

Tuukka Nyrhinen

**L&T: TEKOÄLYN POTENTIAALI PROSESSIEN  
OPTIMOINNISSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2023

# TIIVISTELMÄ

Nyrhinen, Tuukka

L&T: Tekoälyn potentiaali prosessien optimoinnissa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2023, 37.

Tietojärjestelmätiede, pro gradu -tutkielma

Ohjaaja(t): Kyppö, Jorma

Tämä tutkielma pyrki selvittämään mitä tekoälyn ja ennakoivan kiinteistöhuollon yhdessä muodostamasta tutkimusaiheesta tiedetään kirjallisuudessa, ja mitä kiinteistöhuollon prosesseja kohdeorganisaatio L&T voisi tekoälyn avulla tehostaa. Tutkielmassa keskitytään ennakoivassa kiinteistöhuollossa erityisesti potentiaaliin soveltamisalueisiin. Tutkimuksen pyrkimyksenä on siis löytää ja tuoda esiin prosessit, joita kohdeorganisaation olisi kannattavinta kohentaa erityisesti sen liiketoiminnan sekä kestävän kehityksen näkökulmista. Aihe on etenkin kohdeorganisaatiolle tärkeä, sillä tutkimusta aiheesta on tehty verrattain vähän aikaisemmin, ja yritys on todennut tarpeen lisätiedon hankkimiselle. Tutkimusaihe on merkittävä myös yhteiskunnallisella tasolla, esimerkiksi kiinteistöjen ympäristövaikutusten myötä. Tutkielma muodostuu aihealueiden kirjallisuuskatsauksesta, sekä siitä johdetuista jatkotutkimusaiheiden esittelyistä. Kirjallisuuskatsaus kokoaa yhteen sen, mitä kirjallisuudessa tiedetään tutkimusaiheista ennestään sekä aiheiden yhdessä muodostavan tutkimuskentän esittelyn tiiviisti. Tutkimus toteutettiin toimeksiantona Lassila & Tikanojan toimesta. L&T:n tietotarpeeseen vastattiin tutkimuksessa tehokkaasti, yhdessä laaditun tutkimussuunnitelman mukaisesti. Tutkimuksen oli tarkoitus esitellä aikaisemmin tutkittua alaan liittyvää kirjallisuutta, löytää potentiaalisia sovellutuskohteita tutkimusaiheiden toimintaympäristöistä sekä tehdä tutkimusaiheen näkökulmasta relevantteja jatkotutkimusaiheita. Tekoälyllä löydettiin olevan lukuisia sovellutuskohteita kiinteistöhuollon alalla. Jatkotutkimusaiheita löydettiin myös tutkimustulosten perusteella useita.

Asiasanat: tekoäly, kiinteistöhuolto, prosessit, optimointi

## ABSTRACT

Tuukka, Nyrhinen

L&T: The Potential of Artificial Intelligence in Process Optimization

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2023, 37.

Information Systems, master's Thesis

Supervisor(s): Kyppö, Jorma

This Master's thesis aimed to research what is known in academic literature about the combination of artificial intelligence and predictive property maintenance and to identify processes in the property maintenance domain that the target organization, L&T, could optimize using artificial intelligence. The focus of the thesis is particularly on potential application areas in predictive property maintenance. The main objective of the research is to find and highlight processes that would be most beneficial for the target organization to improve, especially from the perspectives of its business capabilities and sustainability. The topic is crucial for the target organization, as there is relatively little prior research on the subject, and the company has identified the need for additional information. The research topic is also significant at a societal level, especially considering the environmental impacts of properties. The thesis consists of a systematic literature review on the relevant topics and the presentation of derived research topics for further research. The literature review synthesizes existing knowledge on the research topic and provides a concise overview of the combined research field. The research was conducted as a commissioned project by Lassila & Tikanoja. The research effectively addressed L&T's information needs in line with the jointly developed research plan. The research aimed to present previously studied literature related to the field, identify potential application areas in the operating environments of the research topics, and propose relevant research topics for further exploration. The study found numerous potential applications of artificial intelligence in property maintenance. Several research topics for further exploration were also identified based on the research results.

Keywords: artificial intelligence, property maintenance, optimization

## KUVIOT

Kuva 1: Lassila & Tikanojan liikevaihto ja henkilöstö numeroina (2021) .....	8
Kuva 2: Tiedon tasot.....	12
Kuva 3: Tekoälyn rajoitukset .....	14
Kuva 4: Kiertotalouden kestävä malli .....	17
Kuva 5: Lineaarinen talous.....	18
Kuva 6: Tunnistetut tekoälyn potentiaaliset sovellutuskohteet L&T:n liiketoiminnassa .....	30

Taulukko 1 Tiedon hierarkia.....	13
Taulukko 2 Kunnossapitolajit mukailtu PSK 6201-standardista .....	21

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### KUVIOT JA TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	KOHDEORGANISAATIO.....	8
3	TEKOÄLY.....	10
	3.1 Tekoälyn historiaa .....	11
	3.2 Tekoälyn rajoitteet .....	13
	3.3 Koneoppiminen.....	15
	3.4 Data-analytiikka.....	16
4	KIERTOTALOUS .....	17
5	KIINTEISTÖHUOLTO .....	20
	5.1 Talvikunnossapito .....	22
	5.2 PTS-suunnittelu.....	22
6	DIGITALISAATIO LIIKETOIMINNASSA.....	24
	6.1 Robottiprosessiautomaatio.....	24
	6.2 Olosuhdeohjattavuus .....	25
7	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	26
	7.1 Tutkimusmenetelmä .....	26
	7.2 Tutkimuskysymykset.....	27

8	TULOKSET.....	28
8.1	Kiinteistöhuollon prosessit.....	28
8.2	Tekoälyteknologioiden liiketoimintavaikutukset kiinteistöhuollossa .....	29
9	POHDINTA .....	30
9.1	Tekoälyn hyödyntäminen .....	30
9.1.1	Datan kerääminen .....	31
9.1.2	Data-analyysi .....	31
9.1.3	Ennakoiva kunnossapito .....	31
9.1.4	Virtuaaliset avustajat .....	31
9.1.5	Energiatehokkuus .....	31
9.1.6	Riskien arviointi .....	32
9.2	Tutkimusprosessin arviointi .....	33
9.3	Jatkotutkimus .....	34
	LÄHTEET .....	35

# 1 JOHDANTO

Tekoälyn on todettu olevan ihmisyyden kannalta paras tai pahin asia. (Hawking, 2017). Tekoölyyn on yhdistetty ajan saatossa popularisoituja uskomuksia ja hurjia väitteitä. Mitä tulee tapahtumaan ihmisten väliselle kommunikaatiolle, empatialle tai työpaikoille? Entä onko tekoälyn tuomat suurimmat mullistukset jo läsnä, vaiko vasta tulevaisuudessa? On kuitenkin yksimielisesti todettu, että tekoölyyn perustuvilla teknologioilla voidaan saavuttaa jotain, mihin ihmiskunta ei ole sen historiassa koskaan aiemmin pystynyt. Tutkimustuloksia odotetaan erityisesti kestäväen kehityksen sekä kaupallisesta näkökulmasta.

Tekoälyn potentiaalia on tutkittu jo melko kauan, mutta sen syvimät tasot ovat toistaiseksi vielä saavuttamattomissa. Kirjallisuudessa tekoälyn kerrotaan olevan aikakautemme yhdestä merkittävimmistä ilmiöistä, jota kuvaillaan koneiden toiseksi tulemiseksi, sitten höyrykoneen ja teollisen vallankumouksen. Maailman suuryritykset investoivat miljardeja teknologian kehitykseen, joten on todellakin tutkittava edelleen mitä kaikkea tekoälyteknologialla voidaankaan saavuttaa. Kehityssuuntia tekoölylle on spekuloitu kirjallisuudessa runsaasti, ja hurjimmat niistä sivuavat jopa ihmisen kuolemattomuutta. Tässä tutkielmassa keskitytään kuitenkin tekoälyteknologian potentiaaliin tarpeenmukaisen kiinteistöhuollon toimialalla, ja tarkemmin talvikunnossapidon sekä lumitöiden prosessien tehostamisessa.

Vaikka kirjallisuudessa onkin paljon spekulatioita tekoälyteknologian kehityssuunnista, tässä tutkielmassa keskitytään sen potentiaaliin tarpeenmukaisen kiinteistöhuollon alalla, erityisesti talvikunnossapidon ja lumitöiden prosessien tehostamisessa. Tutkimustuloksia odotetaan erityisesti kestäväen kehityksen ja kaupallisen näkökulman kannalta. Vaikka tekoölyyn perustuvilla teknologioilla voidaan saavuttaa asioita, joita ihmiskunta ei ole historiassaan aiemmin pystynyt, sen vaikutukset ihmisten ja yhteiskunnan kannalta ovat vielä avoin kysymys, johon tarvitaan jatkuvaa tutkimusta ja kehitystä.

Monia huolestuttaa tekoälyn mahdollinen vaikutus ihmistyön korvaamiseen, ihmisten välisen kommunikaation ja empatian heikkenemiseen tai työpaikkojen menetykseen. Toisaalta jotkut uskovat, että tekoälyn kehityksen myötä avautuu mahdollisuuksia, joita ei ole aiemmin ollut mahdollista saavuttaa. Tekoälyä

onkin kuvattu yhtenä merkittävimmistä aikakautemme ilmiöistä, joka voi verrata teollisen vallankumouksen tai höyrykoneen keksimisen merkitystä.

Vaikka tekoälyä on tutkittu jo pitkään, sen syvimät tasot ovat edelleen saavuttamatta. Tällä hetkellä maailman suurimmat yritykset investoivat miljardeja tekoälytekniikan kehitykseen, mikä kertoo sen potentiaalista ja tärkeydestä liiketoiminnan näkökulmasta. Onkin tärkeää jatkaa tekoälyn kehityksen tutkimusta ja etsiä uusia tapoja hyödyntää sitä.

Tekoälytekniikan kehityssuunnat ovat moninaisia, ja niistä on esitetty erilaisia näkemyksiä ja spekulatioita. Osassa kirjallisuutta on jopa ennakoitu ihmisen kuolemattomuuden saavuttamista tekoälyn avulla. Tämän tutkielman tarkoituksena ei kuitenkaan ole tarkastella tekoälyn mahdollisuuksia tulevaisuudessa, vaan sen potentiaalia tarpeenmukaisen kiinteistöhuollon alalla.

Erityisesti talvikunnossapidon ja lumitöiden prosessien tehostaminen ovat alueita, joilla tekoälyllä voi olla merkittäviä vaikutuksia. Tekoälyyn perustuvilla teknologioilla voidaan esimerkiksi ennustaa lumitöiden tarve tarkasti, mikä mahdollistaa kokonaisvaltaisesti resurssien tehokkaamman hyödyntämisen.

## 2 KOHDEORGANISAATIO

Lassila & Tikanoja Oyj on suomalainen yrityskonserni, joka keskittyy ympäristöhuollon, kiinteistöjen ja laitosten tukipalveluiden tarjoamiseen. Yritys tarjoaa monipuolisia palveluita, kuten jätehuolto- ja kierrätyspalveluita, siivous- ja käyttäjäpalveluita sekä kiinteistöhuoltoa. L&T:n tytäryhtiö L&T Biowatti valmistaa ja toimittaa biopolttoaineita, kierrätyspolttoaineita ja uusioraaka-aineita, jotka pohjautuvat puuhun. Suomen lisäksi yritys toimii myös Ruotsissa. L&T on vuonna 1905 perustettu suomalainen palvelualan yritys, joka tekee vuoden 2021 vuosikertomuksensa mukaan kiertotaloudesta totta. L&T pyrkii asiakkaidensa kanssa pitämään materiaalit sekä kiinteistöt mahdollisimman pitkään tuottavassa käytössä. L&T luo asiakkailleen, henkilöstölleen sekä yhteiskunnalle arvoa tehostamalla raaka-aineiden ja energian käyttöä sekä panostamalla kiertotalouden vastuullisiin ratkaisuihin. Onnistuessaan tässä, L&T kasvattaa myös omistajilleen tuotettua arvoa. L&T:n toimintastrategian ja jokapäiväisen työn keskiössä on vastuullinen toiminta. Sen tavoitteena on kasvattaa yrityksen niin sanottua hiilikädenjälkeä, eli sen positiivista ilmastovaikutusta. Sosiaalisesta vastuusta L&T huolehtii panostamalla henkilöstönsä työkykyyn sekä muun muassa edistämällä monimuotoisuuden toteutumista työelämässä.

