineable.com:443 diff 100001 algo rx/0 height 2937580 (67 tx)
[2023-07-25 19:02:56.427] cpu accepted (7/0) diff 100001 (53 ms)

```

Kuva 9. Louhintaprosessi (Vottonen 2023)

Kuvan 9 louhintaprosessissa näkyy erilaisia tietoja. Miner speed, eli *hashrate*, kertoo laskentaprosessin nopeuden sekä arvauksien lukumäärän sekunnissa. CPU - yksittäisten prosessoriytimien käyttöaste. Net *new job* ilmaisee, että lohko on "ratkaistu", siirrytty uuteen lohkoon, tai vaihtoehtoisesti sama lohko muuttanut vaikeusastetta (*diff*) tai ottaa vastaan lisää transaktioita. *Height* kertoo lohkon numeron. CPU *accepted* ilmaisee hyväksytyt osuudet lohkoissa. Algo ilmaisee käytetyn algoritmin (tämä riippuu yleensä käytetystä laitteistosta, kuvassa RandomX (rx/0) - CPU-algoritmi on käytössä). Jos louhittaisiin näytönohjaimella, käytettäisiin eri algoritmia. Mitä matalampi vaikeusaste

(*diff*), sitä helpompi tehtävä on ratkaista ja saada osuuksia lohkosta, mutta palkkio on myös pienempi. (XMRig Documentation s.a.)

Edellä esitetyn aktiivisen louhintaikkunan toimimiseksi täytyy säätää ohjetiedosto eli konfiguraatio (*config*) louhija-aplikaatiolle. Tällä ohjetiedostolla kerrotaan louhijalle halutut parametrit louhinnan suorittamisessa. Näitä ovat muun muassa haluttujen prosessoriytimien käyttö, erilaiset virrankäyttöön ja tietokoneen toimintaan liittyvät asetukset, käytetyn algoritmin asetukset ja yhteysasetukset.

Kuvassa 11 XMRig-louhijan konfiguraatio-1 ja kuvassa 12 XMRig-louhijan konfiguraatio-2 (LIITE 1; LIITE 2) on esitelty tyypillinen konfiguraatio Apple M1-prosessorilla käytetyssä louhinnassa. Näissä kuvissa näkyy paljon säädeltäviä parametrejä louhijan toiminnassa. Näistä oleellimmat tässä nimenomaisessa tapauksessa ovat cpu: "rx": 0-7 eli käytetyt prosessoriytimet ja pools - "user": COIN:ADDRESS.WORKERNAME, joka kertoo louhitun kryptovaluuttan, lompakon osoitteen ja louhintatietokoneen nimen eli tässä tapauksessa NANO, osoite ja MBA. Kuka tahansa voi lähettää NANO-valuutta kyseiseen lompakon osoitteeseen, ja silloin kyseinen transaktio näkyisi lohkoketjussa. Louhimalla palkkioiden kotouttaminen niin ikään vie palkkion tuohon lompakko-osoitteeseen.

Louhinnan kannattavuus riippuu pitkälti sähkön hinnasta, kryptovaluuttojen kurseista ja laitteistosta. Tässä työssä annetussa esimerkissä louhinta ei missään tapauksessa ole kannattavaa: annetussa esimerkissä ansiot olisivat noin euron viikossa, jos tietokone louhisi vuorokauden ympäri (Vottonen 2023). Energian hinnan noustessa toiminta muuttuisi hyvin nopeasti tappiolliseksi, ja tässä ei vielä ole otettu huomioon louhinnan aiheuttamaa stressiä tietokoneen osille, jotka kuluvat nopeammin korkeissa lämpötiloissa (Why you shouldn't... 2023). Louhintaa suoritetaankin nykyisin erikoistuneella laitteistolla tai vuokraamalla laitteistoa käyttöön pilvipalveluna. (What Is Cloud Mining in Crypto? 2023).

Bitcoinin tai muiden kryptovaluuttojen louhinta sekä transaktiot, kuten erilaiset maksut ostoista ja myynneistä, ovat tällä hetkellä tunnetuin tapa käyttää loh-

koketjuteknologiaa. Moni suuryrityskin ottaa vastaan Bitcoinia tai muuta kryptovaluuttaa, kuten Microsoft, Starbucks tai Home Depot (Tuwiner 2023). On siis päästy hyvin pitkälle niistä päivistä, kun bitcoineilla ostettiin ja myytiin lähinnä huumeita ja aseita internetin myyntipalstoilla, kuten Silk Roadissa (Silk Road (marketplace) 2023). Tästä huolimatta lohkoketjun todellinen potentiaali lienee vielä käyttämättä. Teknologian tarjoamat edut ovat suurelta osalta vielä käyttämättä niin liiketoiminnan kuin logistiikankin saralla.

8.1.4 Lohkoketjun historialliset kehitysaskleet

Ensimmäisen merkittävän lohkoketjun loi nimimerkkiä Nakamoto käyttänyt ryhmä tai henkilö vuonna 2008 Bitcoin-transaktioita varten, ja ensimmäiset Bitcoinit laskettiin liikkeelle vuonna 2009 (Kuutti 2017). Teknologian taustalla vaikuttivat myös Haber, Stornetta ja Bayer, joita pidetään lohkoketjuteknologian rinnakkaisluojina (Blockchain 2023). Aluksi Bitcoin ja lohkoketju olivat vain pienen yhteisön harrastustoimintaa ja Bitcoinin arvo oli hyvin pieni. Vuonna 2009 bitcoineja ostanut olisi miljoonakertaistanut sijoituksensa, jos olisi myynyt ne pois 2013 kurssihuipun aikaan (Kuutti 2017). Bitcoin saavutti arvohuippunsa 13.3.2021, jolloin arvo oli yli 50 000 € / 1 BTC. Tämän työn kirjoitushetkellä 26.7.2023 Bitcoinin arvo oli noin 26 500 €. (Bitcoin kurssikehitys 2023).

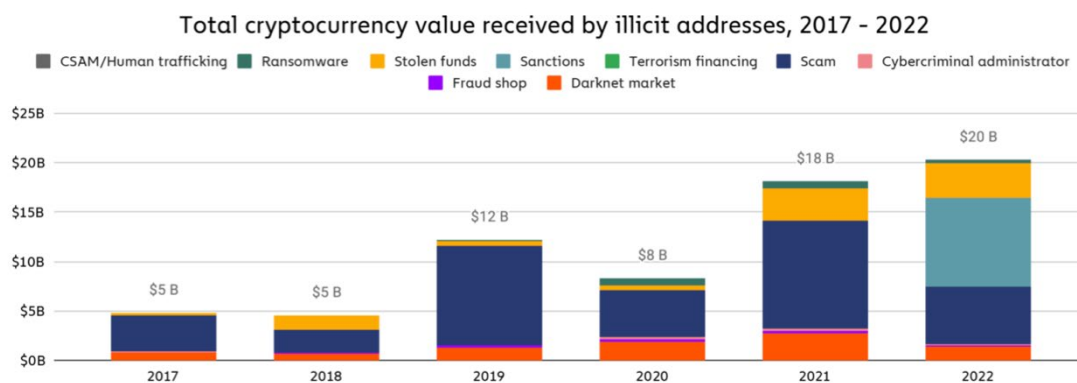
Lohkoketjun historialliset kehitysaskleet ovat esitetty kuvassa 12 (LIITE 3). Tämä kuva antaa kattavan yleiskuvan lohkoketjun kehityksestä. Siinä nähdään keskeiset tapahtumat ja innovaatiot, jotka ovat vaikuttaneet merkittävästi tämän teknologian kehitykseen.

8.1.5 Lohkoketjun ja kryptovaluuttojen sääntely

Kryptovaluutat ovat luonteeltaan volatiili sijoitus: valuuttojen arvot voivat heitellä rajusti erilaisten niitä koskevien oikeusjuttujen, kuten Yhdysvaltain SEC:n (Securities and Exchange Commission) nostamien syytteiden vuoksi (SEC Press Release 2023), ja vaikkapa Elon Muskin kaltaisten erittäin tunnettujen henkilöiden kommenttien perusteella. Huynh (2023) teettämän tutkimuksen mukaan näyttö tästä on tosin hataralla pohjalla.

Uutena teknologiana lohkoketjut ja kryptovaluutat ovat vielä suhteellisen vähäisen sääntelyn alaisena, mutta esimerkiksi EU on julkistanut ensimmäisenä maailmassa kryptoja koskevan Markets in Cryptoassets (MiCA) -sääntelypaketin. Euroopan parlamentti on ratifioinut paketin, ja sen on tarkoitus astua voimaan 2024–2025 välisenä aikana. MiCA:n on tarkoitus asettaa tiukka sääntely kryptovaluuttojen kauppaa tarjoaville yrityksille ja varmistaa, että nämä toimivat rekisteröityinä ja läpinäkyvinä alustoina ja että näillä on rahanpesua ja muuta rikollista toimintaa vastaan olemassa olevat turvatoimet. MiCA haluaa myös luoda selvät jakolinjat krypto-omaisuuden ja Tokenien, kuten NFT:ien (Non-Fungible Token), välillä. (EU Markets in Cryptoasset 2023.)

Ongelmallisena on kryptovaluutoissa pidetty sääntelyn vähäisyyttä, joka altistaa järjestelmät väärinkäytölle ja rikollisuudelle. Kryptovaluuttarikollisuuden arvioitiin nousseen 20 miljardiin dollariin vuonna 2022. Toisaalta lohkoketjun läpinäkyvyys myös paljastaa rikollisen toiminnan määrän – tämä ei olisi mahdollista perinteisissä rahajärjestelmissä.



Kuva 13. Laittomien osoitteiden vastaanottama kryptovaluuttojen kokonaisarvo, 2017–2022 (Chainalysis.com 2023)

Kuva 13 näyttää kryptovaluuttoihin liittyvän rikollisuuden lähivuosilta. Rikollisuus on noussut vuosi vuodelta lukuun ottamatta vuotta 2020, jolloin maailmanlaajuisen pandemian aiheuttaman talouskriisin voidaan tulkita vaikuttaneen myös rikolliseen talouteen.

Digitaalisten rahajärjestelmien tullessa käyttöön, sääntelyn tarkoituksena on luoda digitaaliselle omaisuudelle hyvin säännelty järjestelmä. Esimerkiksi EU-komissio on luonut vuoden 2023 lainsäädäntöehdotuksia digitaaliselle Eurolle.

Vielä on epäselvää, millainen tästä järjestelmästä lopulta muodostuisi ja kuinka keskitetty se olisi, mutta prosessi etenee suhteellisen nopeasti. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) COM/2023/369 final.)

8.2 Lohkoketjut logistiikassa

Lohkoketjuteknologian ilmaantuminen on aiheuttanut kuhinaa logistiikan ja toimitusketjun hallinnan (SCM, Supply Chain Management) parissa toimivissa yhteisöissä. Rejeb ym.(2021) julkaisivat tutkimuksen, jonka mukaan lohkoke-justa logistiikassa ja toimitusketjun hallinnassa julkaistiin vuosina 2016–2020 628 merkittävää paperia, joista suurin osa keskittyi lohkoke-justaan ja sen merkitykseen konseptuaalisella tasolla, sen potentiaaliin toimitusketjujen vastuullisuudessa, lohkoke-justan adoptioon vaadittaviin tekijöihin ja esteisiin, rooliin toimitusketjujen joustavuudessa, luottamuksessa, immateriaalioikeuksien (teki-jänoikeudet jne.) suojelussa sekä pilaantuvien tuotteiden kuljetuksessa. Logis-tiikan alalla siis nähdään lohkoke-justa mahdollisesti alaa mullistavana tekijänä.

