

Tuukka Nyrhinen

# TEKOÄLY MAANVILJELYSSÄ



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2020

## TIIVISTELMÄ

Nyrhinen, Tuukka  
Tekoäly maanviljelyssä  
Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 26 s.  
Tietojärjestelmätiede, Kandidaatin tutkielma  
Ohjaaja(t): Seppänen, Ville  
Kyppö, Jorma

Tämän kandidaatin tutkielman tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuskatsauksen avulla minkälaisia vaikutuksia tekoälyllä, ja sitä hyödyntävällä teknologialla on maanviljelyyn. Näitä vaikutuksia lähdettiin etsimään perehtymällä tutkielmassa ensin tekoölyyn ja maatalouteen, siinä eritoten maanviljelyn näkökulmaa korostaen. Tekoölyn määritelmän ollessa toistaiseksi vaikeaselkoinen, ja maatalouden ollessa käsitteenä hyvin laaja, on tutkielmassa rajattu näkökulma. Tekoäly nähdään yhdistelmänä useampia teknologioita, jonka yhteisvaikutusta voidaan kuvata älykkääksi. Maatalouden osalta taas erityisen huomion saa maanviljely, ja erityisesti sen jokseenkin uusi tekniikka, täsmäviljely. Kirjallisuuskatsauksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että uusien tekniikoiden tutkiminen ja kehittäminen on maanviljelyn kannalta erittäin tärkeää. Tekoäly tuo laaja-alaisesti mahdollisuuksia uusille toimintatavoille, joilla voidaan taklata muuttuvien olosuhteiden asettamia haasteita. Suurimmaksi haasteeksi kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan nähdä toistaiseksi tekoälyteknologioiden rajoittuneisuus, suuret investointikustannukset sekä lainsäädännön ja tukiverkostojen riittämättömyys.

Asiasanat: tekoäly, robotiikka, maatalous, maanviljely, täsmäviljely

## ABSTRACT

Nyrhinen, Tuukka  
Artificial intelligence in agriculture  
Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 26 s.  
Information systems, Bachelor's thesis  
Supervisor(s): Seppänen, Ville  
Kyppö, Jorma

The aim of this Bachelor's thesis was through to find out what kind of effects artificial intelligence (AI) and technologies based on it have on agriculture. This was pursued by conducting a literature review where firstly definitions of artificial intelligence and agriculture were examined. The viewpoints in this thesis were highly concentrated due to the complexity and broadness of definitions. Artificial intelligence is seen as a combination of technologies which together can be described as intelligent. For agriculture the emphasis in this thesis will be on crop management and specifically on precision farming. As a result of this literature review it can be concluded that there is a need for researching further and developing new technologies for the agriculture industry. Artificial intelligence may provide new ways of practice in a large scale to the field of agriculture with which to tackle the challenges of a changing environment. According to this literature review the most significant challenges with AI can be viewed as constrictions in the functions of current artificial intelligence technologies, demand of high-cost investments and limitations in legislation in addition to insufficiency in support networks.

Keywords: Artificial intelligence, AI, agriculture, precision farming, robotics

## KUVIOT

Kuvio 1: Tiedon tasot .....	11
Kuvio 2: Tekoälyn rajoitteet. ....	12
Kuvio 3: Teknologian kehitys maatalan johtamisessa. ....	18
Kuvio 4: Tekoäly maanviljelyssä. ....	19

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 TEKOÄLY.....	8
2.1 Koneoppiminen.....	9
2.2 Tekoälyn historia .....	10
2.3 Tekoälyn rajoitteet .....	11
3 ROBOTIIKKA .....	14
3.1 Robottiikan historiaa .....	14
3.2 Robottiikan sovellutuksia .....	15
3.3 Tekoälyä hyödyntävä robotiikka.....	16
4 MAATALOUS JA TÄSMÄVILJELY.....	17
4.1 Täsmäviljely.....	18
4.2 Täsmäviljelyn historiaa .....	19
4.3 Täsmäviljelyn ongelmia.....	19
5 YHTEENVETO .....	21
6 LÄHTEET .....	24