L&T:n toimii yhteensä neljällä liiketoiminta-alalla, jotka ovat Ympäristöpalvelut, Kiinteistöpalvelut Suomi, Kiinteistöpalvelut Ruotsi ja Teollisuuspalvelut. L&T:n kokonaisliikevaihto oli vuoden 2021 päätteeksi 812,5 miljoonaa euroa, joka saavutettiin työllistämällä 8389 kiertotalouden ammattilaista. Vuonna 2022 yrityksen kyseiset numerot ovat kasvaneet. Yritys on listattu Nasdaq Helsingissä. Alla olevassa kuvassa (Kuva 1, Lassila & Tikanoja vuosikertomus) L&T:n liikevaihto ja henkilöstö kuvattuna numeroina (Lassila & Tikanoja, 2021).

**Liikevaihdon jakautuminen toimialoittain**



**Henkilöstön jakautuminen toimintamaittain**



Kuva 1: Lassila & Tikanojan liikevaihto ja henkilöstö numeroina (2021)



Lassila & Tikanoja haluaa olla mukana luomassa ratkaisuja luontokatoon sekä ilmastonmuutokseen. Tähän se pyrkii edistämällä korjausliikettä kohti kestävää taloutta ja auttamalla asiakkaitaan saavuttamaan heidän vastuullisuustavoitteitaan. Ilmastonmuutos ja luontokato ovatkin niin sanottuja megatrendejä, jotka luovat mahdollisuuksia L&T:n liiketoiminnalle. Kaupungeilta ja niiden rakennetuilta ympäristöiltä odotetaan myös kestävää kasvua, joka luo liiketoimintaa L&T:lle. Luontokadon sekä ilmastonmuutoksen hidastaminen vaatii L&T:n mukaan merkittäviä kiertotaloustekoja, joita se auttaa vastuullisen kumppanin tavoin yhteiskuntaa tekemään. L&T auttaa asiakkaitaan myös parantamalla heidän energiatehokkuuttaan. Kiinteistöjen pitkää elinikää tavoitellaan jatkuvasti muuttuvan ympäristön ja - käytön huomioimisella sekä tarpeenmukaisella kiinteistöhuollolla.

### 3 TEKOÄLY

Tässä luvussa tulen ensin esittelemään tekoälyä käsitteenä. Tulen myös esittelemään tekoälylle tyypillisiä piirteitä. Esittelen myös lyhyesti tekoälyn historiaa sekä siinä ainakin toistaiseksi vallitsevia rajoitteita. Käytän tutkimuksen havainnollistamiseen myös kuvioita.

Tekoälyä hyödynnetään nykyään laaja-alaisesti eri tietojärjestelmissä ja palveluissa (Russel & Norvig, 2016). Tunnettuja esimerkkejä tekoälyä hyödyntävistä palveluista ovat muun muassa Netflix:in sisällönsuosittelujärjestelmä, Volvo:n itseohjautuvat autot (kaistavahdit ym.), ja Apple:n ”Siri” - apuri. Yhteistä kaikille edellä mainituista on niiden suuri suosio ja tunnettuus, mutta myös se, että niiden tekoälyä on vielä tänäkin päivänä jokseenkin haasteellista määritellä. Tämä päätekin tekoälyyn kokonaisuudessaan, sillä sille ei ole olemassa vakiintunutta tai tarkkaa, universaalia tai absoluuttista määritelmää. Tekoälyä on tutkittu pitkään ja monia määritelmiä on kyllä tehty. Määritelmät eivät vaan ole pysyneet tekoälyn kehityksen perässä. Tekoälyn absoluuttisesta määrittelemisestä tekeekin erityisen problemaattista sen moninaisuus, sekä tekoälyn tasojen ymmärtämisen hankaluus. (Nilsson, 2009). Tekoälyllä tarkoitetaan Zhangin ja Lun (2021) mukaan sitä tieteenalaa, minkä mukaan tietokoneet pystytään opettamaan toimimaan älykkäästi tavalla, jolla aikaisemmin vain ihminen on pystynyt toimimaan. Tekoäly on heidän mukaansa monialainen teknologia. Se on yhdistelmä tietotekniikkaa, logiikkaa, biologiaa, psykologiaa, filosofiaa ja monia muita aihealueita. Jo saavutettuja merkittäviä tuloksia tutkijat toteavat tekoälyllä olevan puheen tunnistuksessa, kuvien- ja luonnollisen kielen prosessoinnissa sekä muun muassa älykkäiden robottien valmistuksessa. Tekoäly tuo tieteenalana yhteen monialaisesti myös tajunnan, koneoppimisen, tunteiden tunnistamisen, ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen, datan tallentamisen sekä päätöksenteon. Tekoälyllä mainitaan kirjallisuudessa olevan merkittävä vaikutus muun muassa ihmiskunnan sosiaalisen kehittymisen kanssa ja sen voidaan nähdä mullistavan ihmiskunnan toimintaa monitahoisesti.

Tekoäly on jaettu lähdekirjallisuudessa heikkoon tekoälyyn sekä vahvaan tekoälyyn. Heikko tekoäly on teknologiaa, jonka avulla yhden sille ennestään opetun tehtävän ratkaiseminen on mahdollista. Koneälyn avulla tapahtuva kuvantunnistaminen, ja vaikkapa ilmankosteuden muutoksen ilmoittaminen sensorein ovat toimivia esimerkkejä tällaisista ominaisuuksista. Tämän kaltaiset toiminnot pyrkivät ratkaisemaan yhden selkeän ongelman ja sillä on selkeä päämäärä sekä tavoite. Vahvalla tekoälyllä tarkoitetaan puolestaan teknologiaa, joka pyrkii ratkaisemaan erilaisia ongelmia laaja-alaisesti. Tällaisista ominaisuuksista esimerkkinä täysin autonomiset, itseohjautuvat autot tai lukuisien kielten ymmärtäminen puheentunnistuksen avulla. Tällaisten tehtävien lopputulemana voidaan odottaa huomattavasti laaja-alaisimpia, jopa yllätyksellisiä tuloksia (Merilehto, 2018). Tutkielmassa käytetyn kirjallisuuden perusteella olemassa oleva tekoälyteknologia on ainakin toistaiseksi vielä kokonaan niin sanottua heikkoa tekoälyä. Tekoälyn nykyisiä toimintamahdollisuuksia ovat Antti Merilehdon (2018)

mukaan muun muassa kuulon, näön, ennakkoinnin, päätöksenteon, päättelyn sekä oppimisen sovelluskohteilla. Vahvalla tekoälyllä taas on kapasiteetti ihmisen kaltaiseen toimintaan, ja tilanteessa missä tekoälyn kapasiteetin voidaan todeta ylittäneen ihmisen kapasiteetin, voidaan tulevaisuudessa puhua jonkinlaisesta "super"-tekoälystä, tai muusta sen kaltaisesta.

Olli Kosken (2018) mukaan tekoäly on alusta asti perustettu sellaiselle filosofiselle olettamukselle, jonka mukaan ihmisen ajattelu voidaan mallintaa formaalisti. Nykyisillään tekoälybuumia on kuvailtu Erik Brynjolfssonin ja Andrew McAfeen (2014) toimesta koneiden toiseksi tulemiseksi. Ensimmäisellä koneajalla viitataan tässä asiayhteydessä James Wattiin ja höyrykoneen keksimiseen – teolliseen vallankumoukseen. (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

Nilssonin (2009) mukaan tekoälyn kehittäminen on sellaista toimintaa, jonka tavoitteena on saada koneesta älykäs, asianmukaisesti toimiva sekä toimintaympäristönsä huomioon ottava (Nilsson, 2009). Tekoäly ei ole Gordonin (2011) mukaan itsenäinen teknologia yksinään, vaan se voidaan mieltää kokoelmana analyyttisiä työkaluja, jotka pyrkivät vaikeiden, ja ennen jopa mahdottomien ongelmien ratkaisemiseen. (Gordon, 2011).

Heikki Ailisto, Eetu Heikkilä, Heli Helakoski, Anssi Neuvonen ja Timo Seppälä (2018) tutkivat tekoälyn sekä teknologian kehittymien vaikutuksia koko yhteiskunnan näkökulmasta. Tekoälyn tutkimus on tähän mennessä perustunut filosofian, kognitio-, kieli- ja neurotieteiden, matematiikan, fysiikan sekä insinööritieteiden ja tietojenkäsittelytieteen näkökulmiin. Tieteenalan laajuuden sekä sovelluskohteiden lisääntymisen johdosta on tärkeää tutkia sitä runsaasti myös moraalin, etiikan, arvojen ja politiikan sekä yhteiskunta-, oikeus-, talous- ja kauppätieteiden näkökulmista. Lisäksi Ailiston ynnä muiden mukaan olisi erittäin hyödyllistä ja tärkeää tutkia tekoälytekniikoiden soveltamisen potentiaalia esimerkiksi sodankäynnissä, lääketieteessä, kaupan alalla, teollisuudessa ja poliisitoimessa. (Ailisto, Heikkilä, Helakoski, Neuvonen & Seppälä, 2018).

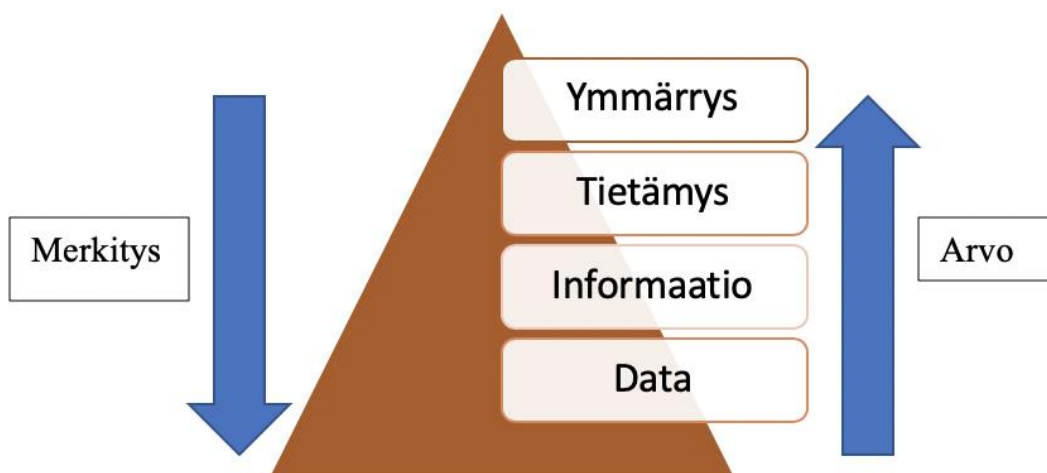
### 3.1 Tekoälyn historiaa

Tekoälyn tutkiminen ei itsessään ole uusi tieteenala, vaikka sillä ei ole vielä yhtä universaalista määritelmää. Tekoälyn tutkimus johtaa 1950-luvulle asti, jolloin nykyaikaisen tekoälyn isänä pidetty Alan Turing esitteli ajatuksensa koneiden ajattelukykyvystä. 1956 Dartmouthin yliopistossa, Yhdysvalloissa järjestetyssä konferenssissa, nimeltään Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, käsiteltiin koneiden mahdollisuutta ajatella, ja tutkimussuuntaus nimettiin "tekoälyksi". (Koski, 2018). Nykyisenä tunnetun tekoälyn tutkimisessa on toki asiallista käsitellä sen historiaa alusta alkaen, mutta tässä tutkielmassa käsitellään erityisesti 1970-luvun alusta johtaneita, mielenkiintoisimmiksi miellettyjä edistysaskelia. Mielenkiinnon kohteet tekoälyteknologioiden tutkimuksessa onkin vaihdellut merkittävästi sen historian aikana.