Lohkoke-justan ominaispiirteet läpinäkyvyyden, jäljitettävyyden ja luottamukselli-suuden myötä tekevät siitä vetovoimaisen teknologian kaikenlaisten transakti-oiden suhteen yrityksille ja yhteisöille. Vaikka teknologia luotiin alun perin ni-menomaan taloudellisille transaktioille, se on saanut kiinnostusta muillakin sektoreilla, kuten terveydenhuollossa, tuotannossa ja logistiikassa. Tuotannon ja toimitusketjujen kasvaessa yhä suuremmiksi ja monimutkaisemmiksi, lohko-ke-justan tarjoama luottamus ylä- ja alavirrassa olevien sidosryhmien välillä tekee siitä kiinnostavan teknologian. (Silenskyte 2023.)

8.3 Lohkoketju logistiikan toimitusketjuissa - Esimerkki

Lohkoke-justan käyttöä on pohdittu monenlaisille teollisuudenaloille, mutta erityi- sesti lääketeollisuus nousee esiin monen ongelman vuoksi, jotka lohkoke-justa voisi ratkaista. Nämä ongelmat pääsääntöisesti ovat: lääkkeiden valmistusoi- keudet, lääkevarastojen hallinta ja lääkkeiden toimitusketjun hallinta sekä li- säksi terveydenhuoltoon yleensä liittyvän informaation herkkyys ja toisaalta lä- pinäkyvyyden puute yksityisten tietojen käsittelyssä. (Haleem ym. 2021.)

Potentiaalinen heikkous lohkoke-justalle yritysten näkökulmasta voi olla myös lii- allinen läpinäkyvyys: koska lohkoke-justan toimintaperiaatteessa kaikki data on

julkista, koskien esimerkiksi raaka-aineiden alkuperää, tilausmääriä ja muita taloudelliseen kilpailuun vaikuttavia seikkoja, yritysten halukkuus paljastaa näitä tietoja kilpailee suoraan lohkoketjun taloudellisesti positiivisten piirteiden kanssa. Näillä positiivisilla piirteillä, kuten vastuullisella ja luotettavalla brändikuvalla ja virheiden karsimisella kasvatetulla liikevoitolla on kääntöpuolensa, sillä kaikki kilpailijatkin pääsevät dataan käsiksi ja saavat näin käsiinsä informaatiota, joka normaalisti luokiteltaisiin yrityssalaisuuksien alaiseksi. Aiheesta tehtiin tutkimus, jonka lopputulos tulkittiin positiiviseksi lohkoketjun käytön kannalta niin yrityksille kuin yhteiskunnalle kokonaisuudessaan. (Baozhuang ym. 2021.)

Tarkastellaan lähemmin Baozhuangin ym. (2021) tutkimusta. Tutkimuskysymyksenä käsiteltiin sitä, millaiset lähtökohdat yrityksillä on liittyä lohkoketjun käyttäjiksi erilaisten taloudellisten ja sosiaalisten houkuttimien myötä, kun vastapainona on mahdollisen kilpailuedun menettäminen. Tutkimuksessa käsiteltiin kaksitasoista toimitusketjua, joissa osallisina ovat kaksi eri lääkevalmistajaa (lyhenteenä M1 ja M2) sekä yhteinen lääkkeiden jakelija (R). Lääkevalmistajat valmistavat käyttötarkoitukseltaan identtisiä tuotteita, ja jakelija jälleenmyy tuotteet kuluttajille. Jakelijalla on tarkempi markkinadata ja on suoraan tekemisissä kuluttajien kanssa, kun valmistajat taas nojautuvat ainoastaan keskiarvoiseen kulutustietoon ja kysynnän vaihteluun laajemmassa skaalassa.

Koska lohkoketjun käyttöönotto voi käytännössä olla kallis prosessi, voidaan olemassa olevaa tutkimustietoa prosessin kalleudesta käyttää hyväksi lääkejakelijoiden tapauksessa. Choi (2019) on tutkinut lohkoketjun käytön kalleutta monilla eri reaalimaailman tietoon perustuvilla algoritmeilla. Näistä käytettiin kahta eri kulurakennetta kuvaavaa algoritmia ja niihin syötettiin Baozhuangin ym. tutkimuksessa muun muassa seuraavia ehtoja: kysynnän taso, jakelijan osallistuminen lohkoketjussa, potentiaalinen voitto eri skenaarioissa ja niin edelleen. Algoritmiksi muodostui yksinkertaistettuna esimerkiksi: M1 ja M2 ovat mukana lohkoketjussa, kun R kasvattaa myyntiään X verran, ja R on/ei ole mukana lohkoketjussa. Kun kokonaisuuden tasolla tarkasteltiin kannattavuutta lohkoketjuratkaisuun, havaittiin, että kaikissa skenaarioissa valmistajien kannatti olla lohkoketjussa mukana, kun taas jakelijan kannatti olla siinä mukana, jos tietyt ehdot täyttyivät: valmistajien kilpailun täytyi pysyä maltillisena ja kysynnän vaihtelun pienenä. Analyysissä käytettiin taloudellisten seikkojen

lisäksi yhteiskunnallisia hyötyjä, painottaen molempien seikkojen vaikutusta mutta huomioimalla reaalimaailman lääkeyritysten käyttäytymistä.

Baozhuangin ym. tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että lohkoketjun adoptioimisen kokonaisvaikutus sekä lääketeollisuuden että kuluttajien näkökulmasta on aina nettovaikutukseltaan positiivinen, koska ilman reseptiä myytävien lääkkeiden vaikutus on yhteiskunnallisesti positiivinen asia, ja koska kilpailun pysyessä maltillisena lääkevalmistajat välttävät todennäköisemmin ylilyöntejä ja tahallisen väärän tiedon levittämistä voittoja tavoitellessa.

9 DIGITAL TWIN (DIGITAALINEN KAKSONEN)

Digitaaliset kaksoet ovat virtuaalisia kopioita esineistä ja prosesseista, joita käytetään niiden mallintamiseen ja simulointiin logistiikkaprosessien optimoinnissa, kuten kuljetusten hallinnassa, datan analysoinnissa ja varastonhallinnassa. Ne tarjoavat kolmiulotteisen visualisoinnin ja reaaliaikaisen seurannan. Digitaaliset kaksoet ovat hyödyllisiä myös historiallisten kuljetusprosessien toistamisessa ja pakkaamisessa, jossa ne mahdollistavat reaaliaikaisen paikannuksen, visuaalisen jäljitettävyyden ja resurssien suunnittelun. Niitä voidaan soveltaa myös materiaalien jakelussa ja tietojenkäsittelyssä tuotantologistiikassa. Digitaalisten kaksosten rakentaminen ja soveltaminen vaatii IoT:n, pilvipalveluiden ja big data -analyysin tukea. (Zhu ym. 2023.)

Kyberfyysiset järjestelmät ja digitaaliset kaksoet ovat erittäin tärkeitä logistiikassa. Kyberfyysiset järjestelmät keräävät jatkuvasti tietoa eri lähteistä, joita ovat anturit, laitteet ja kuljetus. Nämä tiedot siirretään sitten digitaaliseen kaksoseen, joka luo virtuaalisen mallin fyysisestä järjestelmästä. Tekoälyn avulla digitaalinen kaksonen voi analysoida tietoja ja luoda ennusteita tulevia toimia varten. Ennustavan analytiikan avulla voidaan esimerkiksi ennustaa tiettyjen tuotteiden tulevaa kysyntää, jolloin varastojen hallintaa voidaan optimoida kysyntään vastaamiseksi. Tekoälyä voidaan käyttää myös varastonhallinnan automatisointiin, jolloin digitaalinen kaksonen ohjaa robottien liikkumista ja toimintaa varastossa. (Chen & Huang 2021.)

Siemens (2022) käyttää erilaisia sovelluksia, kuten Siemens Digital Twin, Siemens NX ja Siemens MindSphere, digitaalisten kaksosten luomiseen eri teollisuudenaloilla, kuten autoteollisuudessa, energia-alalla ja teollisuudessa. Digitaaliset kaksoset parantavat logistiikkaprosessien tehokkuutta ja tarkkuutta, vähentävät kustannuksia ja lisäävät asiakastytyvyyttä. Siemens (2022) tarjoaa myös muita ohjelmia ja työkaluja, kuten Tecnomatics ja Simcenter, tuotantoprosessien simulointiin ja optimointiin. Ajoneuvojen digitaalisia kaksosia voidaan luoda Siemens Digital Twin -sovelluksella, joka helpottaa toimitusprosessin seuranta, viivästysten ehkäisyä ja riskienhallintaa.

Siemens (2022) käyttää aktiivisesti digitaalisia kaksosia logistiikan ja toimitusketjun optimoimiseksi. Siemens MindSphere on pilvipohjainen alusta, joka tallentaa ja käsittelee tietoja digitaalisten kaksosten luomiseksi. Se integroituu muihin Siemensin sovelluksiin, kuten Siemens Digital Twiniin, ja tarjoaa täydellisen digitaalisen kaksosen luomisketjun suunnittelusta käyttöön. Siemens NX on 3D-mallinnus- ja -suunnitteluohjelmisto, jota käytetään eri teollisuudenaloilla, kuten autoteollisuudessa, ilmailussa, suunnittelussa ja energiassa. Sen avulla voidaan luoda digitaalisia kaksosia, jotka auttavat tuotantoprosessien simuloinnissa ja tuotantolinjan optimoinnissa. Yleisesti ottaen digitaaliset kaksoset parantavat logistiikan ja tuotannon prosessien tehokkuutta, tarkkuutta, kustannussäästöjä ja asiakastytyvyyttä. Siemens tarjoaa erilaisia ohjelmistoja ja työkaluja tuotantoprosessien simulointiin ja optimointiin, jotka voidaan integroida digitaalisiin kaksosiin parantaakseen niiden realistisuutta ja tarkkuutta.