# 1 Johdanto

Kandidaatin tutkielmani aiheeksi valikoitui tekoäly. Aihetta tutkitaan maanviljelyn näkökulmasta, josta nostetaan erityisesti esiin täsmäviljely. Tekoäly ei ole itsessään uusi tieteenala, vaan sitä on tutkittu 1950-luvulta lähtien. Maanviljelyä on puolestaan tutkittu vielä huomattavasti kauemmin. Tekoälyn hyödyntämisestä maanviljelyssä ei sen sijaan ole vielä tutkittu paljoa, ja näenkin tässä tilan lisätutkimukselle. Täsmäviljelyteknologioita on puolestaan ollut Pesosen ynnä muiden (2010) mukaan noin 25 vuotta. Tekoäly on teknologisoituneessa maailmassa yksi kuluvan ajan megatrendeistä, ja siitä voidaan sanoa olevan jokaisella jonkunlainen mielikuva. Tutkielma tulee esittelemään tekoälyyn liittyviä harhakuvia sekä ongelmia, joiden perusteella voidaan pohtia, kohtaavatko teknologioihin liittyvät mielikuvat sekä todellisuus käytännössä. Tekoälyn merkittävänä osana tullaan tutkielmassa esittelemään koneoppiminen, joka luo pohjan teknologialle. Koneoppimisen perimmäisenä pyrkimyksenä on Pekkarisen (2018) mukaan ohjelmistojen ja algoritmien kyky oppia omasta tekemisestään (Pekkarinen, 2018).

Tekoälyä käsittelevässä kirjallisuudessa törmää usein kuvaukseen siitä, kuinka tekoäly ei ole itsenäinen teknologia, vaan sen voidaan nähdä olevan koelma analyttisiä työkaluja, jotka pyrkivät ratkaisemaan vaikeita tai aikaisemmin jopa mahdottomia ongelmia. (Gordon, 2011). Ailiston ynnä muiden (2018) mukaan tekoälyllä on digitaalisen maailman lisäksi myös jatkuvasti korostuva vuorovaikutus fyysisen maailman kanssa (Ailisto ym., 2018). Tekoälyn määrittäminen on kuitenkin vielä tänäkin päivänä hankalaa, erityisesti sen moninaisuuden sekä -tasaisuuden vuoksi. Tekoälyn tasoja tullaan esittelemään tutkielmassa osana käsitteen määrittelyä.

Maanviljely on tieteenalana vanha, mutta se ei säästy silti digitaalisen murroksen vaikutuksilta. Muuttuva teollisuus tekee tilaa innovaatiolle ja uusille tekniikoille, ja maanviljelijöiden haasteena onkin muuttuvien mahdollisuuksien sekä vaatimusten seuraaminen. Niukat tukijärjestelmät sekä lainsäädäntö säätelevät tuotantoa, ympäristöasioiden jäädessä yrittäjän vastuulle. Uusien tekniikoiden omaksuminen on tällöin vaarassa jäädä totuttujen tapojen varjoon, eikä syitä kehittymiselle nähdä. Edellä mainittuja seikkoja tullaan avaamaan ”Maanviljelyn ongelmia” -osiossa. Robottiikka perustuu sille ajatukselle,

että ihmisellä on tarve yhä tehokkaammille työskentelytavoille. Tämä pätee myös maanviljelyssä. Robotiikka on ollut tieteenalana olemassa tiedetysti 1920-luvulta lähtien, joten kyseessä ei ole kirjallisuudessa tuntemattomasta asiasta. Robotiikka pitää sisällään kuitenkin mahdollisuuksia, joita tutkielman aiheidenkin suhteen olisi syytä tutkia ja kehittää edelleen. Tuon tutkielmassa esiin robotiikan historiaa sekä joitakin sen sovellutuksia sekä pohdin kirjallisuuden avulla, millä aloilla robotiikkaa tulisi jatkossa kehittää erityisesti. Robotiikkaa hyödynnetään tekoälyssä merkittävästi, jonka tulen tuomaan tutkielmassa esille yhdistämällä aiheet käsitteiden määrittelyjen jälkeen.

Kirjallisuuden avulla on ensin syytä selvittää käsitteiden merkitykset sekä yhteydet, jotta niitä voidaan jatkossa tutkia lähemmin. Tutkielmassa etsitään vastauksia muun muassa seuraaville kysymyksille, joista jälkimmäinen muodostaa tutkielman tärkeimmän tutkimuskysymyksen:

- Mitä on tekoäly?
- Mitä on robotiikka?
- Mitä on täsmäviljely?
- Mitä maanviljelyn ongelmia voitaisiin ratkaista tekoälyä hyödyntävän robotiikan avulla?