Kirjassaan Newell (1982) tutkii, kuinka 1970-luvulla mielenkiinto tekoälyä kohtaan alkoi keskittymään erityisesti sen kieleen perustumiseen. Silloin keskiöön

tuli aikaisemman tehtäväorientoituneisuuden sijaan luonnollinen kieli. Tämä tarkoitti sitä, että ”maalaisjärjellisten” tehtävien ratkaiseminen tekoälyä hyödyntäen tuli mahdolliseksi. 1970-luvulla alettiin myös tutkimaan tekoälyä moniajaisuuteen perustuvana tieteenalana. Tällä tarkoitetaan, että tekoälyn alettiin nähdä kykeneväiseksi saman aikaisien tehtävien suorittamiseen, useampaa prosessoria hyödyntäen. (Newell, 1982).

1980-luvulla, sääntöpohjaisten asiantuntijajärjestelmien tutkimus herätti tekoälyn tutkijoiden mielenkiinnon. Niiden tarkoituksena oli mukaila inhimillistä päätöksentekoa eri sovelluskohteisiin määrättyinä. (Ailisto ym., 2018). 1990-luvulla tekoälyn tutkimuksessa keskittyminen alkoi siirtyä siihen, kuinka tekoälypohjaiset teknologiat alkoivat toimimaan eri tiedon tasoilla aikaisempaan nähden. Raai’an datan sijaan teknologiat alkoivat siirtämään tietämystä. (Miiller, 1990). Vaikka voi olla vaikeaa erottaa termejä toisistaan, on se kuitenkin kehityksen kannalta terittäin tärkeää. Tiedon tasoja on kuvattu akateemisessa yhteisössä pitkään hierarkialla (kts. Kuva 2 ja Taulukko 1), josta tasot käyvät ilmi (Rowley, 2007).



Kuva 2: Tiedon tasot

Taulukko 1 Tiedon hierarkia

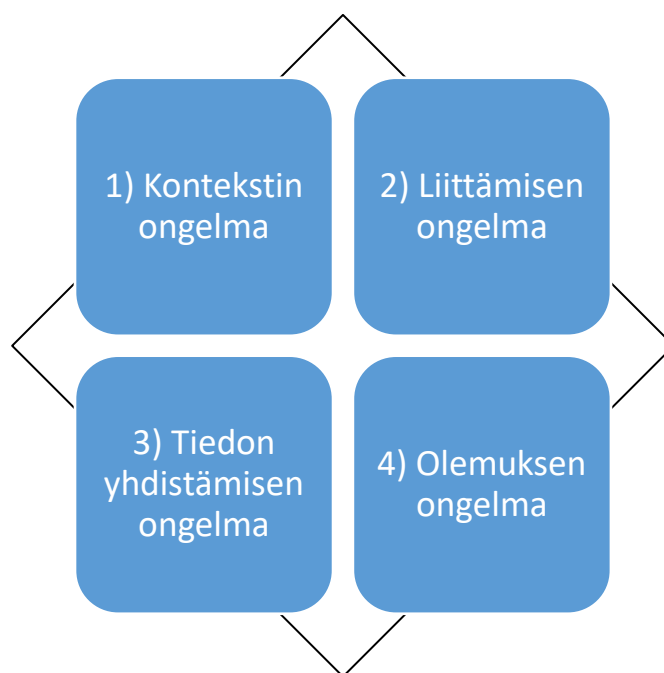
Data	Informaatio	Tietämys	Ymmärrys
Tiedon raaka muoto, jonka sisältö on käytännössä kirjaimia ja numeroita vailla syvempää merkitystä tai arvoa.	Dataa järjestetyssä muodossa. Datalle on annettu konteksti tai järjestys.	Informaation, ymmärtämisen, kykeneväisyyden, taitojen ja arvojen summa.	Edelliset yhdessä, moraalit ja etiikka sisällytettynä. Ihmisen intuitio, ymmärtäminen, tulkinta ja toiminta mukaan luettuna.

### 3.2 Tekoälyn rajoitteet

Tekoäly on mahdollistanut monia positiivisia kehityssuuntia ihmiskunnalle, ja se jatkaa sitä tulevaisuudessa edelleen. Tekoälyyn liittyy silti myös paljon kyseenalaistettuja seikkoja, joita tässä kappaleessa tullaan esittelemään alan kirjallisuuteen viitaten.

Tekoälyä kyseenalaistetaan muun muassa sen lainsäädäntöön, etiikkaan sekä moraalisiin viitaten. Tekoälyä käsittelevää lainsäädäntöä kyseenalaistaan kirjallisuudessa ja yleisessä keskustelussa usein ja vahvasti. Lainsäädäntö koetaan sitä käsittelevissä konteksteissa sellaisenaan riittämättömänä. Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan uusien lainsäädännöllisten ratkaisuiden kehittäminen onkin välttämätöntä. Uutta lainsäädäntöä tarvitaan kattamaan tekoälylle ominaisia, esimerkiksi sen moninaisuuteen liittyviä seikkoja. Tekoälystrategioita säädellään laissa tällä hetkellä olemassa olevan lain mukaan, koska Suomen laissa ei olla vielä ainakaan toistaiseksi säädelty yksilöllisesti tekoälyä koskevia lakeja. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2019).

Lu, Li, Chen, Kim ja Serikawa (2017), tutki tekoälyä sen heikkouksien näkökulmista. Heidän tutkimusartikkelinsa perusteella voidaan tekoälyn todeta kehittyneen suurin harppauksin varsinkin viimeisen muutaman vuoden aikana. Kehityksen suuren vauhdin on mahdollistanut prosessointitehon erityisen suuri kasvu ja niin sanottu massadatan (Big Data) hyödyntäminen. Merkittävästä kehityksestä huolimatta voidaan tekoäly nähdä edelleen rajallisena, sillä se rajoittuu ainakin toistaiseksi vain tietyille tietoisuuden tasoille. Näitä tasoja ovat muun muassa kuvan tunnistus, puheen tunnistus ja vuoropuhelun vaste. Tekoäly ei siis ole ainakaan toistaiseksi pystynyt täysin vastaamaan ihmisaivojen kapasiteettia itsensä ymmärtämisessä, -hillinnässä, -tietoisuudessa tai motivoinnissa. (Lu, Li, Chen, Kim & Serikawa, 2017). Tekoälyn rajoituksia sekä niin sanottuja ongelmia on jaettu kirjallisuudessa edellä mainittujen toimesta neljään eri osa-alueeseen (Kuva 3, Tekoälyn rajoitukset).



Kuva 3: Tekoälyn rajoitukset

1) Kontekstin ongelmalla tarkoitetaan sitä, kuinka tähän hetkeen asti kehitetty tekoäly voidaan rajata tiettyyn kehykseen, eikä se pysty itsenäiseen päättelyyn tuloksien osalta. Toisin sanottuna tekoäly keskittyy aina vain tiettyjen puitteiden rajaamiin ongelmiin – tiettyyn kontekstiin. 2) Tekoälyn avulla ei toistaiseksi myöskään voida liittää useita asioita vapaasti toisiinsa, joka vaikuttaa osaltaan tekoälyn sovellettavuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että tekoälyn avulla ei nykyisellään pystytä yhdistelemään useiden asioiden yhteyksiä toisiinsa ilman, että kyseisiä yhteyksiä on sille erikseen opetettu. 3) Asioiden assosiointi on nykyisillään tekoälylle myös toistaiseksi mahdotonta. Tekoälyn avulla voidaan kyllä jo ratkaista ongelmia, mutta vain numeerisin arvoin, jolloin tulokset voivat olla joksikin vaikeatulkintaisia, eikä tuloksista voida odottaa ihmisaivojen tavoin monisyisiä. 4) Olemuksen ongelma viittaa tekoälyn kyvyttömyyteen tulkita henkisen ja fyysisen olemuksen vaikutuksia. Esimerkkinä fyysisten ongelmien, kuten vaikkapa sairauksien mukanaan tuomien henkisten vaikutusten merkityksen laskenta ei ainakaan vielä toistaiseksi ole tekoälylle mahdollista. Myös Whittaker, Crawford, Dobbe, Fried, Kaziunas, Mathur ja Schwartz (2018) luettelevat tekoälyn heikkouksia. Heidän mukaansa tekoälyn heikkoutena voidaan pitää myös, vallitsevana trendinäkin tunnistettua, tekoälyn vastuullisuuden kuilun kasvua. Erilaiset teknologiaan liittyvät skandaalit ovat osoittaneet, että kuilu tekoälyn kehittäjien sekä siitä hyötyjien että tekoälyteknologioiden negatiivisista vaikutuksista kärsivien välillä on kasvamassa. Syitä tälle voidaan tulkita olevan muun muassa valtiollisen sääntelyn vähyys, tekoälysektorin kapeus, sekä suuri kulttuurinen kahtiajako tekoälyteknologioiden palveluntarjoajien sekä niiden käyttäjien välillä. Näiden tekijöiden kasvaminen johtaa luottamuksen ja eettisyyden kyseenalaistamiseen sekä muun muassa vastuun epäselvyyteen. Whittaker ja muut toteavat tekoälyteknologioiden tutkimuksen sekä sääntelyn olevan

merkittävässä osassa sen kehityksen kannalta. (Whittaker, Crawford, Dobbe, Fried, Kaziunas, Mathur & Schwartz, 2018)

### 3.3 Koneoppiminen

Kansantaloudellisen aikakauskirjan julkaisussa Pekkarinen (2018) tutkii, että koneoppiminen on yksinkertaisuudessaan yleiskäyttöinen menetelmä, jonka todellisenä tavoitteena on ohjelmistojen ja algoritmien kyky oppia omasta toiminnastaan. Siihen perustuvat menetelmät ja toiminnot helpottavat muun muassa mallien, muuttujien ja parametrien valitsemista sekä niin sanottua ylisovittamisen ongelmaa (overfitting) (Pekkarinen, 2018). Ailisto ym. tutkivat, että erilaiset malleihin ja sääntöihin perustuvat järjestelmät voidaan lukea tekoälyteknologioiksi, mutta sellaiseksi lukeutuminen ei vaadi jokaisessa tapauksessa koneoppimiseen perustuvia toimintaperusteita. (Ailisto ym., 2018). Koneoppimisella nähdään kuitenkin olevan suuri potentiaali datan käsittelyssä sekä analysoinnin työkalujen kehittyessä sekä merkittävänä osana tietojenkäsittelytieteitä ja tekoälyä. (Pekkarinen, 2018).

Alpaydin (2020), puolestaan tutkii koneoppimisen monien tunnistamiseen ja robotiikkaan liitettyjen ongelmien potentiaalisena ratkaisuna. Koneoppimiseen perustuvien teknologioiden avulla muun muassa kasvojen tunnistaminen mahdollistuu. Kasvojen tunnistusteknologia pohjautuu koneoppimiseen vertaillen siihen syötettyä dataa ja kuvia keskenään siten muodostaen tulosteen. Tällä tavalla kasvojen tunnistaminen tulee selitettävästi mahdolliseksi. Kyseinen tapahtumaketju on ihmisen perustoimintona selittämätön. Koneoppiminen perustuu pitkälti tilastolliseen matematiikkaan, jonka perustehtävänä on lopullisen tuloksen muodostaminen, sille ennalta syötettyjä malleja hyödyntäen. (Alpaydin, 2020). Koneoppimisen tunnetuimpiin sovelluskohteisiin lukeutuvat muun muassa lukuisien sosiaalisen median sovellutuksien käyttämät suosittelujärjestelmät. Näiden suosittelujärjestelmien käyttämisen motiivina on tuoda käyttäjälleen kaikkein kiinnostavin sisältö näkyviin. Toinen hyvin tunnettu ja mediassa paljon puhuttanut sovelluskohde on itseään ajavat autot. Koneoppimista hyödyntävän teknologian on tarkoitus oppia ja mukautua sille syötetyn datan perusteella itsenäisesti. Kyseisiä ominaisuuksia hyödyntävän teknologian tehokkuus perustuu nimenomaan siihen, että sellainen tekoäly pystyy oppimaan itsenäisesti. Vaihtoehtona tälle on siis tekoälyn opettaminen, ja sille tarvittavan datan syöttäminen erikseen. Koneoppimisen voidaan nähdä täten olevan olennainen osa tekoälyn potentiaalia. Koneoppiminen on kirjallisuuden mukaan kehittynyt korkealle tasolle, jossa ihmisen on jopa hyvin vaikeaa, ellei mahdotonta kuvata sen päättelyketjua. Tämä voi tuottaa hankaluuksia esimerkiksi julkisen vallan viranomaisten sovelluskohteilla. Näiden sovelluskohteiden toiminta perustuu merkittävästi arvoihin ja normeihin, ja niistä johdettuihin ohje- ja toimintasääntöihin. Onkin haastavaa siten luottaa teknologioihin, joiden toiminta on suurelta osin selittämätöntä. Koneoppimisen merkittävään kehittymiseen on Kääriäisen, Aihkisalon, Halénin, Holmströmin, Jurmun, Matinmikon ja Tirrosen (2018) mukaan johtanut

datan määrän sekä ulottuvuuden kasvu sekä laskentakapasiteetin helppo saata-  
vuus. (Kääriäinen ym., 2018).