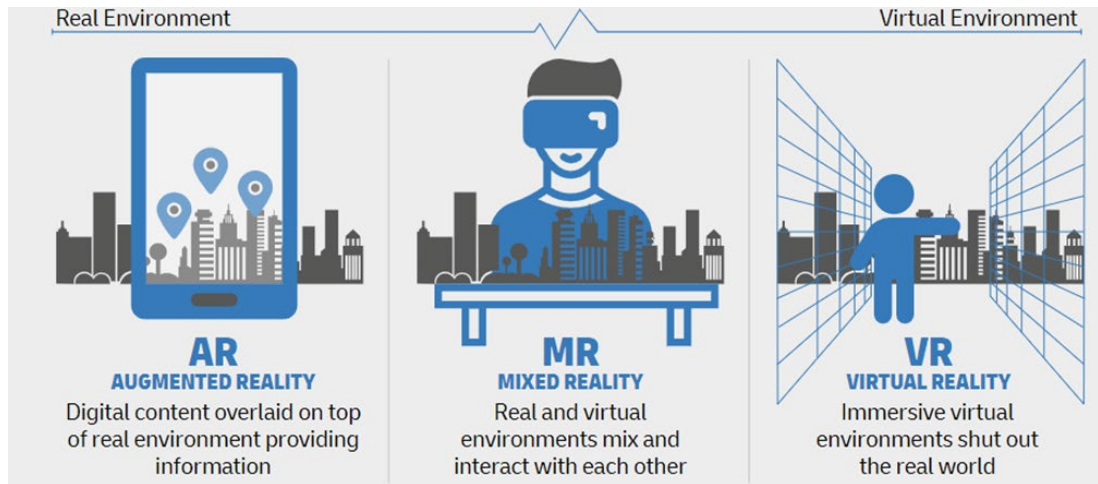
10 AR-, VR- JA MR-TEKNOLOGIOIDEN MERKITYS LOGISTIIKASSA

Lisätyn todellisuuden (Augmented Reality, AR), virtuaalitodellisuuden (Virtual reality, VR) ja yhdistetyn todellisuuden (Mixed Reality, MR) teknologiat tarjoavat ainutlaatuisia mahdollisuuksia parantaa toimitusketjun prosesseja ja tehdä niistä tehokkaampia, turvallisempia ja kannattavampia. Virtuaalitodellisuus luo täysin virtuaalisen ympäristön, jossa käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa virtuaalisten esineiden kanssa. Lisätyn todellisuuden avulla virtuaaliset kohteet voidaan upottaa reaalimaailmaan, ja syntyy yhdistetty todellisuus, jossa fyysinen ympäristö yhdistyy virtuaalisiin elementteihin. Yhdistetty todellisuus on ainoa virtuaalisen ja lisätyn todellisuuden yhdistelmä, jossa virtuaaliset esineet

voivat olla vuorovaikutuksessa reaali maailman kanssa. (DHL Trend Research 2023, 113–115.)

Varastohallinnan strategia on epäilemättä yksi yrityksen toimitusketjun tehokkuuden keskeisistä tekijöistä. Lisätyn todellisuuden sovelluksia voidaan soveltaa varastohallinnan eri osa-alueille, kuten vastaanottoon, varastointiin, tilausten keräämiseen ja lähetykseen. Tilauksien keräämisen prosessin optimointi on yksi suosituimmista lisätyn todellisuuden sovelluskohteista logistiikassa. Yksi suosituimmista lisätyn todellisuuden sovelluksista logistiikassa on "Pick-by-Vision" -menetelmä, jossa käytetään erityisiä AR-laseja tilausten keräilyprosessin tehostamiseksi. AR-lasit mahdollistavat varaston työntekijöiden nähdä tuotetiedot reaaliajassa, mikä vähentää virheiden mahdollisuutta ja lisää tilausten keräämisen tarkkuutta. "Pick-by-Vision" on yksi logistiikka-alan suosituimmista lisätyn todellisuuden sovelluksista ja se voi merkittävästi parantaa tilausten keräilytehoa ja tarkkuutta verrattuna perinteiseen "Pick-by-Paper" -menetelmään. Lisäksi lisätyn todellisuuden sovellukset voivat myös auttaa varastohallinnassa antaen tietoa tilaustarpeista ja varastotilanteesta. (Görçün & İyigün 2022, 140–144.)

Viime vuosina AR- ja VR-tekniikoiden jatkuvan kehityksen myötä on alkanut kehittyä myös yhdistetty todellisuus (MR), joka on laajennetun todellisuuden (Extended Reality, XR) uusi muoto. Kuvassa 14 nähdään, että MR on AR:n ja VR:n risteyskohdassa. Toisin kuin AR, MR ei ainoastaan lisää virtuaalisia elementtejä reaali maailmaan vaan integroi ne fyysiseen ympäristöön, jolloin virtuaalinen sisältö voi olla vuorovaikutuksessa fyysisten objektien kanssa. Esimerkiksi virtuaaliset tavarat voivat näyttää liikkuvan todellisen varaston kuljettimen päällä. MR-tekniikka mahdollistaa käyttäjille ei ainoastaan virtuaalisten objektien tarkastelun, vaan myös niiden yhteisen vuorovaikutuksen, avaten lukuisia mahdollisia käyttötapoja, joita on vielä tutkittava. Toisin kuin VR, MR säilyttää yhteyden myös todelliseen maailmaan, mikä mahdollistaa käyttäjille tietoisuuden fyysisestä ympäristöstään ja vuorovaikutuksen sisäänrakennettujen virtuaalisten elementtien kanssa erityisen laitteiston avulla. (DHL Trend Research 2023, 113–115.)



Kuva 14. Todellisuuden ja virtuaalisuuden jatkumo tarjoaa käyttäjille laajan valikoiman kokemuksia. (DHL Trend Research 2023, 114)

Kuvassa 14 on yhteenveto virtuaali- ja lisätyn todellisuuden käsitteistä. Se selkeyttää samankaltaisten käsitteiden väliset erot.

11 3D-TULOSTAMINEN (3DP)

Taulukossa 7 näkyvät tietokannat, termit ja hakutulokset sekä tekstissä käytetyt aineistot.

Taulukko 7. 3D-tulostaminen - tiedonhakuprosessi

Tietokanta	Hakusanat	Haun tulokset	Abstraktitasolla tarkastellut	Kokotekstinä tarkastellut	Tutkimuksessa käytetyt
Google Scholar	3D printing in logistics	85600	8	5	5
Google	Companies that use 3d printing	391^6	3	2	2
Alan kirjallisuus	3D-tulostaminen	-	-	3	2
Kaakkuri.fi	3D tulostus	13	7	0	0
Yhteensä		100 milj.+	18	10	9

3D-tulostamisesta on tulossa yhä enemmän käytetty metodi tuotannossa. Taulukosta 7 nähdään hakutulosten suuri määrä nimenomaan logistiikkaan

yhdistettynä. Logistiikan alalla 3DP:n ajatellaan olevan nouseva trendi, jolla voi olla suuri vaikutus tulevaisuuden logistiikkapalveluissa. Teknologiaan liittyviä mahdollisuuksia ja puutteita ovat tärkeimpänä 3D-teknologian vaikutus toimitusketjuissa, ja varaosien luomisessa sekä muutamat yksittäiset teoriat yrittäjien keskuudessa teknologian vaikutuksesta nykylogistiikkaan. Tiedot perustuvat alan kirjallisuuteen, tutkimuksiin ja artikkeleihin.

11.1 Mitä on 3D-tulostaminen?

3DP:hen luotiin alun perin automatisoiduksi metodiksi erilaisten prototyyppien luomiseksi avaruus- ja autoteollisuudessa. 3D-tulostamiseen liittyy muutamia kilpailevia teknologioita, mutta suurin osa toimii rakentamalla materiaaleista, kuten muovista, keramiikasta tai metallijauheseoksista kerroksia käyttämällä tietokoneohjelmistoa ohjaamaan rakentamista. Kysymyksessä on siis ”additiivinen” teknologia, kerroksia lisätään päällekkäin, kunnes tuloksena on kolmiulotteinen tuote. Perinteisessä reduktiivisessa tuotannossa materiaalia poistetaan jonkin kappaleen, kuten teräskappaleen päältä tuotteen valmistamiseksi; tämä prosessi on usein kalliimpi, kestää kauemmin ja tuottaa usein paljon enemmän hukkaa kuin additiivinen teknologia. Merkittävänä kysymyksenä on se, voidaanko 3D-tulostaminen tuoda tuotteiden massavalmistukseen mukaan taloudellisesti kannattavalla tavalla. (Manners-Bell & Lyon 2012.)

11.2 3D-tulostaminen nykykäytössä

3D-tulostaminen on nähty hyödyllisenä työkaluna niin yksityishenkilöille kuin yrityksillekin. Monet yritykset ovat ottaneet 3DP:n mukaan tuotantolinjoihinsa. Yhtenä esimerkkinä Mercedes-Benz ilmoitti vuonna 2016 käyttävänsä 3D-tulostettuja varaosia linja-autoissaan (3D-printed parts in series production 2019.) Myös muun muassa suuryritykset General Electric, Nikon ja BMW ovat ottaneet 3DP:n osaksi toimintaansa. 3DP tarjoaa laajan skaalan mahdollisia käyttökohteita, yksittäisistä uniikeista tuotteista globaaliin massavalmistukseen. Tuotteiden laaja kustomointimahdollisuus onkin 3DP:n valttikortti. Eräs kehittyneimmistä 3D-markkinoista liittyy proteesien ja terveydenhuollon tuotteiden kehittämiseen (A printed smile 2016). Myös esimerkiksi Adidas ja Nike tarjoavat nettisivuillaan työkaluja kenkien kustomointiin yksilölle sopiviksi tai terveydelliset parametrit täyttäväksi 3D-tulostamista hyödyntäen (Vincent

2017). 3D-tekniikan käytön implikaatiot annetuissa esimerkeissä merkitsevät lyhyempiä tuotantoaikoja, pienempiä varastomääriä ja logistiikan palvelujen parantumista.

11.3 3D-tekniikka logistiikassa

3D-tekniikka voi nousta tärkeään rooliin, jos globaalit toimitusketjut häiriintyvät mistä tahansa syystä; tekniikka laajasti käytettynä voi vähentää riippuvuutta pitkän matkan kuljetuksista tai keskittyneistä tuotantopaikoista. On tärkeää silti mainita, ettei tekniikka vielä nykymuodossaan voi korvata yleisten tuotteiden massatuotantopaikkoja. Tästä huolimatta 3DP on silti varteenotettava kandidaattitekniikka yrityksille kilpailuetua ja logistiikan palveluja ajatellen sekä erityisesti toimitusketjujen toimivuuteen ja joustavuuteen. Erityisesti varaosien nopea saatavuus logistiikkapalveluihin liittyviin koneisiin ilman, että osia täytyy pitää suurta määrää varastossa, on tärkeä osa 3DP:n hyödyntämistä. 3DP voi myös olla hyödyksi ennen varsinaisen tuotannon aloittamista. Tuotteiden suunnittelussa tekniikasta on apua muun muassa virheiden havaitsemisessa ja näin voidaan vähentää tuotantokustannuksia taloudellisesta näkökulmasta. (Shahrubudin ym. 2019.)

3DP:tä käyttämällä on mahdollista tarjota tuotantopaikoilla oikeat resurssit juuri silloin kun niitä tarvitaan, paikan päällä, ilman pitkittynyttä tuotantoaika. Logistiikan vaihtuvassa maailmassa 3DP:n mahdollisuus muuttaa niin lopputuotteen tuotantotapaa kuin logistiikan palvelujen toimintatapaa ei voi aliarvioida. Muiden modernien tekniikoiden, kuten IoT:n, yhdistäminen 3D-tekniikkaan tarjoaa arvoa asiakkaan lisäksi myös yritykselle: yritys voi lisätä arvoaan tarjoamalla useaa eri tapaa tuotantoon, tuotenimikkeiden lukumäärään ja valmistuspaikkaan. Näissä tapauksissa 3DP mahdollistaa logististen prosessien toimivuuden eri tavoin, arvoltaan optimaalisimpana yritykselle. (Wieczorek 2017.)

12 BIG DATA JA PILVIPALVELUT

Big Data- ja pilvipalvelutekniikka toimii käytännössä saumattomasti enemmän muiden uusien tekniikoiden alaisuudessa, kuin niiden rinnalla. Kaikki tässä tutkimuksessa käsitellyt tekniikat käyttävät pilvipalveluita enemmän

tai vähemmän jatkuvasti, sillä infrastruktuurina se mukautuu tehokkaasti modernien teknologioiden tarpeisiin (Ercan 2017).