### 3.4 Data-analytiikka

Data-analytiikkaa voidaan pitää teollisen internetin kannalta erittäin tärkeänä tekijänä. Kirjallisuudessa kuvaillaan suurista yrityksistä 20 % pitävän data-analytiikkaa yrityksensä voimavarana ja varallisuutena. Data-analytiikka on kasvanut liiketoiminnassa vaikuttavuustekijänä erityisesti datamäärien varastointi- ja laskentakustannuksien laskun myötä. Tämä on vaikuttanut yritysten hankintakapasiteettiin, sillä infrastruktuurin ja tiedonhallinnan työkalujen hankkiminen muodostaa suurimman osan data-analytiikkaan liitettävistä kustannuksista. Leventhalin ja Langdellin (2013) arvioi data-analytiikan investointimäärien kasvun odottaman olevan vuosittaisella tasolla noin 10 %.

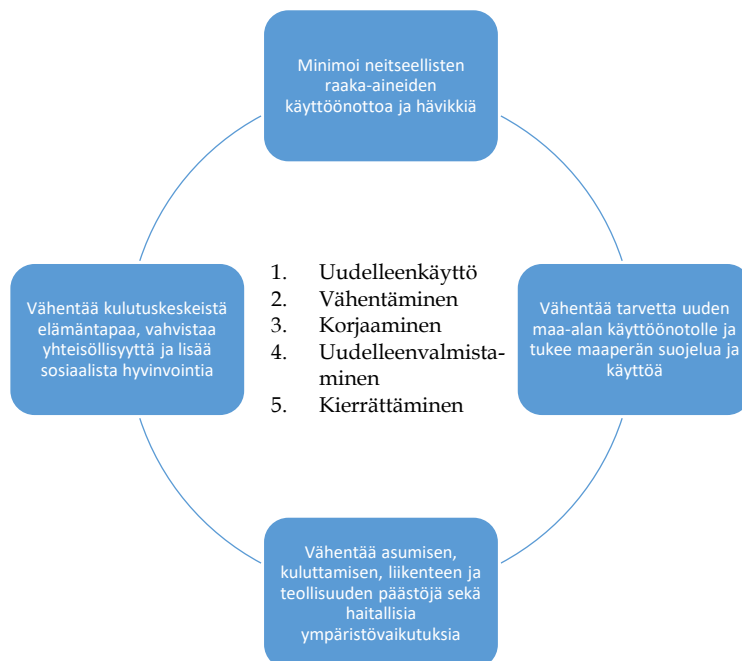
Data-analytiikkaa voidaan käyttää erityisesti myynnin ja liikevaihdon tehostamisessa, kuluerien karsimisessa sekä hintojen optimoinnissa. Se mahdollistaa muun muassa kysynnän mallintamisen, joka voi auttaa puolestaan esimerkiksi varastointikustannusten karsimisessa ja resurssien optimoinnissa. Kehittyneen data-analytiikan menetelmillä voidaan mallintaa esimerkiksi tulevia tapahtumia ennakoivasti, jonka avulla voidaan varautua tuleviin tapahtumiin tehokkaammin. Data-analytiikka mahdollistaa myös liiketoiminnassa erilaisten tilanteiden varalle tehokkaan valmistautumisen. Kysynnän ennustamisella voidaan esimerkiksi välttyä tilanteilta, joissa kysynnän äkillisiin muutoksiin reagoiminen olisi muutoin mahdotonta tai ainakin hyvin vaikeaa. Tämä voisi johtaa erityisesti säästöihin varastointikustannuksissa. Lisäksi liiketoiminnan ongelmakohtien tunnistaminen, dataan perustuvien ja perusteltujen tuotepilottien mallintaminen olisi vaikeaa ilman data-analytiikan menetelmiä. Yritykset pystyvät nostamaan tuottavuuttaan sekä vähentämään kustannuksiaan päätöksensä perustuessa data-analytiikan mahdollistamaan ennakoitavuuteen. Yritykset voivat hyödyntää data-analytiikkaa myös ongelmakohtien, kuten liikevaihdon tai -voiton laskun tutkimiseen tilanteissa, joissa syitä olisi muuten vaikeaa selittää. (Leventhal & Langdell, 2013).

Tämän tutkielman tutkimusaiheen näkökulmasta data-analytiikan merkitystä voitaisiin peilata esimerkiksi ennakoivaan kiinteistöhuoltoon. Kiinteistöjen laitteiden tuottama data mahdollistaa esimerkiksi reaaliaikaisen kulumisen seurannan sekä niihin reagoimisen, heti tilanteen vaatiessa.



## 4 KIERTOTALOUS

Kiertotalous on muodostanut viimeisen vuosikymmenen aikana erittäin tärkeän tutkimusalueen tutkijoille. Kiertotalouteen perustuvat menetelmät pyrkivät ratkaisemaan useita kulutukseen liittyviä ongelmia, joihin myös kohdeorganisaatio L&T pyrkii löytämään vastauksia. Kyseisiä suuren kuvan ongelmia ovat muun muassa resurssien rajallisuuteen sekä talouden negatiivisiin ympäristövaikutuksiin liittyvät haasteet. Kiertotalous haastaa nykyisiä liiketoimintamalleja vähentämään resurssien käyttöä ja siten myös jätteen määrää. Edellä mainitut tekijät ovat erittäin tärkeitä molempien - kestävän kehityksen sekä -liiketoiminnan näkökulmasta. Kiertotaloudessa keskiössä ovat resurssien ja materiaalien uudelleenkäyttö, kierrätys, takaisinotto käyttöön. Siinä pyritään varmistamaan kestävä kehitys nykyisille- sekä tuleville sukupolville ympäristöllisen laadun takaamisen, taloudellisen hyvinvoinnin sekä sosiaalisen pääoman luomisen kautta. Sen tärkeimpänä tavoitteena voidaan pitää jätteen tuottamisen minimointi, jopa välttäminen sekä materiaalien kierrossa pysymisen varmistaminen. Kiertotalouden menetelmiä voidaan tarkastella useista näkökulmista, kuten mikro-, yhteisö ja makrotasolta. Sen avulla voidaan optimoida resurssien käyttö varmistuen niiden saatavuuden (Euroopan parlamentti, 2023). Kiertotaloudessa uudelleenkäytetään materiaaleja ja tuotteita samassa arvoketjussa, kuten alla olevassa kuvassa (Kuva 4, Kiertotalouden kestävä malli) on havainnollistettu (Vierikko ym., 2020).

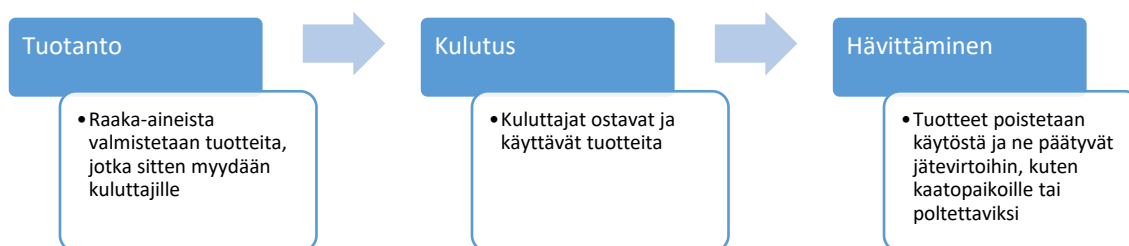


Kuva 4: Kiertotalouden kestävä malli

Kiertotalouden tavoitteena on myös muuttaa tuotanto- ja kulutustapoja, jotta tuotteet voidaan palauttaa takaisin kiertoon käyttöään jälkeen. Esimerkkinä jaettava sähköpotkulaudoista, joita voidaan käyttää uudelleen entisöimällä ne käyttöään päättyessä. Kiertotalous pyrkii lisäämään materiaalien ja tuotteiden arvoa innovatiivisilla palveluilla ja teknologiapohjaisilla ratkaisuilla. Kiertotalous on jatkuvan kehityksen prosessi, joka tähtää tuotteiden, komponenttien ja raaka-aineiden arvon ja hyödyllisyyden säilyttämiseen pitkällä aikavälillä. Kiertotalouden onnistunut toteutus vaatii kansallista ohjausta. Euroopan komission toimintasuunnitelma pyrkii siirtymään kiertotalouteen, joka säilyttää tuotteiden arvon ja materiaalit ja resurssit kierrossa mahdollisimman pitkään. Suomessa kiertotalouden toimenpideohjelman tavoitteena on tehdä Suomesta kiertotalouden kärkimaa vuoteen 2025 mennessä. Kiertotalouden liiketoimintamallin käyttöönotto voisi säästää materiaalikustannuksia 570 miljardia euroa ja kasvattaa kasvumahdollisuutta 320 miljardiin euroon vuoteen 2025 mennessä. (L&T, 2022)

Tässä vaiheessa tutkielmää määritellään lyhyesti lineaarisen talouden käsite, ikään kuin vertailukohdaksi edellä esitellylle kiertotaloudelle. Lineariselle taloudelle on tyypillistä, että käytetyistä raaka-aineista luodaan tuotteita, jotka päätyvät käyttöikänsä päätteeksi jätteeksi. Lineaarisen- ja kiertotalouden välimaastoon voidaan sijoittaa niin sanottu kierrätystalous, jossa kierrätys tapahtuu tuotantoketjun ja käyttöketjun välissä. Tällöin ei voida vielä kuitenkaan puhua kiertotaloudesta.

Lineaarinen talous viittaa perinteisenä pidettyyn talousmalliin, jossa valmistus- ja kulutuskäyttäytyminen perustuu suoraviivaisempaan malliin. Siinä tuotteet valmistetaan, käytetään ja sitten hävitetään. Tämä malli nähdään yleensä perustuvan otaksumaan, että resurssit ovat rajattomia ja että talouden kasvu perustuu tuotannon ja kulutuksen jatkuvaan kasvuun. Lineaarisen talouden pääpiirteitä on tunnistettu seuraavasti (Kuva 5, Lineaarinen talous) (L&T, 2022):



Kuva 5: Lineaarinen talous

Lineaarisen talousmallin arvostellaan aiheuttavan merkittäviä ympäristö- ja resurssiongelmia. Kyseisiä ongelmia voidaan havaita esimerkiksi raaka-aineiden ehtymisenä, jätteen kasautumisena sekä ympäristön saastumisena. Lineaarista talousmallia on nykypäivänä kyseenalaistettu yhä enemmän. Sitä pyritään korvaamaan kestävämmillä vaihtoehdoilla, kuten kiertotaloudella.

Kiertotalouden ja lineaarisen talousmallin suurin ero on sen pyrkimys jätteiden ja resurssien tuhlaamisen vähentämiseen, optimoimalla tuotteiden elinkaari tehokkaaksi. Kiertotalouden on todettu L&T:n toimesta olevan tärkein suunta sen nykyisen- ja tulevaisuuden liiketoiminnan kannalta. L&T ei toimi tavoitteellisesti lineaaristen talousmallien mukaan, vaan pyrkii kiertotalouden keinoin minimoimaan hukkaa sekä toimintansa ympäristövaikutuksia (L&T, 2022).