"Big data" on termi suurille, monimutkaisille ja nopeille tiedoille, joita ei voi käsitellä perinteisin tavoin. Nämä tiedot voivat tulla eri lähteistä, kuten liiketoiminnasta, älykkäistä IoT-laitteista ja sosiaalisista verkostoista. Tällaiset tiedot voivat auttaa yrityksiä tekemään parempia päätöksiä ja kehittämään uusia tuotteita. Big data tunnetaan 5V:n mukaan: datan määrä (volume), datan kasvunopeus (velocity), datan monimuotoisuus (variety), datan arvo (value) ja datan luotettavuus (veracity). Tilavuus liittyy suureen tietomäärään. Nopeus liittyy siihen vauhtiin, jolla tiedot saapuvat ja niitä käsitellään. Määrä liittyy erilaisiin tietotyyppihin, jotka voidaan kerätä. Arvo liittyy siihen, kuinka hyödyllisiä nämä tiedot voivat olla liiketoiminnalle. Luotettavuus liittyy tietojen tarkkuuteen ja luotettavuuteen, jotka voidaan kerätä. (Moslemi 2021,11–13.)

Datan määrää mitataan yksiköissä kuten gigatavuina, teratavuina ja tavuina. Datan tyyppi (teksti, kuvat, ääni, video) vaikuttaa sen analysointiin. Data voi olla strukturoitua, strukturoimatonta tai puolistrukturoitua. Datan käsittely on välttämätön tehtävä Big data -järjestelmissä. Koneoppiminen on tärkeää strukturoidulle datalle ja siihen liittyy ongelmanratkaisua algoritmien ja itseoppivien mallien avulla. Koneoppimisprosessiin kuuluu tietojen kerääminen, esikäsittely, algoritmin valinta, tietokokonaisuuksien tuottaminen, mallintaminen ja ennusteiden testaaminen. (Görçün & İyigün 2022, 49–52.)

Big data aiheuttaa riskin tietosuojalle, koska suuri datamäärä ja sen monimuotoisuus sekä luomisen nopeus voivat lisätä tiedon vuotamisen riskiä. Lisäksi Big Datan käyttö voi johtaa yksityisyyden suojan loukkauksiin. Lohkoketju voi olla ratkaisu Big datan ongelmiin, jotta käyttäjille voidaan tarjota palveluja vaarantamatta heidän yksityisyyttään. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa salauksen ja lisää luotettavuutta vähentämällä keskitetyn tahon hallinnoimaan prosessiin liittyviä riskejä. (Moslemi 2021,14–15.)

12.1 Big data -analytiikka

DHL Trend Researchin (2023, 85–88) mukaan big data -analytiikalla on suuri potentiaali tehostaa toimitusketjujen ja liiketoiminnan tehokkuutta nykyisen infrastruktuurin avulla lähes ilman muutoksia. Se voi auttaa logistiikkayrityksiä parantamaan asiakaspalvelun laatua ja asiakkaan polkua vahvistamalla brändiuskollisuutta. Big data -analytiikka voi myös auttaa logistiikkayrityksiä parantamaan tuottavuutta, optimoimaan nykyistä henkilöstömäärää ja hallitsemaan riskejä. Big data -analytiikassa erityisesti internetistä peräisin oleva jäsentymätön data on usein puhdistettava ja suodatettava, jotta se olisi riittävän laadukasta analysointia varten. Big data -analytiikka edellyttää dataa ja logistiikkayrityksen on määriteltävä, minkä tyyppiset tiedot ovat arvokkaita yritykselle, jonka jälkeen rakennettava asianmukaiset tiedonkeruuverkostot antureiden ja muiden tekniikoiden avulla.

Big datan käsittelyssä ilmenee seuraavia haasteita ja ongelmia:

- Tarve puhdistaa ja suodattaa strukturoimatonta dataa, jotta se olisi riittävän laadukasta analysointia varten.
- Tarve määrittää, minkä tyyppiset tiedot ovat yritykselle arvokkaita, ja rakentaa asianmukaiset tiedonkeruuverkostot antureiden ja muiden teknologioiden avulla.
- Tarve luoda vankka kyberturvallisuusinfrastruktuuri sellaisten tietojen suojaamiseksi, joilla voi olla suuri rahallinen arvo.
- Tiedon saapumisnopeus ylittää reilusti sen käsittelynopeuden, mikä voi johtaa viivästyksiin analyseissä ja päätöksenteossa.
- Ison tietomäärän käsittely vaatii suuria määriä laskentatehoa ja voi olla kallista. (DHL Trend Research 2023, 85–88.)

12.2 Cloud Computing (Pilvilaskenta ja Pilvipalvelut)

Tietokoneiden laskentatehon vieminen pilveen on teknologia, jonka tavoitteena on tarjota luotettavaa ja räätälöityä palvelua loppukäyttäjälle. Pilvilaskennan termi *Cloud Computing* alkoi ilmestyä käyttöön vuoden 2007 tienoilla, kuten kuvassa 15 Google Trends kertoo:



Kuva 15. Pilvipalvelut (Google Trends 2023)

Kuva 15 näyttää miten pilvipalveluista on tullut monella alalla kuuma puheenaihe, sillä dynaamisten IT-infrastruktuurien ja säädettävien ohjelmistopalvelujen tarjoamat edut kiinnostavat monia yrityksiä. Tunnetuimpia pilvilaskennan suurprojekteja ovat esimerkiksi IBM:n Blue Cloud ja Amazon Elastic Compute Cloud (Schonfeld 2007; Amazon EC2 s.a.). Kirjoitushetkellä pilvilaskennasta tulee jatkuvasti dominoivampi voima markkinoilla. Pilvilaskenta on trendinä voimakkaassa kasvussa ja yritykset haluavat käyttää termiä markkinoinnissaan. Tutkitaan ilmiötä eri näkökulmista, kuten määritelmistä, ominaisuuksista ja teknologisesta potentiaalista logistiikan palveluissa.

12.3 Pilvipalveluiden rooli teknologioissa

Wang ym. (2007) mukaan alussa pilvilaskennalle ei löytynyt yhtä määrättyä hyväksyttyä määritelmää, sillä teknologian kehittäjät ja insinöörit tulivat usein eri taustoista, kuten ohjelmoinnin, tietokantapalvelujen tai Grid-laskennan parista.

Pilvilaskenta on yksinkertaisimmillaan tietokonearkkitehtuuriin liittyvä filosofia ja designkonsepti; perusideana on erotella ohjelmisto, käyttöjärjestelmä ja laitteisto toisistaan. Jos jokin osa pettää tai joutuu esimerkiksi virusyökkäyksen kohteeksi, pilvilaskennan avulla voidaan vain vaihtaa palvelinta käyttämällä

virtualisointitekniologiaa ja näin tehtäessä välttyä koko järjestelmän sulkemiselta. Fyysiset palvelimet voivat ajaa montaa virtuaalista palvelinta kerralla, ja käyttäjällä voi olla monta virtuaalista instanssia kerrallaan käynnissä. (Ercan 2010.)

Youssefin ym. (2008) mukaan pilvipalvelut voidaan nähdä ennemminkin uutena konseptina ja kehitysaskeleena teknologiassa kuin täysin uutena innovaationa: tutkijat näkevät teknologian jo olemassa olevien komponenttien koelmana. National Institute of Standards and Technology (NIST) (2011) näkee pilvipalvelut omanlaisena arkkitehtuurina, joka käyttää olemassa olevia palveluja ja käytäntöjä, jotka integroidaan muihin teknisiin osiin ja ohjelmistoihin. Koska perinteinen, jaettu laskenta-arkkitehtuuri, ei kykene tarjoamaan joustavaa, dynaamista ja helposti skaalautuvaa tapaa käyttää tai nostaa prosessointinopeutta, monet yritykset ovat muuntautumassa pilvipalvelujen käyttäjiksi saadakseen valtavan datan säilömkapasiteetin ja tasapainoisen prosessoinnin niin tehon kuin energiankulutuksen näkökulmasta. (Youssef ym. 2008.)

Pilvipalvelut ovat monille yrityksille edullinen tapa ylläpitää IT-arkkitehtuuria. Manuaalista ihmistyövoimaa ei tarvita infrastruktuurin ylläpitämiseen. Tämä auttaa organisaatioita esimerkiksi suuren yritystoiminnan tehtävän suorittamisessa, sillä pilvilaskentatehoa voidaan vuokrata lyhyeksi ajaksi toimen suorittamiseksi ja tämän jälkeen yritys voi keskittyä vaikkapa innovaatioihin ja tuotekehitykseen. Pilvipalveluja tarjoavat yritykset laskuttavat jokaisen käytetyn instanssin tai tilauksen mukaan, jolloin myös läpinäkyvyys IT-arkkitehtuurin rahoituksessa paranee ja toiminnan aloittaminen on nopeaa (Vaquero ym. 2008, 50–55.)

Esimerkkinä pilvipalvelujen hyvästä skaalautuvuudesta ja tehokkuudesta New York Times muutti 11 miljoonaa artikkeliaan PDF-tiedostoiksi vuokraamalla Amazonin EC2-palvelimia yhden päivän ajaksi. Tämä toimi olisi ilman pilvilaskentaa voinut kestää viikkoja tai jopa kuukausia. (Gottfrid 2007.)

Kaikki tässä tutkimuksessa käsittelemämme teknologiat käyttävät pilvipalveluita osana toimintamekanismejaan.

POHDINTA

Tässä osiossa käymme läpi tutkimuksen tavoitteet ja miten arvioimme niiden saavuttamisen. Kuvailevassa, laadullisessa kirjallisuuskatsauksessa myös tutkimuksen luotettavuus tulee arvioida: onko tietoperustaa käytetty ajankohtaisella tavalla, ja ovatko käytetyt lähteet tarpeeksi kattavat ja monipuoliset tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi. Arvioimme siis sitä, kuinka luotettavaa annettu informaatio on ja soveltuuko tutkimuksemme lähteeksi muille sidosryhmille. Lopuksi käydään läpi suurpiirteisesti johtopäätökset tutkimuksesta, ja millaisia jatkotutkimuskysymyksiä voisi soveltaa tämän työn pohjalta.

12.4 Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvailla modernia ja tulevaa teknologiaa, ja miten sitä voidaan käyttää hyväksi logistiikassa ja yritysmaailmassa käytännön esimerkkien avulla. Aihealueen laajuuden vuoksi rajasimme logistiikkatoimijoiden trendityökalujen avulla käsiteltäväksi tutkimuksessa esitellyt teknologiat. Toimme esiin teknologioiden nykykäytön ja tulevaisuuden mahdollisuudet käytännön esimerkeillä. Teoreettisten osuuksien tavoite oli perehdyttää lukija ymmärtämään käsiteltävät teknologiat kokonaisvaltaisesti, jotta käytännön esimerkit olisivat helposti ymmärrettäviä.

Uskomme tällä tutkimuksella näyttäneemme toteen väitteen modernien teknologioiden suuresta potentiaalista niin yritysmaailmassa kuin yhteiskunnallisestikin. Tavoite saavutettiin teorian ja käytännön esimerkkien avulla. Huomattiin, että usein teknologiat nitoutuvat yhteen sellaisella tavalla, että niitä voi olla hankala enää käsitellä toisistaan erillisinä teknologioina. Esimerkiksi IoT-teknologia voi käyttää hyväkseen tekoälyä, pilvipalveluja, robotiikkaa ja lohkoketjua, ja näin voi sanoa myös jokaisesta muusta tutkimuksessa käsitellystä teknologiasta. Voidaan sanoa, että koko ihmiskunnan näkökulmasta elämme murrosaikaa, ja tähän viitattiinkin tutkimuksessa uutena teollistumisen aikakautena. Kun aiemmin historiassa yksittäiset keksinnöt mullistivat maailmaa, nyt näitä keksintöjä on jatkuvasti enemmän ja useimmat toimivat yhteistyössä

toistensa kanssa ainakin jollakin tasolla. Tekoälyn kaltaisten teknologioiden tulevaisuudenkuvaa on äärimmäisen vaikea ennustaa, muutoin kuin että sen vaikutus tulee olemaan merkittävä.