## 5 KIINTEISTÖHUOLTO

L&T:n mukaan kiinteistöhuollon päällimmäisenä tarkoituksena on taata käyttäjälleen viihtyisä, turvallinen ja energiatehokas ympäristö. Maailman teknologisoitumisella on ollut valtava merkitys myös kiinteistöhuollon alalle. Ala on muiden alojen tavoin murroksessa, ja palveluntarjoajien on uudistettava palveluitaan. Tarpeenmukaisuus on kiinteistöhuollossa näkökulma, joka uudistaa kiinteistöhuollon toimialaa merkittävästi. Sillä tarkoitetaan yksinkertaisuudessaan kunnossapitoketjujen kokonaisvaltaista uudistamista siten, että huoltopäätöksiä ei enää tehdä kalenteriin-, vaan kiinteistöistä ja alueilta saatuun tarkkaan ja mitattuun tietoon - dataan perustuen. Kiinteistöjen käytön voidaan todeta olevan murroksessa. Töitä tehdään hyvin eri lailla, kun mihin on aikaisemmin totuttu. Toimivana esimerkkinä tästä on töiden siirtyminen niin sanottuihin hybridimalleihin, joissa töitä tehdään perinteisten menetelmien sijaan kasvavissa määrin etänä sekä yhteiskäyttötiloissa. Tämä on johtanut siihen, että esimerkiksi kiinteistöihin kohdistuvat yksilölliset tarpeet ja kuluttavat käytänteet ovat jäämässä historiaan. Työelämän murros tuo mukanaan monia mahdollisuuksia, mutta se tarkoittaa myös kehitymis- sekä prosessien päivittämisen tarvetta kiinteistöhuollon näkökulmasta.

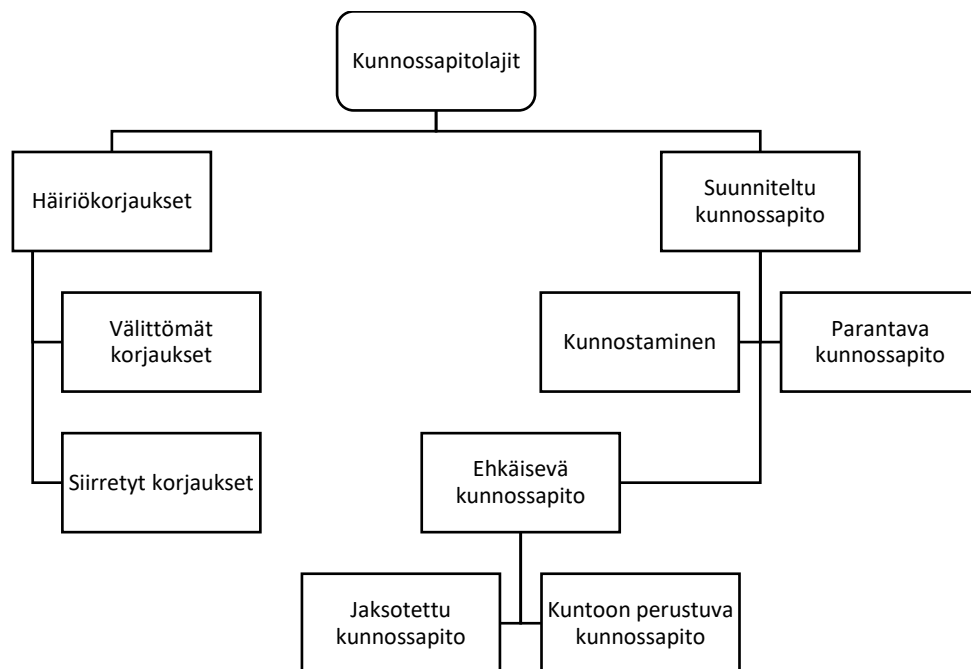
Tarpeenmukaisella kiinteistöhuollolla tarkoitetaan oikea-aikaista sekä runsaasti automatisoitua toimintaa. Kiinteistöjen käytön vähentymisen seurauksena myös havaintojen määrä, joiden mukaan kiinteistöä on huollettu, vähenee. Tähän haasteeseen on mahdollista hyödyntää automaatiota. Havaintojen määrän vähentyminen tarkoittaa osaltaan myös vastuun lisääntymistä kiinteistöhuoltoon kohtaan. Automaation on tarkoitus toimia kiinteistöhuollon työvälineenä osoittamassa poikkeamia, muutoksia, päivitys- sekä huoltotarpeita – oikea-aikaisesti. Automaatio kerää tiloista dataa, jota hyödyntämällä tiedetään, milloin muutoksia tai huoltoa tarvitsee tehdä. Datan analysointi suoritetaan mittausohjelmin sekä raja-arvoihin perustuen, joiden mukaan huollon tarve paljastuu. Automaation tarkoituksena on tuottaa kiinteistöhuoltoon säästöjä työnteon sekä energiatehokkuuden näkökulmista. Sen on tarkoitus edesauttaa kiinteistöjen systemaattista huoltoa juuri silloin kun siitä seuraa suurin hyöty. Huoltotöitä suoritetaan täten monesti preventiivisesti, eli ennen kuin suurempaa vahinkoa on sattunut. Myös siten, että huollon tarve on aina perusteltu, eikä huoltopäätöstä tehdä esimerkiksi ennalta päätettyihin linkaariin perustuen, jotka voivat usein olla vain suuntaa antavia. Tarpeenmukaisuuteen perustuva kiinteistöhuolto mahdollistaa myös teknologisilla sovelluksillaan asiantuntijan itsenäisemmän ja ketterämmän päätöksenteon prosessin, kun jokaista huomiota ei tarvitse varmistaa portaittain. Päätöksiä on mahdollista tehdä aikaisempaa sujuvammin havaintojen perusteessa analysoitavaan dataan.

Tekoälyteknologiaa voidaan hyödyntää yhä enenevässä määrin kiinteistöjen ylläpidossa. Niiden avulla voidaan pyrkiä parantamaan tehokkuutta ja tarkkuutta sekä vähentämään kustannuksia. Teknologioita voidaan käyttää ennakoimaan ylläpidon tarpeita, tunnistamalla mahdolliset haasteet ennen kuin ne

muodostuvat suuriksi ongelmiksi. Tekoäly voi myös analysoida antureiden ja laitteiden keräämää dataa energiankulutuksen optimoimiseksi ja rakennusten suorituskyvyn parantamiseksi. Tekoälyteknologiaan perustuvat chattibotit voivat auttaa ylläpitotehtävien raportoimisessa helpottamalla ja ennen kaikkea nopeuttamalla raportoimista. Koneoppimisalgoritmit taas voivat auttaa ylläpitotehtävien määrittämisessä ja priorisoimisessa. Tekoälyllä on siis potentiaalia mullistaa kiinteistöjen ylläpitoa hyvin kokonaisvaltaisesti. (L&T, 2021).

Kunnossapidon käsite määritellään eri standardien mukaan, joista yleisesti teollisuudessa käytetty on PSK. PSK 6201:2011-standardin mukaan kunnossapito on kokonaisuus teknisiä, hallinnollisia ja johtamiseen liittyviä toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on pitää kohde toimintakunnossa sen elinkaaren ajan tai palauttaa se toimintakuntoon tarvittaessa (Järviö & Lehtiö, 2012). Tämä tarkoittaa käytännössä koneiden ja laitteiden asianmukaista ylläpitoa, mikä sisältää laitteen toimintakunnon ylläpidon, turvallisuusnäkökohdat, laaduntuottokyvyn varmistamisen, elinkaaren hallinnan, käyttöolosuhteiden noudattamisen, laitteen palauttamisen alkuperäiseen kuntoon, modernisoinnin, suunnitteluvirheiden korjaamisen, käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittämisen sekä laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysoinnin (Järviö & Lehtiö, 2012). PSK 6201-standardin mukaiset kunnossapitolajit on esitetty mukailevasti alla olevassa taulukossa (Taulukko 2, Kunnossapitolajit).

Taulukko 2 Kunnossapitolajit mukailtu PSK 6201-standardista



## 5.1 Talvikunnossapito

Talvikunnossapito on perinteisesti jokaiselle suomalaiselle jokseenkin tuttu käsite. Sillä tarkoitetaan talven mukanaan tuomien haasteiden helpottamista siten, että asiat kuten esimerkiksi esteetön kulkeminen on mahdollista. L&T: mukaan talvikunnossapidon olennaisimpia tehtäviä ovat lumenluonti sekä turvallisen kulkemisen mahdollistaminen, esimerkiksi liukkauden torjumisella. Myös kerääntyvän lumen poiskuljetus sekä kattolumikuorman tarkkailu kuuluu yleisimpiin talvikunnossapidon tehtäviin. Talvikunnossapito on Pohjoismaissa erittäin tärkeää, sillä se mahdollistaa esteettömän kulkemisen talviaikaan. Tärkeintä tehokkaan talvikunnossapidon kannalta onkin tarkka suunnittelu sekä sään ilmiöiden ennakointi. Laadukkaan sekä energiatehokkaan talvikunnossapidon kannalta on erittäin tärkeää, että kunnossapitokalusto on liikkeellä oikea-aikaisesti ja optimoidusti. Tätä optimointia voidaan helpottaa teknologialla, jonka avulla mahdollistetaan muun muassa kaluston lähettäminen liikkeelle juuri silloin, kun se on mahdollisimman kustannustehokasta. Täten ei kuluteta turhaan työtunteja, kalustoa tai esimerkiksi polttoainetta. Aktiivinen säätilojen seuraaminen teknologian avulla toimiikin hyvänä esimerkkinä tarpeenmukaisesta talvikunnossapidosta. Hyvä talvikunnossapito pitää kohdeorganisaation mukaan myös huolta siitä, että jätehuolto pääsee toimimaan sujuvasti ja halutulla tavalla. Jätteet on päästävä keräämään myös paikoista, joihin vievät yksityiset tiet on pidettävä aurrattuina ja vapaina kulkemista varten. (L&T, 2022).

Tarpeenmukainen talvikunnossapito huolehtii myös resurssienhallinnasta ja varmistaa, ettei panostuksia tehdä esimerkiksi alueille, mihin niitä ei todellisuudessa tarvita. Talvikunnossapidon yksi merkittävimmistä osista lumitöiden lisäksi on liukkauden estäminen. Teknologian hyödyntäminen kaluston seuraamiseen auttaa resurssien kohdentamisessa niin, ettei esimerkiksi hiekoitussepeleitä levitetä sellaiselle alueelle missä sitä jo on, tai lunta aurata sellaiselta alueelta minkä olisi voinut aurata tärkeämmän alueen jälkeen. Käyttämällä tämän kaltaisessa kiinteistöhuollossa erilaisia sensoreita ja esimerkiksi GPS-paikannukseen perustuvaa teknologiaa, muun muassa sen läpinäkyvyys paranee. läpinäkyvyyden parantuessa myös luottamus kasvaa, jolla on puolestaan positiivinen ekonominen vaikutus yritykselle. Dataa-analysoimalla voidaan suunnitella reitit ja huollon kohteet tehokkaammin ja siten suurentaa energiakädenjälkeä - vähentää hukkakulutusta.

## 5.2 PTS-suunnittelu

Kiinteistöjen järjestelmällinen ylläpito vaatii suunnitelmallisuutta. Ylläpidon suunnittelun tueksi on rakennusten pitkän aikavälin ylläpidon suunnittelu muuttunut osittain lakisääteiseksi vuonna 2010 (Keronen, 2015). Kiinteistöjen pitkän aikavälin suunnitelma (PTS) on strategia, jonka mukaan kiinteistöjä

kunnostetaan, huolletaan ja hallitaan. Sen tavoitteena on huolehtia, että yhtiön omistamat rakennukset pysyvät kunnossa, ovat terveellisiä asua sekä turvallisia käyttää. Suunnitelma perustuu ajantasaiseen tietoon ylläpidetyn kiinteistön nykytilasta, jonka takia PTS-suunnitelman laatimiseen hyödynnetään yleensä kuntoarvioinnin asiantuntijoita. Kuntoarvioinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä tarkastusta, jolla arvioidaan kiinteistön rakenteiden ja järjestelmien kuntoa. Arviolla pyritään myös määrittämään tulevat korjaustarpeet sekä niiden mahdolliset kustannukset. Lakisääteinen PTS sisältää kiinteistön tulevien korjauksien lisäksi myös niiden kustannusarviot sekä kiireellisyysjärjestyksen. Kuntotarkastuksiin erikoistunut Insinööritoimisto Capri Oy:n mukaan yleisimpien kiinteistöjen ongelmien joukkoon kuuluvien sisäilma- ja kosteusongelmien sekä muiden muun muassa niistä johtuvien haasteiden ennalta ehkäisemiseksi olisi hyvin suositeltavaa teettää kiinteistöstä laadukas kuntoarvio sekä pitkän tähtäimen suunnitelma – PTS. Capri mainitsee sivuillaan turhien- sekä väärin ajoitettujen remonttien tuovan teettäjiilleen hyvin kalliiksi. Suunnittelulla voidaan siis säästää rahaa sekä vaurioiden kasvamista merkittävästi. (Capri Oy, 2023).

## 6 DIGITALISAATIO LIIKETOIMINNASSA

Liiketoiminnan digitalisaatiolla tarkoitetaan liiketoimintaprosessien siirtymistä perinteisistä menetelmistä digitaalisiin menetelmiin. Digitalisoitavilla prosesseilla voidaan viitata liiketoiminnassa lukuisiin osa-alueisiin. Näitä osa-alueita voivat olla muun muassa markkinointi, asiakaspalvelu ja vaikkapa yrityksen tietojärjestelmien toiminnot. Digitalisoituvassa maailmassa digitalisaation merkitys liiketoiminnalle on vähintäänkin valtava. Kaikilla osa-alueilla tavoite on kuitenkin liiketoiminnan näkökulmasta sama; liiketoiminnan tehostaminen ja kilpailuedun saavuttaminen. Digitalisaatio mahdollistaa yrityksen prosessien tehostamisen strategiselta- aina operatiiviselle tasolle asti. Siitä syystä digitalisaatiota voidaan pitää nykyajan merkittävimmistä elinehdosta tehokkaan liiketoiminnan ja tuottavuuden mahdollistajana. Tietoteknisiä ratkaisuja hyödynnetään jatkuvasti jokapäiväisessä elämässä, joten Madakamin, Holmukhen ja Jaiswalin näkemystä (2019) paremmin- ja helpommin käytettävien IT ratkaisujen tarpeen lisääntymisestä voidaan pitää lähes itsestäänselvytenä. Heidän mukaansa erityisesti robotiikka ja robottiprosessiautomaatio (RPA) ovat mahdollistaneet kustannustehokkaiden sekä helppokäyttöisten IT ratkaisujen hyödyntämisen yrityksille. (Madakam, Holmukhe & Jaiswal, 2019). Alberthin ja Matternin mukaan (2017) tekoäly- ja erityisesti koneoppiminen ovat myös tulleet osaksi RPA-ratkaisuja, jotka mahdollistavat RPA:n laajemmat käyttömahdollisuudet ja vaikutukset esimerkiksi ihmistyön tarpeeseen sekä toisaalta suoritteiden onnistumiseen. (Alberth & Mattern, 2017).

### 6.1 Robottiprosessiautomaatio

Robottiprosessiautomaatio (RPA) on tietotekninen menetelmä, joka hyödyntää erilaisia ohjelmistokomponentteja. Ne tunnetaan kansankielisesti termillä "robotit". Robotit ohjelmoidaan suorittamaan erityisesti systemaattisia ja toistuvia digitaalisia tehtäviä tietokonejärjestelmissä. RPA-robotit kykenevät simuloimaan ja automatisoimaan monenlaisia tehtäviä, kuten tiedonsyöttöä, tiedostojen siirtämistä sekä tietojenkäsittelyä erilaisissa ohjelmistoissa ja tietojärjestelmissä. RPA-robotit toimivat tarkoin määriteltyjen ohjeiden ja sääntöjen perusteella ja ne pystyvät suorittamaan tehtäviä nopeasti ja virheettömästi ilman, että ihmisen tarvitsee suoritteita välttämättä erikseen valvoa. Erityisen hyödyllinen RPA on organisaatioille, joilla on merkittäviä määriä toistuvaa digitaalista tietojenkäsittelyä, ja jotka tavoittelevat prosessiensa kokonaisvaltaista tehostamista esimerkiksi ajan säästämistä tai inhimillisten virheiden minimoimista.

RPA:lle potentiaalisia sovellutuskohteita on hyvin paljon, ulottuen finanssialalta terveydenhuoltoon ja asiakaspalveluun (Madakam, Holmukhe & Jaiswal, 2019). Tutkimuksen kohdeorganisaation näkökulmasta edellä mainituista etenkin



jälkimmäistä, virtuaaliavusteista asiakaspalvelua, voidaan pitää kiinnostavana sekä potentiaalisena tutkimusalueena, jota voidaan suositella lisätarkastelun kohteeksi. RPA mahdollistaa organisaatioiden toiminnan tehokkuuden parantamisen ja kustannusten hallinnan optimoinnin, jonka voidaan todeta vastaavan tutkielman kohdeorganisaatio L&T:n tietotarpeeseen.

## 6.2 Olosuhdeohjattavuus

Olosuhdeohjattavuudella tarkoitetaan eri järjestelmien toimimista yhdessä saumattomasti niin, että toiminta ja järjestelmien ominaisuudet mukautuvat ilman erillistä käskyä olosuhteiden muutoksiin. Ennakoivassa kiinteistöhuollossa tällä voidaan tarkoittaa vaikkapa lämmityksen, ilmastoinnin ja valaistuksen yhteistä toimintaa. Olosuhdeohjattavuus voi myös auttaa ennakoimaan kiinteistöjen eri järjestelmien huoltotoimenpiteitä, jonka voidaan todeta mukailevan ennakoivan kiinteistöhuollon piirteitä. Tällä, niin kuin yleensäkin ennakoivilla kiinteistöhuollon toimenpiteillä, pyritään vaikuttamaan kiinteistöjen kustannustehokkuuteen sekä kiinteistöhuollon kestäviin toimintamalleihin. Kiinteistöjen eri järjestelmien toiminnan perustuessa dataan, paranee kiinteistöjen kyvykkyydet energiankulutuksen vähentämisessä sekä esimerkiksi ilman laadun parantamisessa. Edellä mainituilla seikoilla voidaan nähdä olevan merkittävä vaikutus kiinteistön kustannustehokkaaseen sekä myös miellyttävään hyödyntämiseen. L&T:n mukaan olosuhdeohjattavuus parantaa huomattavasti kiinteistöjen käyttövarmuutta sekä alentaa niiden käyttökustannuksia etenkin pitkällä aikavälillä. (L&T, 2023).

## 7 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimusmenetelmäksi tälle pro gradu -tutkielmalle valikoitui systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tutkimusmenetelmän valintaan vaikutti merkittävämmiin toimeksiannon tehneen yrityksen, L&T:n, ilmi tuoma tietotarve. Jo tutkielman tutkimuskysymyksiä muotoiltaessa selvisi, että L&T:llä on tarve tiiviille tietopakettille, josta käy ilmi mitä ennakoivasta kiinteistöhuollosta ja siihen liittyvistä seikoista jo tiedetään kirjallisuudessa, ja minkälaisia sovellutuskohteita tekoälyllä on vastaavilla toimialoilla. Tähän tietotarpeeseen pystytään vastaamaan tehokkaasti systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmiä hyödyntäen. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tullaan esittelemään tutkimusmenetelmänä tarkemmin jäljempänä.

### 7.1 Tutkimusmenetelmä

Systemaattisella kirjallisuuskatsauksella tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa pyritään vastaamaan tiettyyn, tai tiettyihin, tutkimuskysymyksiin tuomalla valitun tutkimusalueen seikkoja esiin järjestelmällisesti sekä toistettavasti. Systemaattisella kirjallisuuskatsauksella voidaan luoda ymmärrystä suureen informaation määrään valitulta tutkimusalueelta. Tähän tutkimusmenetelmään kuuluu tyypillisesti perusteellinen suunnitteluvaihe, jossa tutkimuskysymykset valitaan tarkkaan vastaamaan haluttua aihealuetta. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus pyrkii luomaan laajan ja kattavan kuvan tutkimusaiheesta, joka analysoidaan usein tutkimusmenetelmään liittyvien metodien tavoilla - systemaattisesti. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on useita vaiheita, joissa katsaus suoritetaan. Näitä voivat olla esimerkiksi kirjallisuushakujen suorittaminen, materiaalin kokoaminen ja arviointi sekä tutkimustulosten raportointi. Kirjallisuushaun kannalta on suositeltavaa, että haut suoritetaan valikoiduista tietokannoista ja suunniteltuja hakusanoja käyttäen. Tässä tutkielmassa käytetään tutkimusalueen soveltuvuuden vuoksi enimmäkseen Google Scholar tietokantaa. Kirjallisuushaun valmistuttua tutkimukset kerätään yhteen analysoitavaksi. Yhteenvedolla voidaan luoda kattava kuva valitusta tutkimuskentästä, sen potentiaalista lisätutkimuksen kannalta ja myös sen mahdollisista puutteista. Petticrewn mukaan (2008) systemaattisella kirjallisuuskatsauksella voidaan luoda järjestystä sekä ymmärrystä suuresta määrästä informaatiota. (Petticrew, 2008).

## 7.2 Tutkimuskysymykset

Tämän Pro Gradu- tutkielman tarkoituksena on tarkastella tekoälyteknologioiden potentiaalia ennakoivan kiinteistöhuollon prosessien edistämässä. Ennakoivuus on näkökulma, jolla tarkoitetaan kiinteistöhuollon kontekstissa päätöksenteon perustamista kiinteistöistä sekä sen alueilta mitattuun ja analysoituun dataan. Tarpeenmukaisuudella, sekä siitä johdetulla ennakoitavuudella, pyritään kiinteistöhuollossa optimoimaan resursseja. Teknologia on kiinteistöhuollon tarpeenmukaistamisen merkittävin tekijä ja mahdollistaja. Kiinteistöhuollon toimiala on murroksessa, ja uusia innovaatioita tarvitaan. Siitä syystä tämän tutkielman avulla selvitetään, miten tekoälyä voitaisiin hyödyntää kohdeyrityksen, L&T:n kiinteistöhuollon prosessien tehostamisessa. Tutkielma on tehty systemaattisena kirjallisuuskatsauksena, jonka tavoite on esitellä mitä tutkimusaiheista jo tiedetään, jotta tietoa voidaan hyödyntää jälleen jatkotutkimukseen, sekä mahdollisesti jopa sovellutuksien tuotteistamiseen. Tutkielman selkeyttämiseksi on etukäteen laadittu tutkimuskysymykset, joiden on tarkoitus ohjata tutkimusta. Erityisesti tutkielmassa pyritään tutkimaan tekoälyn potentiaalia tietyssä kontekstissa, joten on tärkeää saada kuva toimialan nykytilasta;

Tutkimuskysymys 1: *"Mitä kiinteistöhuollon prosesseja voitaisiin tehostaa tekoälyteknologian avulla?"*

Lisäksi tutkielman tavoitteena on selvittää kirjallisuuden avulla;

Tutkimuskysymys 2: *"Minkälaisia tekoälyteknologioita voitaisiin hyödyntää kiinteistöhuollon prosessien tehostamisessa?"*

Tutkimuskysymys 3: *"Minkälaisia vaikutuksia tekoälyteknologioiden hyödyntämisellä kiinteistöhuollossa voi olla liiketoiminnan näkökulmasta?"*

Jälkimmäiset kolmesta tutkimuskysymyksestä ovat tämän tutkielman niin sanottuja pääasiallisia tutkimuskysymyksiä, joiden tavoitteena on ensisijaisesti selvittää kirjallisuuden avulla sellaisia tekoälyteknologian sovellutuksia, joita jo hyödynnetään muilla toimialoilla ja mitä olisi mahdollista implementoida kiinteistöhuollon toimialalle ja mahdollisesti kohdeyrityksen käyttöön.

## 8 TULOKSET

Tässä luvussa tulen esittelemään tutkimustulokset. Tutkimusta ja sen tuloksia tarkastellaan etenkin liiketoiminnan sekä kestävän toiminnan näkökulmista.