12.5 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkimuksen luotettavuuden arvioimiseksi on arvioitava tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti. Validiteetti kertoo tutkimuksen pätevydestä: onko tutkimus tehty sellaisella tavalla, että tietoperustaa on käytetty perusteellisella tavalla hyväksi, ja ovatko saadut johtopäätökset päteviä niin, että tutkija on ymmärtänyt asioiden keskinäiset suhteet ja korrelaatiot oikein lähdemateriaalista. Pätevyyttä voidaan arvioida myös niin, kuinka hyvin tutkijoiden omat konstruktiot ovat linjassa tutkittavien tuottamien konstruktioiden suhteen, ja kuinka hyvin tutkija on onnistunut välittämään nämä konstruktiot tutkimuksen lukijoille. On tärkeä muistaa, ettei tutkimus voi koskaan välittää tutkittavia ilmiöitä lukijoille sataprosenttisesti niin, miten ne ovat tutkijoille ilmenneet. Näin ollen täydellistä ymmärrystä näiden sidosryhmien kesken ei voida koskaan saavuttaa. (Validiteetti s.a.)

Tutkimuksen reliabiliteettia voidaan pohtia seuraavien kysymysten avulla: onko tutkimuksessa käytettävissä metodeissa otettu huomioon metodin luotettavuus ja johdonmukaisuus esimerkiksi kysymysasettelussa, onko tutkimuksen ajallinen luotettavuus eli havaintojen pysyvyys muuttuva ja missä mitta-kaavassa, ja onko eri menetelmillä saatujen tulosten johdonmukaisuus vaihtelevaa, ja minkä vuoksi näin on. Näitä ongelmia voi ratkaista käyttämällä tekstin analysoinnissa standardisoituja menetelmiä, avattuja kategorisointeja ja toisten tutkijoiden kanssa yhdenmukaisia käytäntöjä. Tutkimuksen luonne ja aihe vaikuttavat tutkimuksen reliabiliteettiin, ja vaikutuksen taso on tutkijan yritettävä kappaleessa pohdituilla menetelmillä saada selville. (Reliabiliteetti s.a.)

Kun lähdimme arvioimaan tämän tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia laadullisesta näkökulmasta, aloitimme tutkimuksen metodologiasta. Lähtökohdiana kuvaileva, laadullinen tutkimustapa sopi hyvin yhteen uusien teknologioiden esittelyssä. Tutkimuksen tavoitteena oli esitellä teknologiat ja antaa käytännön esimerkkejä niiden käytöstä kentältä, ja valitsimme teknologiat alan suurimpien toimijoiden trenditutkien mukaan. Näin toimien aineiston keruu oli

monipuolista ja sen analysointi suoraviivaista- ja käytännön esimerkit vahvistivat teoreettista puolta. Näin ollen metodologia sopi aineiston kuvaamiseen, analysoimiseen ja tulosten tulkintaan.

Tutkijoiden kultturelliset- ja teoreettiset lähtökohdat ja tutkijoiden vaikutus tutkimukseen huomioon otettaessa muistetaan seuraavat seikat: käytännön esimerkkejä ja teoriaa yhdistäessä ja niitä esittäessä syntyy tutkijalle luontainen pyrkimys hakeutua lähdeaineistoon, jossa tulos on ollut positiivinen kunkin käytetyn teknologian kohdalla. Sen vuoksi koimme aiheelliseksi korostaa myös teknologioiden uhkakuvia ja negatiivisia vaikutuksia, sekä nostaa myös näitä esiin. Tällä tavoin halusimme saada johtopäätökset mahdollisimman luotettaviksi ja objektiivisiksi.

Kokonaisuutetta arvioitaessa on otettava huomioon toisaalta aiheen laajuus, toisaalta käytännön esimerkkien suppeus. Jos tutkimus olisi rajattu vain yhteen teknologiaan, olisi ollut mahdollista käsitellä empiiristä tutkimusaineistoa enemmän, jolloin lukijalle olisi syntynyt kattavampi kokonaiskuva juuri sen teknologian yksityiskohdista. Halusimme kuitenkin esitellä laajempaa aineistoa, mutta suppeammalla tavalla, jotta lukija saa laajemman kokonaiskuvan kehittyvistä teknologioista yleisellä tasolla. Tässä koemme onnistuneemme hyvin.

Lähdeaineistona käytettiin monipuolisesti niin tieteellisiä julkaisuja kuin teknologioihin liittyviä artikkeleita ja kirjallisuutta. Tämän kaltaiseen laajaan tutkimukseen monipuolisen aineiston käyttö sopi hyvin, sillä pystyimme analysoimaan niin tieteellistä, empiiristä dataa kuin spekulatioihinkin perustuvaa materiaalia. Johtopäätökset pohjautuivat aina kuitenkin enemmän empiiriseen dataan kuin teoreettisiin mahdollisuuksiin.

12.6 Jatkotutkimuskysymyksiä

Näytimme toteen reaali maailman applikaatioita teoreettisen datan pohjalta laajalla skaalalla. Luonnollisesti jatkotutkimuksia voitaisiin tehdä erityisesti simulaatioihin perustuvien johtopäätösten varmistamiseksi, ja muita kysymyksiä voisi olla:

- Kuinka lohkoketju toimisi reaali maailmassa logistiikassa, ja mitkä olisivat sen suurimmat haasteet käyttöönotossa?
- Millaisella aikataululla voidaan todisteiden perusteella odottaa uuden teknologian ilmestyvän massakäyttöön?
- Millainen rahoitus pohja tarvitaan kunkin teknologian käyttöönotolle?
- Mitkä teknologiatrendit ovat ohimeneviä, millä niistä on parhaat mahdollisuudet murtautua läpi valtavirtaan ja millä perusteilla?
- Millaisia säädöksiä tekoälyä vastaan voidaan tulevaisuudessa asettaa?
- Miten sotateollisuus ja kahden käyttötarkoituksen kehittyneet teknologiat vaikuttavat yleiseen kehitykseen?

Jatkotutkimuskysymyksiä siis riittää, ja uudet teknologiat terminä jo itsearvoisesti sisältävät potentiaalin jatkotutkimukselle.

12.7 Pohdintaa tutkimustuloksista

Logistiikka on aina öljyn löytämisen ja käyttöönoton jälkeen ollut kärkipäässä aloista, joihin uusia teknologioita sovelletaan. Nykymaailmassa tehokkaan logistiikan vaikutus on niin merkittävä, että siitakin näkökulmasta alan täytyy olla suurten investointien kohde uusien teknologioiden käyttöönotossa. Tämä ei tietenkään tarkoita, että kaikki vaikutukset olisivat yksinomaan positiivisia. Modernit sodat ja niiden reaaliaikainen kuva- ja videomateriaali näyttävät uusien teknologioiden kääntöpuolen: äärimmäisen tarkat IoT-sensarit, dronet ja laskentatehon valjastus sodankäyntiin näyttää teknologian varjopuolen. Toisena varjopuolena voidaan jo nyt päätellä valvontayhteiskunnan lisääntyvän: suurkaupungit ovat täynnä kameroita ja sensoreita, jotka tekoälyä hyväksi käyttäen tarkkailevat ihmisten liikkeitä, ja esimerkiksi Kiinassa kasvojen tunnistus-algoritmien kohteeksi joutuu jo vaikkapa ruokakaupan ovella tietyillä alueilla. Luonnollinen kehityssuunta myös lännessä siirtynee tähän suuntaan, viimeistään ihmisten turvallisuudella perustellen, jos ei muutoin.

Koska maailmankaupan voidaan hyvin perusteella odottaa vain kasvavan, on logistiikalla johtava rooli kehittyvien teknologioiden käyttöönotossa. Asiakkaat ympäri maailman haluavat tuotteita enemmän ja nopeammin, ja tähän vaatimukseen uusilla teknologioilla pyritään vastaamaan. Tutkimuksessa havaittiin, että näiden teknologioiden käyttöönottoa logistiikassa tutkitaan kiihtyvään tahtiin niin matemaattisin perustein taloudellisen hyödyn näkökulmasta, kuin yhteiskunnallisten seikkojenkin perusteella. Yritykset myös kiihtyvään tahtiin

käyttävät hyväkseen ja kehittävät omaa teknologiaa kilpailuedun saavuttamiseksi sekä mainostavat ahkerasti omia teknologisia saavutuksiaan.

Saamme elää juuri nyt kehityksen kulta-aikaa, joten tulevaisuus lienee jännittävä monestakin eri näkökulmasta.

LÄHTEET

3D-printed parts in series production. 2019. Daimler Media. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.mercedes-benz-bus.com/en_DE/brand/omni-bus-magazin/omniplus-3d-printed-spare-parts.html [viitattu 16.9.2023].

Acropolium. 2023. Top logistics technology trends reshaping the industry in 2023. WWW-Artikkeli. Saatavissa: <https://acropolium.com/blog/top-logistics-technology-trends/> [viitattu 29.10.2023].

A printed smile. 2016. The Economist. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.economist.com/science-and-technology/2016/04/28/a-printed-smile> [viitattu 16.8.2023].

Al-Aomar, R., Williams, E.J., Ulgen, O.M. 2015. Process Simulation Using WITNESS. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://books.google.hr/books?hl=fi&lr=&id=e61GCgAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PR17&dq=Process+Simulation+Using+WITNESS.&ots=WEUNA8wvD&sig=X8GxqwVbMox49w0Nc5ILXIWknf4&redir_esc=y#v=onepage&q=Process%20Simulation%20Using%20WITNESS.&f=false [viitattu 22.8.2023].

Amazon EC2. s.a. Amazon.com. WWW-Dokumentti. Saatavissa: <https://aws.amazon.com/ec2/> [viitattu 16.11.2023].

Anwar, M. 2019. Digitalization in Container Terminal Logistics: A Literature Review In: 27th Annual Conference of International Association of Maritime Economists. IAME, 141 (s. 1–25).

Asimov, I., 1942. Runaround. Astounding Science Fiction. New York.

Asimov, I., 1950. I Robot. First edition. Gnome Press. New York.

Asimov, I., 1985. Robots and empire. Doubleday, Garden City.

Automatic Guided Vehicles. 2023. Automatic Systems, Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.asi.com/automatic-guided-vehicles-carts-agv-agc/> [viitattu 2.5.2023].

Bai, C., Du, C., Song, Y. & Zhou, L. 2019. An Internet of Things based COPD managing system: Its development, challenges and first experiences. Clinical eHealth. Volume 2. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2019.05.001> [viitattu 14.8.2023].

Baozhuang, N., Dong, J. & Liu, Y. 2021. Incentive alignment for blockchain adoption in medicine supply chains. Sciencedirect.com. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102276> [viitattu 15.11.2023].