### 8.1 Kiinteistöhuollon prosessit

Tekoälyn ja kiinteistöhuollon voidaan tehdyn tutkimuksen perusteella todeta yhdessä muodostavan merkityksellisen ja huomattavan potentiaalisen tutkimusalueen. Tekoälyteknologioita voidaan käyttää tutkimuksen perusteella useiden kiinteistöhuollon prosessien tehostamiseen. Sen avulla perinteinen kiinteistöhuolto voidaan päivittää tehokkaasti vastaamaan ajanmukaista, ennakoivaa kiinteistöhuoltoa. Tämä voidaan toteuttaa muun muassa tekoälyalgoritmien analysoinnin avulla erilaisista antureista ja datalähteistä, ennustaakseen esimerkiksi erilaisten laitteiden ja järjestelmien vikatiloja, puutoksia tai vaikkapa huollontarvetta. Huoltotoimenpiteet voidaan täten suunnitella etukäteen, lyhentämällä mahdollisia käyttökatoja. Tekoälyä hyödyntävä teknologia mahdollistaa myös energian käytön optimoinnin kiinteistöissä. Potentiaalisimpina tekijöinä voidaan tämän tutkimuksen perusteella pitää erilaisten anturitietojen ja esimerkiksi sääennustusten perusteella lämmitys-, jäähdytys- ja valaistusjärjestelmien säätämistä maksimaalisen energiatehokkuuden saavuttamiseksi.

Lisäksi tekoälyn avulla potentiaalisesti tehostettavia prosesseja löydettiin myös kiinteistöjen turvallisuuden ylläpidossa ja parantamisessa. Ne ovat kiinteistöhuollon keskeisiä prosesseja, joiden tehostamiselle olisi tutkimuksen perusteella tarvetta. Tekoälyteknologioiden avulla voidaan havaita esimerkiksi erilaisia uhkia, jotka asettaisivat huomaamatta jäätyään kiinteistön alttiiksi turvattomuudelle. Kiinteistöjen turvallisuutta voitaisiin parantaa tekoälyteknologiaa hyödyntävillä turvakameroilla ja kulunvalvonnalla. Näin voitaisiin parantaa kiinteistön turvallisuutta ja sen ylläpidon tehokkuutta kokonaisvaltaisesti.

Edellä mainittujen kiinteistöhuollon osa-alueiden lisäksi tekoälyn potentiaali voidaan nähdä myös kiinteistöhuollon palveluntarjoajan asiakaspalvelussa. Asiakaspalvelu on tärkeä osa kiinteistöhuoltoa, ja sitä parantamalla voidaan nähdä positiivisia vaikutuksia ja kilpailuetua. Palvelua voidaan tarjota 24/7 tekoälychatbottien avulla mahdollistaen reaaliaikaisen palvelun koko ajan. Asiakastuen tapahtuessa tekoälyavusteisesti, voidaan palvella asiakkaita vastaamalla kysymyksiin sekä ratkaisemalla ongelmia tehokkaasti. Tällä voidaan nähdä olevan positiivinen vaikutus asiakastyytyväisyyteen ja siten kokonaisvaltaiseen liiketoimintaan.

Tekoälyteknologioiden avulla voidaan siis tämän tutkimuksen perusteella optimoida kiinteistöhuoltotehtävien ajoitusta, ennustaa laitteiden vikojen ilmaantumista, vähentää käyttökatoja ja lisätä laitteiden elinkaarta. Lisäksi kyseiset teknologiat voivat tukea palveluntarjoajan asiakaspalvelua, auttaa

energiankulutuksen optimoinnissa ja parantaa kiinteistöjen turvallisuutta. Tämä tutkielma ja sen kirjallisuuskatsaus avasi oven lukuisille tekoälypohjaisille teknologioille ja erityisesti niiden potentiaalisille sovellutuksille kiinteistöhuollon alalla.

## **8.2 Tekoälyteknologioiden liiketoimintavaikutukset kiinteistöhuollossa**

Tämän tutkielman, sekä sen toimeksiannon tehneen yrityksen L&T:n, intresseihin kuuluu kiinteistöhuollossa mahdollisesti hyödynnettävien tekoälyteknologioiden löytämisen lisäksi kyseisten teknologioiden hyödyntämisen liiketoimintavaikutuksien tutkiminen. Tässä luvussa esitellään tutkimuksen perusteella perusteltuja vaikutuksia yritykseen liiketoiminnan näkökulmasta.

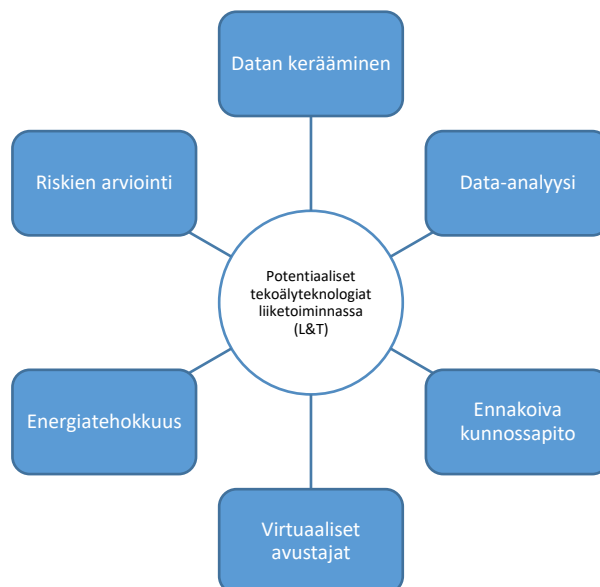
Tutkimuksen perusteella tekoälyteknologian hyödyntämisellä kiinteistöhuollossa voidaan saada yritykselle erittäin merkittäviä positiivisia liiketoimintavaikutuksia. Tulosten perusteella voidaan todeta, että tutkimus tarjoaa mielenkiintoisen näkökulman siihen, kuinka kohdeorganisaatio voi hyötyä prosessiensa optimoinnista ja automatisoinnista tekoälyteknologioiden avulla. Tämä johtaa parhaimmillaan kokonaisvaltaisen tehokkuuden lisääntymiseen sekä merkittäviinkin kustannussäästöihin. Edellä mainitut toiminnot voidaan siis nähdä potentiaalisena liiketoiminnan kokonaiskannattavuuden kohentajana. Myöskään esimerkiksi energiatehokkuuden ehostumisen myötä yritykselle koituvia positiivisia mainevaikutuksia ei pidä sivuuttaa liiketoimintavaikutuksena. Ympäristövaikutuksien pienentyessä, voivat liiketoiminta ja palvelut houkuttaa ympäristötietoisia asiakkaita ja edistää siten yrityksen mainetta ympäristömyönteisenä toimijana. Tutkimuksen perusteella on selvää, että kiinteistön käytöstä ja huollosta keräämä tieto tekoälyteknologisin menetelmin, voi olla arvokasta kohdeorganisaatio L&T:lle. Se voi auttaa yritystä tekemään kannattavampia päätöksiä sekä parantamaan liiketoiminnan suorituskykyä.

## 9 POHDINTA

Tässä luvussa pohditaan tutkimuksessa esiin tulleita tuloksia kohdeorganisaation alkuperäisen tietotarpeen kannalta. Pohdinnassa esitellään tutkimuksen tuloksista johdettuja päätelmiä, kohdeyrityksen kannalta tärkeiksi tunnistetuista tekoälyn ja kiinteistöhuollon yhdessä muodostaman tutkimusalueen tekijöistä. Pohdinta pitää myös sisällään tutkimuksen prosessin arvioinnin, jossa käydään läpi tutkimuksen suorittamiseen liittyviä seikkoja, sekä tutkimuksen perusteella relevanteiksi tunnistetut jatkotutkimusaiheet.

### 9.1 Tekoälyn hyödyntäminen

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen perusteella tunnistettuja sovellutuskohdeita, joihin tekoälyä voitaisiin hyödyntää vaikuttamalla kohdeyrityksen liiketoimintaan positiivisin seurauksin. Sovellutuskohdat esitellään ensin kuvaajan avulla, jonka jälkeen selitetään, mitä kullakin sovellutuskohdeella tarkoitetaan. Sovellutuskohdeet ovat tiivistetty tähän osioon kuvaamaan helposti ymmärrettävässä muodossa (Kuva 6, Tekoälyn potentiaaliset sovellutuskohdeet), minkälaisissa konteksteissa tekoälyä voitaisiin hyödyntää tehostamaan kohdeorganisaatio L&T:n prosesseja;



Kuva 6: Tunnistetut tekoälyn potentiaaliset sovellutuskohdeet L&T:n liiketoiminnassa

### 9.1.1 Datan kerääminen

Tiedon kerääminen eri kiinteistöhuollon osa-alueilta, kuten energian kulutuksesta, laitteiden toiminnasta ja ylläpitohistoriasta voi tarjota L&T:lle arvokkaita resursseja ylläpitosuunnitelmiansa optimoimiseksi, sekä mahdollisten ongelmien havaitsemiseksi ennen kuin ne muodostavat merkittäviä käyttökatoja ja muita haittoja kiinteistöjen toiminnalle.

### 9.1.2 Data-analyysi

Kerätyn tiedon analysointi tekoälyä hyödyntäen voi auttaa L&T:tä tunnistamaan toimintoja ja niiden trendejä, jotka voisivat muuten jäädä huomaamatta perinteisin menetelmin analysoitaessa. Tämä edesauttaa isännöintiä ja dataperusteista päätöksentekoa muun muassa ylläpidon suunnitelmista, laitevaihtoista sekä muista tärkeistä päätöksistä.

### 9.1.3 Ennakoiva kunnossapito

Tekoälyä voidaan hyödyntää ennakoivan kiinteistöhuollon ja ylläpidon suorittamiseen dataperusteisesti, esimerkiksi laitteiden suorituskyky huomioon ottaen. Tämä voi edesauttaa isännöintiä aikatauluttamaan huollot ja ylläpidon ennen kuin laitteet tai järjestelmät vaurioituvat, välttämällä kalliit korjaukset ja niistä johtuvat seisonta-ajat. Ennakoiva kiinteistöhuolto edesauttaa L&T:n kannattavuutta esimerkiksi nostamalla ylläpitämiensä laitteiden käyttöasteita välttämällä tuotantokatkoksia ja laitteidensa korjauksesta koituvia kustannuksia. Tällä lähestymistavalla voidaan myös vähentää ylläpidon kokonaiskustannuksia, pienentää varastoitujen varaosien pääomatarvetta sekä leikata huoltoihin liittyviä siirto- ja matkustuskuluja. Seurannan perustuessa reaaliaikaiseen dataan, voidaan reagoida nopeasti tilanteisiin, jotka vaativat huomiota ja voisivat huomiotta jättäneenä johtaa kalliisiin seurauksiin. (Collin & Saarelainen, 2016).

### 9.1.4 Virtuaaliset avustajat

Tekoälyperusteisilla virtuaaliavustajilla, kuten chatboteilla, voidaan tarjota kiinteistöjen käyttäjille palvelua tehokkaasti, vastaamalla esimerkiksi kysymyksiin ja huolenaiheisiin nopeasti. Näin voidaan vapauttaa isännöitsijän aikaa monimutkaisempien ongelmien ratkaisemiseen sekä kiinteistöjen todettujen huoltotarpeiden täyttämiseen.

### 9.1.5 Energiatehokkuus

Tekoälyteknologia voidaan hyödyntää kiinteistöjen energiankulutuksen optimoimiseksi. Se mahdollistaa kustannuksien- sekä kiinteistöistä aiheutuvien negatiivisten ympäristövaikutusten vähentämisen dataperusteisesti. Tähän voidaan pyrkiä automatisoimalla järjestelmiä, kuten lämmityksen ja valaistuksen.

Tekoälytekniologian mahdollistamalla ennakoivalla analyysillä ja reaaliaikaisella seurannalla voidaan saavuttaa kiinteistöjen optimoitu energiankulutus.

#### **9.1.6 Riskien arviointi**

Tekoälyä voidaan hyödyntää myös kiinteistöihin kohdistuvien turvallisuusvaarojen sekä muunlaisten riskitekijöiden havaitsemiseen. Kiinteistön ylläpitäjien kyvykkyydet paranevat tekoälytekniologian myötä ennakoivien toimenpiteiden tekemisen ja yleisen turvallisuuden mahdollistamisen osalta, esimerkiksi puutteista johtuvien vammojen tai muiden haittojen ehkäisemisessä.