Bhutekar, M., Dhole, S., Ghadge, A., Kamble, D. & Kshirsagar, S. 2022. Automatic sorting machine based on barcode. International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. India. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jetir.org/papers/JETIRFP06038.pdf> [viitattu 2.5.2023].

Bitcoin kurssikehitys. 2023. Kalju kapitalisti. Päivittyvä WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kaljukapitalisti.fi/bitcoin-kurssi-reaaliajassa/> [viitattu 26.7.2023].

Blockchain. 2023. Wikipedia.org. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain> [viitattu 25.7.2023].

Boksan Nice. 2023. Emis.com. WWW-Dokumentti. Saatavissa: <https://www.emis.com/php/company-profile/KR/Boksan-Nice-Pharm-CoLtd-en-3520587.html> [viitattu 16.11.2023].

Boers, E.J.W., Kok, J.N., Kusters, W.A. & Puttem, P. s.a. Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases. Encyclopedia of Life Support Systems. Leiden Institute of Advanced Computer Science. Alankomaat. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.eolss.net/ebooklib/ebookcontents/e6-44-themecontents.pdf> [viitattu 28.3.2023].

Caceres, J., Lindner, M., Rodero-Merino, L. & Vaquero, L. M. 2008. A break in the clouds: towards a cloud definition. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 39, no. 1. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/1496091.1496100> [viitattu 16.8.2023].

Chen, Z. & Huang, L. 2021. Digital twins for information-sharing in remanufacturing supply chain: A review. Elsevier B.V. Energy. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.4.2022. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119712> [viitattu 12.2.2023].

Choi, T. 2019. Data quality challenges...Sciencedirect.com. Tieteellinen julkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.09.019> [viitattu 15.11.2023].

Coeckelbergh, M. & Pietiläinen, K. 2021. Tekoälyn etiikka. Helsinki: Terra Cognita.

Cold chain and logistics management. 2022. WHO-opas. Saatavissa: <https://www.who.int/docs/default-source/searo/india/publications/immunization-handbook-107-198-part2.pdf> [viitattu 30.10.2023].

Corday, R. 2014. The evolution of assembly lines: A brief history. Robots. Association. WWW-dokumentti. Päivitetty 24.4.2014. Saatavissa: <https://robot-hub.org/the-evolution-of-assembly-lines-a-brief-history/> [viitattu 14.3.2023].

Gottfrid, D. 2007. Self-Service, Prorated Supercomputing Fun! The New York Times WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://open.blogs.nytimes.com/2007/11/01/self-service-prorated-super-computing-fun/> [viitattu 23.8.2023].

Eliaçık, E. 2022. Artificial Intelligence vs. Human Intelligence: Can a game-changing technology play the game?. Artificial Intelligence, Data Science. WWW-dokumentti. Päivitetty 20.4.2022. Saatavissa: <https://dataconomy.com/2022/04/20/is-artificial-intelligence-better-than-human-intelligence/> [viitattu 12.2.2023].

Ercan, T. 2010. Effective use of cloud computing in educational institutions. Scencedirect.com. Tieteellinen julkaisu. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.130> [viitattu 16.11.2023].

EU AI Act: first regulation on artificial intelligence. 2023. European Parliament. Verkkolehti. Päivitetty 14.6.2023. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence> [viitattu 4.7.2023].

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/679.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) COM/2021/206 final.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) COM/2023/369 final.

Euroopan parlamentin päätöslauselma 2018/C 252/25.

EU Markets in Cryptoassets (MiCA) Regulation: What is It and why Does It Matter? 2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.bbva.com/en/innovation/eu-markets-in-cryptoassets-mica-regulation-what-is-it-and-why-does-it-matter/> [viitattu 27.7.2023].

Exoskeleton Suits for Warehouse Workers. 2023. Warehouse.ninja. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.2.2023. Saatavissa: <https://warehouse.ninja/exoskeleton-suits-for-warehouse-workers/> [viitattu 28.2.2023].

Frankenfield, J. 2022. Mining Pool: Definition, How it Works, Methods And Benefits. Investopedia.com. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.1.2022. Saatavissa: <https://www.investopedia.com/terms/m/mining-pool.asp> [viitattu 25.7.2023].

Fuc, P., Kurczewski, P., Lewandowska, A., Nowak, E., Selech, J. & Ziolkowski, A. 2016. An environmental life cycle assessment of forklift operation: A well-to-wheel analysis. International Journal of Life Cycle Assessment, 21(10), s. 1438–1451.

Grance, T. & Mell, P. 2011. NIST Definition of Cloud Computing, NIST Special Publication 800–145. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145> [viitattu 16.8.2023].

Görçün, Ö.F. & İyigün, İ. 2022. Logistics 4.0 and Future of Supply Chains. Kıymet Tunca Çalıyurt. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültes. Trakya University Balkan Yerleskesi. 1. Edition. Turkey: Springer.

Guo, X., Mo, B., Wang, Q., Winkebach, M. & Zhao, J. 2023. Predicting drivers' route trajectories in last-mile delivery using a pair-wise attention-based pointer neural network. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org.ezproxy.xamk.fi/10.1016/j.tre.2023.103168> [viitattu 30.8.2023].

Gülen, K. 2022. Round Table: Will there be a global consensus over AI regulation?. Dataconomy Media GmbH. Verkkolehti. Saatavissa: https://dataconomy.com/2022/10/artificial-intelligence-laws-and-regulations/#Artificial_intelligence_laws_and_regulations [viitattu 29.3.2023].

Hagren, O. & Nilsson, W. 2023. Environmental Impact from an AGV system. Master's Thesis in Industrial Ecology and Sustainable Energy Systems. Department of. Technology Management and Economics. Chalmers University of Technology. Report No. E2023:112.

Hamet, P. & Trembleay, J. 2017. Artificial intelligence in medicine. Metabolism. Elsevier Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011> [viitattu 2.5.2023].

He, A., Bae, K.K., Newman, T.R., Gaeddert, J., Kim, K., Menon, R., MoralesTirado, L., Zhao, Y., Reed, J.H. & Tranter, W.H. 2010. A survey of artificial intelligence for cognitive radios. IEEE Transactions on Vehicular Technology. Verkkolehti. Päivitetty 4.5.2010. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/TVT.2010.2043968> [viitattu 21.2.2023].

Helsingin yliopisto. 2023. Mitä yhdistetty todellisuus (Mixed Reality, MR) on ja mitä eri teknologioita se kattaa?. Teknologiateollisuus – opas yhdistetyn todellisuuden teknologioiden hyödyntämiseen teknologiateollisuudessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.helsinki.fi/fi/tutkimusryhmat/mixed-reality-hub/teknologiateollisuus#section-63566> [viitattu 21.2.2023].

Honda Debuts New Humanoid Robot "ASIMO". 2002. Honda Motor Co., Ltd. WWW-dokumentti. Julkaisu 20.11.2000. Saatavissa: <https://global.honda/newsroom/news/2000/c001120b-eng.html#:~:text=Tokyo%2C%20November%20%2C%202000%2D%2D%2D,human%2Dlike%20ability%20to%20walk>. [viitattu 28.2.2023].

How are transaction fees determined? 2023. River.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://river.com/learn/how-bitcoin-fees-work> [viitattu 25.7.2023].

How does blockchain work? s.a. Stanford online. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://online.stanford.edu/how-does-blockchain-work> [viitattu 26.7.2023].

Huynh, T.L.D. 2022. When Elon Musk Changes his Tone, Does Bitcoin Adjust Its Tune?. Comput Econ Tutkimus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10614-021-10230-6> [viitattu 27.7.2023].

Intel Corporation. s.a. Smart Roads Start with Smart Infrastructure. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.intel.com/content/www/us/en/transportation/smart-road-infrastructure.html> [viitattu 21.2.2023].

IoT Telenor. 2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://iot.telenor.com/offering/> [viitattu 8.8.2023].

Javid, M., Haleem, A., Rab, S., Singh, R.P. & Suman, R. 2021. Blockchain technology applications in healthcare: An overview. Tieteellinen tutkimus. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2021.09.005> [viitattu 15.11.2023].

Johansson, P. E., Eerola, M., Innanen, A., Viitala, J. & Alasaarela, M. 2019. Lohkoketju: Tiekartta päättäjille. Helsinki: Alma Talent Oy.

Juhila K. s.a. Laadullinen tutkimus ja teoria. Tietoarkisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullinen-tutkimus-ja-teoria/> [viitattu 20.10.2023].

Kallio, A. & Kolari, J. 2023. Tekoäly 123: Matkaopas tulevaisuuteen. Jyväskylä: Docendo.

Kokko, J. 2023. Mitä on robotiikka?. Pohjois-Pohjanmaan hyvinvointialue. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.1.2023. Saatavissa: <https://pohde.fi/ajankoh-taista/uutiset/mita-on-robotiikka/> [viitattu 12.2.2023].

Kuinka AS/RS-järjestelmä toimii. 2019. Shanghai Calin Logistiikka Laitteet Co. WWW-dokumentti. Päivitetty 20.4.2022. Saatavissa: <http://fi.calin-rack.com/info/how-as-rs-system-works-39619763.html> [viitattu 12.2.2023].

Kumar, D., Singh, R., Mishra, R. & Samba, W. 2022. Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: A systematic literature review and future research directions. Computers & Industrial Engineering, Volume 171. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108455> [viitattu 14.8.2023].

Kuutti, W. 2017. Kryptovaluutat ja lohkoketjut, mahdollisuus vai uhka? BoD – Books on Demand, Helsinki, Suomi.

Lester, D.E. 2012. Stanford Cart. Stanford University. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://web.stanford.edu/~learnest/sail/oldcart.html> [viitattu 24.2.2023].

Li, Q., Pogromsky, A., Adriaansen, T. & Udding, J. T. 2016. A control of collision and deadlock avoidance for automated guided vehicles with a fault-tolerance capability. International Journal of Advanced Robotic Systems, 13(2), 64.

Liang, T. & Wang, H. 2020. Consumer decision-making and smart logistics planning based on FPGA and convolutional neural network. Microprocessors and Microsystems. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi-org.ezproxy.xamk.fi/10.1016/j.micpro.2020.103628> [viitattu 30.8.2023].

M2Cloud: creating the next generation of pharmaceutical supply chains in South Korea. 2023. IoT Telenor. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://iot.telenor.com/iot-case/m2cloud_boksan-nice/ [viitattu 10.8.2023].

Manners-Bell, J. & Lyon, K. 2012. The Implications of 3-D Printing for the Global Logistics Industry. Transport Intelligence. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.reloaderalia.it/wp-content/uploads/2013/01/3d_printing_impact_on_global_logistics_industry.pdf [viitattu 16.8.2023].

Madiega, T. 2021. Artificial intelligence act. European Parliamentary Research Service. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI\(2021\)698792_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf) [viitattu 2.5.2023].

Mitä Bitcoinin louhinta tarkoittaa? 2023. Virtuaalivaluutta.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://virtuaalivaluutta.com/bitcoin-louhinta/> [viitattu 25.7.2023].

Mohsin, A. ym. 2017. IoT based cold chain logistics monitoring. Tieteellinen julkaisu. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ICPCSI.2017.8392059> [viitattu 16.11.2023].

Moslemi, S. 2021. Examining the Dimensions of Big Data Privacy (Block Chain Solution for Privacy Protection). Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran. International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences. WWW-dokumentti. Päivitetty 12.12.2021. Saatavissa: <https://doi.org/10.52547/ijmes.1.4.10> [viitattu 21.8.2023].