## 9.2 Tutkimusprosessin arviointi

Systemaattista kirjallisuuskatsausta voidaan pitää arvokkaana ja hyväksyttävänä tutkimusmenetelmänä erilaisiin tutkimusaiheisiin. Se on hyväksytty tutkimusmenetelmä pro gradu -tutkielman laatimista varten Jyväskylän Yliopistossa. Menetelmää käytetään etenkin silloin, kun pyritään kokoamaan ja analysoimaan olemassa olevaa tutkimustietoa tietyllä aihealueella tai tutkimuskysymyksessä. Tähän tutkielmaan tutkimusmenetelmänä systemaattinen kirjallisuuskatsaus valikoitui puhtaasti työn toimeksiantaneen organisaation, L&T:n, tietotarpeen perusteella. L&T tunnisti tarpeen, jonka mukaan he tarvitsivat kootun keräävän aineiston olemassa olevasta tutkimuksesta tekoälyn ja kiinteistöhuollon yhdessä muodostamasta tutkimusalueesta. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus vastaa tähän tietotarpeeseen tehokkaasti. Koska aihealueet eivät muodosta yhdessä vielä kovinkaan tunnettua tutkimusaluetta, voidaan tutkielman kattavuutta analysoida kriittisesti. Jo tutkimusmateriaalin keräämisen vaiheessa oli huomattavaa, kuinka vähän aiheita oli tutkittu yhdessä. Voidaankin siten todeta jatkotutkimuksen olevan tärkeää mahdollisimman kattavan kuvan saamiseksi tutkimusalueesta viimeistään siinä vaiheessa, kun yritys harkitsee investointeja alalle.

Tutkimuksen objektiivisuutta voidaan myös analysoida kriittisesti. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus perustuu tarkkojen protokollien seuraamiseen tiedonkeruussa ja analyysissa. Tutkimusaineistossa käytettyjen, kohdeorganisaation omien tietojen hyödyntämistä voidaan täten olettaa vaikuttaneen tutkimuksen objektiivisuuteen osaltaan. Sekin voidaan kuitenkin todeta, että tutkimustulosten potentiaalinen implementointi yrityksen käyttöön käytännössä olisi turhaa niin sanotusti keksiä pyörää uudestaan. Tällä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että jos jotain aiheeseen liittyvää on jo tutkittu, kannattaa se huomioida uuden tutkimustiedon osana. Tutkijan omien ennakkoluulojen kannalta objektiivisuutta voidaan osittain kyseenalaistaa tieteen tekemisen näkökulmasta jo pelkästään toimeksiantosopimuksen perusteella.

Systemaattiselle kirjallisuuskatsaukselle on tyypillistä ehdotuksien ja suositusten esittäminen jatkotutkimuksen tarpeista ja aiheista, eikä tämäkään tutkielma ei ole siihen poikkeus. Ehdotetut jatkotutkimusaiheet tullaan esittelemään tarkemmin edempänä. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on tyypillisesti myös aikaa ja resursseja niukasti vaativa tutkimusmenetelmä, sillä siinä hyödynnetään jo olemassa olevaa tietoa ja tutkimusta. Näiden osalta voidaan tämän tutkielman nähdä edustavan poikkeusta. Kirjallisuuskatsauksen systemaattisuutta voidaan luonnehtia niukaksi, osittain referenssimateriaalin- sekä saatavilla olevan kirjallisuuden niukkuuden vuoksi. Tutkielman tekemisen aikataulu myös venyi reilusti alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta poiketen. Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmän kontekstin voidaan olevan melko kapea, jota voidaan tieteesä pitää ainakin tiettyyn pisteeseen asti toivottavana. Siinä pyritään

tasapainottelemaan tutkimussuunnitelman asettamien- sekä tieteellisten vaatimusten välillä, vastaten kuitenkin tehokkaasti tutkimukselta vaadittuun tietotarpeeseen. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään erityisesti tarjoamaan perusta tutkimusaiheen jatkotutkimukselle sekä esitellä tutkimusaiheen liiketoimintamahdollisuudet kohdeorganisaation hyödynnettäväksi.

### 9.3 Jatkotutkimus

Tekoälyn ja kiinteistöhuollon yhdessä muodostama tutkimusalue voidaan todeta tämän tutkimuksen perusteella tärkeäksi tutkimusaiheeksi myös tulevaisuudessa. Tutkimuksen perusteella on löydetty useita jatkotutkimusaiheita, joita esittelen tässä kappaleessa tarkemmin.

Tutkimus tekoälyn sovellutuskohteista ennakoivassa kiinteistöhuollossa muodostaa mielenkiitoisen lähtökohdan jatkotutkimukselle. Akateemisessa kirjallisuudessa tekoälyn yhä tarkempi ja tehokkaampi hyödyntäminen kiinteistöjen ennakoivassa ylläpidossa nousi merkittäväksi tekijäksi kirjallisuutta analysoitaessa. Lisätutkimuksen aiheeksi voidaan tästä johtaa tutkimus siitä, kuinka voitaisiin kehittää yhä kehittyneempiä ennustusmalleja, jota voitaisiin hyödyntää mahdollisten vikojen tunnistamiseen kiinteistöissä sekä niiden järjestelmissä ja laitteistoissa. Toisaalta myös esimerkiksi optimaalisten huoltotoimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

Toiseksi merkittäväksi jatkotutkimuskohteeksi löydettiin tutkimuksen perusteella tekoälyn ja asiakaspalvelun yhdessä muodostama potentiaali. Tekoälyn avulla voitaisiin edelleen parantaa asiakaspalvelua sekä kiinteistöjen käyttäjäkokemusta.

Resurssitehokkuuden sekä ympäristöystävällisyyden seikat mielletään myös yhä tärkeämmiksi näkökulmiksi tieteessä. Aiheet liittyvät myös kiinteistöhuoltoon tiiviisti, joten ne yhdessä muodostavat mielenkiintoisen tutkimusalueen jatkotutkimusta varten. Tämä tutkielma myös vahvistaa sen. Tekoäly voisi mahdollisesti auttaa tehokkaasti esimerkiksi kiinteistöjen ympäristövaikutuksien seurannassa ja vähentämisessä.

Edellä mainittujen jatkotutkimusaiheiden lisäksi tekoälyä tutkiessa tulee usein eteen kysymykset lainsäädännöstä ja tekoälyn eettisistä seikoista. Näitä tulisi myös tutkia tulevaisuudessa yhä enemmän, tekoälyn tullessa läheisemmäksi osaksi myös kiinteistöhuollon toimintaympäristöä.

Edellä mainitut jatkotutkimusaiheet ovat tämän tutkielman perusteella löydettyjä, ja aikaisempaan tutkimukseen perustuvia. Jatkotutkimusaiheet tullaan esittelemään merkittävänä kontribuutiona tutkielman toimeksiannon tehneen yrityksen, L&T:n, hyödynnettäväksi.

## LÄHTEET

- Ailisto, H., Heikkilä, E., Helaakoski, H., Neuvonen, A. & Seppälä, T. (2018). Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus.
- Alberth, M., & Mattern, M. I. C. H. A. E. L. (2017). Understanding robotic process automation (RPA). *Journal of Financial Transformation*, 46, 54-61.
- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning*. MIT press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Campusta (2022). [campusta.fi/blogi/millaista-kiinteistonhuolto-on-tulevaisuuden-toimistokiinteistoissa/](https://campusta.fi/blogi/millaista-kiinteistonhuolto-on-tulevaisuuden-toimistokiinteistoissa/) [viitattu 28.8.2022]
- Capri Oy (2023). [PTS eli pitkän tähtäimen suunnitelma: kaikki mitä siitä tulisi tietää \(capri.fi\)](https://www.capri.fi/PTS-eli-pitkan-tahtaimen-suunnitelma-kaikki-mita-siita-tulisi-tietaa-(capri.fi)) [Viitattu 20.08.2023]
- Caverion (2021). [www.caverion.fi/blogi/kiinteistot/tekoaly-mahdollistaa-tarpeenmukaisen-kiinteistonhuollon/](https://www.caverion.fi/blogi/kiinteistot/tekoaly-mahdollistaa-tarpeenmukaisen-kiinteistonhuollon/) [viitattu 18.10.2022]
- Collin, J., & Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*.
- Euroopan parlamentti. [Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/ajankohtaista/2023/09/11/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta-ajankohtaista) [Viitattu 11.9.2023]
- Gordon, B. (2011). *Artificial Intelligence: Approaches, Tools and Applications*. Nova Science Publishers, Inc., USA.
- Hawking, S. 2016. This is the most dangerous time for our planet. *The Guardian*.  
<https://www.theguardian.com/commentisfree/2016/dec/01/stephenhawking-dangerous-time-planet-inequality> [Viitattu 26.8.2022]
- Järviö, J.; Lehtiö, T. 2012. *Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. 5., uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- Kääriäinen, J., Aihkisalo, T., Halén, M., Holmström, H., Jurmu, P., Matinmikko, T., ... & Tirronen, J. (2018). *Ohjelmistorobotiikka ja tekoäly-soveltamisen askelmerkkejä*.
- Koski, O. (2018). Tekoäly ja muuttuva työ. *Työpoliittinen aikakauskirja*, 1(2018), 11-22.
- Keronen, V. (2015). *Kiinteistöjen pitkän tähtäimen suunnitelman kehitys ja toimintamalli*. Insinööriyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka

- Lassila&Tikanoja (2022).  
[www.lt.fi/fi/yritysasiakkaat/palvelut/kiinteistohuolto/ulkoalueiden-hoito-ja-talvikunnossapito](http://www.lt.fi/fi/yritysasiakkaat/palvelut/kiinteistohuolto/ulkoalueiden-hoito-ja-talvikunnossapito) [viitattu 28.8.2022]
- Lassila&Tikanoja vuosikertomus 2021. [vuosikertomus.lt.fi/wp-content/uploads/2022/02/lassila-tikanoja-vuosikertomus-2021-vuosikatsaus.pdf#page=12](http://vuosikertomus.lt.fi/wp-content/uploads/2022/02/lassila-tikanoja-vuosikertomus-2021-vuosikatsaus.pdf#page=12)
- Leventhal, B., & Langdell, S. (2013). Adding value to business applications with embedded advanced analytics. *Journal of Marketing Analytics*, 1(2), 64-70.
- Lind, H., & Muyingo, H. (2012). Building maintenance strategies: planning under uncertainty. *Property Management*.
- Lu, H., Li, Y., Chen, M., Kim, H. & Serikawa, S. (2017). Brain intelligence: Go beyond artificial intelligence. *Mobile Networks and Applications*, 1-8.
- Merilehto, A. (2018). Tekoäly. Matkaopas johtajille. Liettua: Balto Print.
- Madakam, S., Holmukhe, R. M., & Jaiswal, D. K. (2019). The future digital work force: robotic process automation (RPA). *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 16.
- Nilsson, NJ. (2009). The quest for artificial intelligence. Cambridge University Press.
- Pekkarinen, T. (2018). Suuret tietomassat ja koneoppiminen makrotaloustieteellisessä tutkimuksessa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 114.
- Rakennustieto Oy. (2018). Asuinkiinteistön kunnossapitosuunnitelman laatiminen. RT 18-11295. Rakennustieto Oy.
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J.-M. (2021). Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy – Multiple case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105155.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105155>
- Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of information science*, 33(2), 163-180.
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence : A modern approach* (Third edition, Global edition ed.). Harlow: Pearson Education Limited.
- Sidney, R. (1992). Planned preventive maintenance and the maintenance contractor. *Property Management*.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2019). Edelläkävijänä tekoälyaikaan Tekoälyohjelman loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:23.
- Vierikko, K., Nieminen, H., Salomaa, V., Häkkinen, J., Salminen, J., & Sorvari, J. (2020). Kiertotalous maankäytön suunnittelussa. Suomen ympäristökeskuksen raporteja 45/2020.

- Whittaker, M., Crawford, K., Dobbe, R., Fried, G., Kaziunas, E., Mathur, V., ... & Schwartz, O. (2018). AI now report 2018. AI Now Institute at New York University.
- Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224.