Määrällisen ja laadullisen tutkimuksen välinen ero. Surveymonkey.com. WWW-Artikkeli. Saatavissa: <https://fi.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/> [viitattu 27.10.2023].

Niranjan, K., Narayana, K.S. & Narasimha, R.2021.Role of Artificial Intelligence in Logistics and Supply Chain. MBA Department, Marri Laxman Reddy Institute of Technology and Management, Hyderabad, India. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ICCCI50826.2021.9402625> [viitattu 11.9.2023].

Ohje toiminnalliselle opinnäytetyölle. 2022. Haaga-Helia Ammattikorkeakoulu. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://haagahelia.contenthub.fi/NiboWEB/haagahelia/getPublicFile.do?uuid=11812758&inline=false&ticket=bc7b52099f41875da2b34c1ac1ab7121&type=original> [viitattu 25.9.2023].

Okeke, N. 2023. Generative AI: What is it? Benefits, Disadvantages & more. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.3.2023 Saatavissa: <https://targettrend.com/generative-ai/> [viitattu 20.5.2023].

Ollila, M. 2019. Tekoälyn etiikka. Helsingissä: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Ovington, T. 2023. The future of work: How adaptive AI will shape the digital workplace in 2023. Bloogi. Päivitetty 16.5.2023. Saatavissa: <https://www.walkme.com/blog/adaptive-ai/#what-is-adaptive-ai> [viitattu 20.5.2023].

Pireuksen satama. 2023. Wikipedia. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Pireuksen_satama [viitattu 8.8.2023].

Pitäisikö meidän tietää, miten tekoäly toimii?. s.a. Tekoälyn etiikka -kurssi. Helsingin yliopisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ethics-of-ai.mooc.fi/fi/chapter-4/2-what-is-transparency> [viitattu 25.4.2023].

- Product Lines. 2022. Siemens. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/> [viitattu 12.2.2023].
- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S. & Treiblmaier, H. Blockchain Technologies in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric Review. Logistics 2021, 5, 72. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/logistics5040072> [viitattu 14.8.2023].
- Reliabiliteetti. s.a. Kvalimotv. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. WWW-Dokumentti. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_2.html [viitattu 17.11.2023].
- Rouse, M. 2023. Artificial Intelligence. Techopedia – Finixio Ltd. London. WWW-dokumentti. Päivitetty 5.1.2023. Saatavissa: <https://www.techopedia.com/definition/190/artificial-intelligence-ai> [viitattu 12.2.2023].
- Pioneering research on the path to AGI. 2023. Openai.com. WWW-Dokumentti. Saatavissa: <https://openai.com/research/overview> [viitattu 24.10.2023].
- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatuskirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan Yliopiston julkaisu. s. 7–13. Saatavissa: https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf [viitattu 25.9.2023].
- Schonfeld, E. 2007. IBM's Blue Cloud is Web Computing by Another Name. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://techcrunch.com/2007/11/15/ibms-blue-cloud-is-web-computng-by-another-name/?guccounter=1> [viitattu 20.8.2023].
- SEC Press Release. 2023. SEC Charges Coinbase for Operating as an unregistered Securities Exchange, Broker, and Clearing Agency. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sec.gov/news/press-release/2023-102> [viitattu 27.7.2023].
- Shahrubudin, N., Lee, T.C. & Ramlan R. 2019. Overview on 3D Printing technology: Technological, Materials & Applications. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089> [viitattu 20.8.2023].
- Silenskyte, A. 2023. Blockchain technology offers immense possibilities. WWW-dokumentti. Päivitetty 06.03.2023. Saatavissa: <https://blogs.uwasa.fi/digitaleconomy/blockchain-technology-offers-immense-possibilities/> [viitattu 15.11.2023].
- Silk Road (marketplace). 2023. Wikipedia.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Silk_Road_\(marketplace\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Silk_Road_(marketplace)) [viitattu 25.7.2023].
- SPARC Robotics AISBL. 2023. About Sparc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://sparc-robotics.org/about/> [viitattu 2.5.2023].
- Syed, R. 2023. So sue me: Who should be held liable when AI makes mistakes?. Monash University Malaysia. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.3.2023.

Saatavissa: <https://lens.monash.edu/@politics-society/2023/03/29/1385545/so-sue-me-wholl-be-held-liable-when-ai-makes-mistakes> [viitattu 25.4.2023].

Talagala, N. 2022. AI Ethics: What It Is and Why It Matters. Päivitetty 31.5.2022. Forbes Media LLC. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/nishatalagala/2022/05/31/ai-ethics-what-it-is-and-why-it-matters/?sh=7ff5aa6d3537> [viitattu 28.3.2023].

Tang, Y.M., Kuo, W.T. & Lee, C.K.M. 2023. Real-time Mixed Reality (MR) and Artificial Intelligence (AI) object recognition integration for digital twin in Industry 4.0. Internet of Things. Volume 23. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100753> [viitattu 1.10.2023].

Terell H. K. & Wigmore, I. s.a. Gartner. TechTarget Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Gartner#:~:text=In%20summary%2C%20Gartner%20is%20a,right%20technologies%20for%20their%20operations.> [viitattu 2.5.2023].

The Logistics Trend Radar. 2023. Deutsche Post DHL Group. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html> [viitattu 2.5.2023].

The Logistics Trend Radar. 2023. DHL Trend Research. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/csi/documents/pdf/csi-logistics-trend-radar-6-dhl.pdf> [viitattu 21.8.2023].

Tsolakis, N., Zissis, D., Papaefthimiou S. & Korfiatis, N. 2022 Towards AI driven environmental sustainability: an application of automated logistics in container port terminals, International Journal of Production Research, 60:14, 4508–4528 Saatavissa: [10.1080/00207543.2021.1914355](https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1914355) [viitattu 14.8.2023].

Tuominen, H., Neittaanmäki, P. 2019. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia. Informaatioteknologian tiedekunta Jyväskylän yliopisto.

Tuwiner, J. 2023. Who Accepts Bitcoin? 9 Major Companies. Buybitcoinworldwide.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://buybitcoinworldwide.com/who-accepts-bitcoin/> [viitattu 25.7.2023].

UiPath robots. Accomplish more — with more intelligent software robots. 2023. UiPath Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.uipath.com/product/robots> [viitattu 10.3.2023].

Validiteetti. s.a. Kvalimotv. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. WWW-Dokumentti. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_1.html [viitattu 17.11.2023].

Valonen, T. 2022. Tekoälyjärjestelmät täytyy arvioida yhdenvertaisuuden näkökulmasta – tuore arviointityökalu tarjoaa uusia mahdollisuuksia siihen. Ministeriöt Helsinki. Yhdenvertaisuusvaltuutetun toimisto. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.9.2022. Saatavissa: <https://syrjinta.fi/-/tekoalyjarjestelmat-taytvy>

[arvioida-yhdenvertaisuuden-nakokulmasta-tuore-arviointityokalu-tarjoaa-uu-sia-mahdollisuuksia-siihen](#) [viitattu 25.4.2023].

Vincent J. 2017. Adidas reveals the first 3D-printed shoe it'll mass-produce. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.theverge.com/2017/4/7/15216724/adidas-3d-printed-sneaker-futu-recraft> [viitattu 20.8.2023].

Virtanen, J. 2022. Tekoälyt osana kyberhyökkäyksiä – miten kyberiskujen luonne muuttuu?. Alma Media Oyj. Tivi. Verkkolehti. Päivitetty 13.12.2022. Saatavissa: <https://www.tivi.fi/uutiset/tekoalyt-osana-kyberhyokkayksia-miten-kyberiskujen-luonne-muuttuu/432401f9-96f2-4c8c-ac2c-e91191aa4b99> [viitattu 14.3.2023].

Wahlström, M. 2021. Koneet, joilla pelastamme planeetan: älyteknologialla ilmastonmuutosta vastaan. Helsinki: Gaudeamus.

Wang, L., Laszewski, G., Younge, A., He, X., Kunze, M., Tao, J & Fu, C. 2010. New Gener. Comput. 28: 137. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s00354-008-0081-5> [viitattu 20.8.2023].

Waymo - Autonomous Driving Tech. 2022. Developer Student Clubs. Polytechnic University of Milan. Videoleike. Päivitetty 17.5.2021. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=goGp7RDBYEA&t=2357s> [viitattu 12.2.2023].

What Are Autonomous Mobile Robots? s.a. Intel Corporation. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.intel.com/content/www/us/en/robotics/autonomous-mobile-robots/overview.html> [viitattu 2.5.2023].

What is a neural network? s.a. IBM. IBM.com. WWW-Dokumentti. Saatavissa: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> [viitattu 25.9.2023].

What is "Proof of Work" or "Proof of Stake"? 2023. Coinbase.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-proof-of-work-or-proof-of-stake> [viitattu 27.7.2023].

What Is Cloud Mining in Crypto? 2023. Binance.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://academy.binance.com/en/articles/what-is-cloud-mining-in-crypto> [viitattu 25.7.2023].

What is Internet of Things? 2023. IBM. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things> [viitattu 10.8.2023].

Why you shouldn't use your personal PC for mining crypto. Webuyuseditequipment.com. WWW-Artikkeli. Saatavissa: <https://webuyuseditequipment.net/why-you-shouldnt-use-your-personal-pc-for-mining-crypto/> [viitattu 30.10.2023].

Wieczorek, A. 2017. Impact of 3D printing on logistics. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.21008/j.2083-4950.2017.7.5.5> [viitattu 21.8.2023].

William, M. The Drive for Autonomous Vehicles: The DARPA Grand Challenge. 2023. HeroX. Blogi. Saatavissa: <https://www.herox.com/blog/159-the-drive-for-autonomous-vehicles-the-darpa-grand#:~:text=Towards%20this%20end%2C%20DARPA%20established,first%20fully%20autonomous%20ground%20vehicles>. [viitattu 28.2.2023].

Youseff, L., Butrico, M. & Da Silva, D. 2008. Toward a unified ontology of cloud computing. IEEE, s. 1–10. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/GCE.2008.4738443> [viitattu 16.9.2023].

XMRig Documentation. s.a. Xmrig.com/docs/miner. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://xmrig.com/docs/miner> [viitattu 25.7.2023].

Zhang, L., Ling, J. & Lin, M. 2022. Artificial intelligence in renewable energy: A comprehensive bibliometric analysis. Energy Reports. Verkkolehti. Päivitetty 8.11.2022. Saatavissa: <https://doi.org.ezproxy.xamk.fi/10.1016/j.egy.2022.10.347> [viitattu 4.7.2023].

Zhu, Y., Cheng, J., Liu, Z., Cheng, Q., Zou, X., Xu, H., Wang, Y. & Tao, F. 2023. Production logistics digital twins: Research profiling, application, challenges and opportunities. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Verkkolehti. Päivitetty 28.5.2023. Saatavissa: <https://doi.org.ezproxy.xamk.fi/10.1016/j.rcim.2023.102592> [viitattu 11.7.2023].

Zissis, D., Saharidis, G., Aktas, E. & Ioannou, G. 2018. Emission reduction via supply chain coordination. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 62, s. 36–46.

KUALUETTELO

Kuva 1. Logistiikan Trendiseuranta. 2023. DHL.com. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html> [viitattu 27.7.2023].

Kuva 2. Gartnerin nousevien teknologioiden ja trendien vaikutusanturit. 2023. Gartner Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://em-temp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/articles/images/2023-gartner-emerging-technologies-and-trends-impact-radar.png> [viitattu 17.8.2023].

Kuva 3. Tekoälyn historia: merkittävät tapahtumat ja virstanpylväät. Kallio, A. & Kolari 2023. Tekoäly 123: Matkaopas tulevaisuuteen. Jyväskylä: Docendo.

Kuva 4. Riskien pyramidi. Madiega, T. 2021. Artificial intelligence act. European Parliamentary Re-search Service. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.europarl.europa.eu/Reg-DATA/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI\(2021\)698792_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/Reg-DATA/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf) [viitattu 2.5.2023].

Kuva 5. IoT-perusteinen järjestelmä Shanghain kaupungin aluesairaalassa. Bai, C., Du, C., Song, Y. & Zhou, L. 2019. An Internet of Things based COPD managing system: Its development, challenges and first experiences. Clinical eHealth. Volume 2. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2019.05.001> [viitattu 14.8.2023].

Kuva 6. Vertaisverkkoon perustuva sähköinen käteisjärjestelmä. Nakamoto, S. 2008 'Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System'. Saatavilla: www.bitcoin.org [viitattu: 26.7.2023].

Kuva 7. Bitcoin – viimeisimmät lohkot-1. 2023. Blockchain.com. Päivittyvä reaaliaikainen WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.blockchain.com/explorer/> [viitattu 25.7.2023].

Kuva 8. Bitcoin – viimeisimmät lohkot-2. 2023. Blockchain.com. Päivittyvä reaaliaikainen WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.blockchain.com/explorer/> [viitattu 25.7.2023].

Kuva 9. Louhintaprosessi. Vottonen, M. 25.7.2023.

Kuva 10. XMRig – louhijan konfiguraatio-1. Vottonen, M. 25.7.2023.

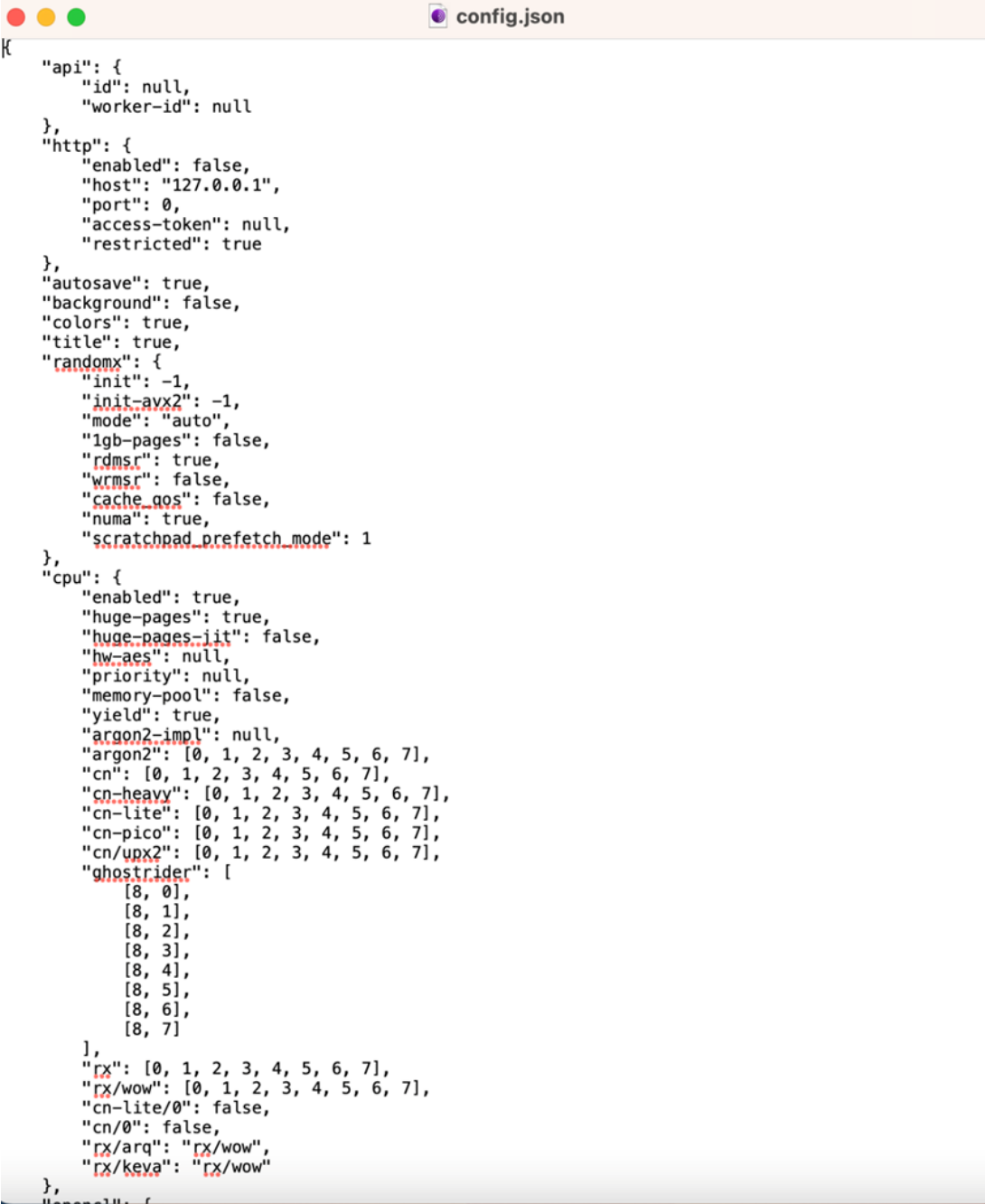
Kuva 11. XMRig – louhijan konfiguraatio-2. Vottonen, M. 25.7.2023.

Kuva 12. Lohkoketjun historia. History of Blockchain. 2023. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-blockchain/> [viitattu 26.7.2023].

Kuva 13. Laittomien osoitteiden vastaanottama kryptovaluuttojen kokonaisarvo, 2017–2022. Chainalysis team. 2023. Chainalysis. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://blog.chainalysis.com/reports/2023-crypto-crime-report-introduction/> [viitattu 27.7.2023].

Kuva 14. Todellisuuden ja virtuaalisuuden jatkumo tarjoaa käyttäjille laajan valikoiman kokemuksia. 2023. DHL Trend Research. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/csi/documents/pdf/csi-logistics-trend-radar-6-dhl.pdf> [viitattu 1.10.2023].

Kuva 15. Pilvipalvelut. Cloud computing. 2023. Google Trends. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=cloud%20computing&hl=fi> [viitattu 21.8.2023].



```

"api": {
  "id": null,
  "worker-id": null
},
"http": {
  "enabled": false,
  "host": "127.0.0.1",
  "port": 0,
  "access-token": null,
  "restricted": true
},
"autosave": true,
"background": false,
"colors": true,
"title": true,
"randomx": {
  "init": -1,
  "init-avx2": -1,
  "mode": "auto",
  "lgb-pages": false,
  "rdmsr": true,
  "wrmsr": false,
  "cache_qos": false,
  "numa": true,
  "scratchpad_prefetch_mode": 1
},
"cpu": {
  "enabled": true,
  "huge-pages": true,
  "huge-pages-jit": false,
  "hw-aes": null,
  "priority": null,
  "memory-pool": false,
  "yield": true,
  "argon2-impl": null,
  "argon2": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn-heavy": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn-lite": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn-pico": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn/upx2": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "ghost rider": [
    [8, 0],
    [8, 1],
    [8, 2],
    [8, 3],
    [8, 4],
    [8, 5],
    [8, 6],
    [8, 7]
  ],
  "rx": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "rx/wow": [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7],
  "cn-lite/0": false,
  "cn/0": false,
  "rx/arg": "rx/wow",
  "rx/keva": "rx/wow"
},

```

Kuva 10. XMRig – louhijan konfiguraatio-1 (Vottonen 2023)



```

},
"opencl": {
  "enabled": false,
  "cache": true,
  "loader": null,
  "cn-lite/0": false,
  "cn/0": false
},
"cuda": {
  "enabled": false,
  "loader": null,
  "cn-lite/0": false,
  "cn/0": false
},
"log-file": null,
"donate-level": 1,
"donate-over-proxy": 1,
"pools": [
  {
    "algo": null,
    "coin": null,
    "url": "stratum+ssl://rx.unmineable.com:443",
    "user": "NANO:nano_1mihcbha6bgwqpm777n5kf79snhyet5hsn68c3kd8ptrm4hfxn8587ohiqca.MBA",
    "pass": "x",
    "rig-id": null,
    "nicehash": false,
    "keepalive": false,
    "enabled": true,
    "tls": false,
    "tls-fingerprint": null,
    "daemon": false,
    "socks5": null,
    "self-select": null,
    "submit-to-origin": false
  }
],
"retries": 5,
"retry-pause": 5,
"print-time": 60,
"syslog": false,
"tls": {
  "enabled": false,
  "protocols": null,
  "cert": null,
  "cert_key": null,
  "ciphers": null,
  "ciphersuites": null,
  "dhparam": null
},
"dns": {
  "ipv6": false,
  "ttl": 30
},
"user-agent": null,
"verbose": 0,
"watch": true,
"pause-on-battery": false,
"pause-on-active": false
}

```

Kuva 11. XMRig – louhijan konfiguraatio-2 (Vottonen 2023)

Aikajana	Lohkoketju	Bitcoin	Ethereum
1991	Stuart Haber ja Scott Stornetta työskentelevät ensimmäisen lohkoketjun luomisessa	NA	NA
1992	Merkle Trees - yrityksen luomisessa käytetään Haberin ja Stornettan teknologiaa	NA	NA
2000	Stefan Konst julkistaa teorian sa kryptograafisesti turvatuista ketjuista	NA	NA
2004	Kryptografia-aktivistit Hal Finney esittelee "Proof of Work"-konseptin	NA	NA
2008	Satoshi Nakamoto julkistaa työnsä "A Peer to Peer Electronic Cash System".	NA	NA
2009		IT-työntekijä James Howell alkaa louhia Bitcoinia Iso-Britanniassa	
		Satoshi Nakamoto julkistaa Bitcoin-valkoisen paperin	NA
2014	Blockchain 2.0 syntyy	NA	Crowdsale rahoittaa Ethereum-lohkoketjun
2015	Linux Foundation käynnistää Hyperledger-projektin	NA	Ethereum Frontier Network käynnistetään
2016	Lohkoketju hyväksytään yhden sanan konseptiksi kahden asian sijaan	Bitfinex bitcoin-pörssiin hyökätään ja 120000 bitcoinia varastetaan	NA
2017	Block.one julkistaa EOS-lohkoketjuun perustuvan järjestelmän.	Japani tunnustaa Bitcoinin laillisena valuuttana	NA
2018	Google, Twitter, and Facebook estää kryptovaluuttojen mainostamisen	Bitcoin täyttää 10 vuotta vuonna 2018	NA
2019	NA	NA	Ethereum-verkon transaktiot ylittävät 1 milj./pv
2020	Stablecoinit tulevat suosituiksi	NA	Ethereum julkistaa Beacon Chainin valmistautuessaan Ethereum 2.0:n julkaisuun
2022	NA	NA	Ethereum yhdistyminen. Ethereum toimii nyt Proof of Stake-konseptilla

Kuva 12. Lohkoketjun historia (History of Blockchain 2023)