Tutkimusmenetelmänä tutkielmassa käytettiin kirjallisuuskatsausta, joka toteutettiin käsittelemällä lähdekirjallisuutta tunnetuista verkossa olevista tietokannoista. Lähdekirjallisuutta haettiin pääosin tietokannoista; JYKDOK ja Google Scholar, painottaen kuitenkin jälkimmäistä. Tekoälyä käsittelevää aineisto haettiin muun muassa englanninkielisillä hakusanoilla "artificial intelligence", "AI", "\*intelligence" sekä suomenkielisillä hakusanalla "tekoäly". Robotiikkaa käsittelevää aineistoa haettiin englanninkielisillä hakusanoilla "robotics" ja "robot" sekä suomenkielisellä hakusanalla "robotiikka". Maan- ja täsmäviljelyä haettiin niin ikään englannin sekä suomenkielisillä hakusanoilla, jossa "agriculture", "precision farming" englanniksi ja "maanviljely" sekä "täsmäviljely" suomeksi. Lisäksi aineistoa haettiin yhdistelemällä edellä mainittuja hakusanoja.

## 2 Tekoäly

Tässä luvussa tulen määrittelemään ensin tekoälyn käsitteen ja joitakin tekoälyteknologian tyypillisiä piirteitä. Tutkin myös tekoälyn historiaa sekä siinä ainakin toistaiseksi vallitsevia rajoitteita ja ongelmia. Tulen havainnollistamaan tutkimusta myös kuvioilla.

Tekoälyn määrittelyminen on vielä tänäkin päivänä hyvin haasteellista, eikä sille ole yhtä tarkkaa tai absoluuttista määritelmää. Tekoälyn määrittelemisestä tekee erityisen vaikeaa sen moninaisuus, sekä tekoälyn tasojen ymmärtäminen. (Nilsson, 2009). Tekoäly jaotellaan kirjallisuudessa kahteen tasoon, jotka ovat heikko tekoäly ja vahva tekoäly. Heikolla tekoälyllä tarkoitetaan sellaista teknologiaa, joka pyrkii ratkaisemaan sellaista yhtä tehtävää, joka on sille etukäteen opetettu. Tämän kaltaisia toimintoja ovat esimerkiksi konenäön avulla tapahtuva kuvantunnistaminen. Vahvalla tekoälyllä taas tarkoitetaan teknologiaa, joka pyrkii ratkaisemaan erilaisia ongelmia laajalla skaalalla, kuten täysin itseohjautuvat autot ja eri kielten ymmärtäminen puheentunnistuksen avulla. (Merilehto, 2018). Tutkielmassa käytetyn kirjallisuuden perusteella tekoälyteknologia on nykyisillään vielä kokonaisuudessaan heikkoa tekoälyä. Tekoälyn toimintoja ovat Antti Merilehdon (2018) mukaan muun muassa kuulo, näkö, ennakointi, päätöksenteko, päättely sekä oppiminen. Vahvalla tekoälyllä on kapasiteetti ihmisen kaltaiseen toimintaan, ja tekoälyn kapasiteetin ylittäessä ihmisen kapasiteetti, voidaan olettaa tulevaisuudessa puhuttaen jonkinlaisesta ”super”-tekoälystä.

Nilsson (2009) kuvailee kirjassaan tekoälyn tarkoittavan toimintaa, jolla pyritään tekemään koneesta älykäs sekä kokonaisuuden mahdollisuutta toimia asianmukaisesti ja toimintaympäristö huomioon ottaen. Tekoäly ei ole itsenäinen teknologia, vaan sen voidaan nähdä olevan kokoelma analyttisiä työkaluja, jotka pyrkivät ratkaisemaan vaikeita tai aikaisemmin jopa mahdottomia ongelmia. (Gordon, 2011).

Heikki Ailisto, Eetu Heikkilä, Heli Helakoski, Anssi Neuvonen ja Timo Seppälä (2018) toteavat raportissaan, että tekoälyn voidaan nähdä vaikuttavan, teknologian kehityksen tavoin, koko yhteiskuntaan. Tekoälyä on tarkasteltu filosofian, kognitio-, kieli- ja neurotieteiden, matematiikan, fysiikan sekä insinööritieteiden ja tietojenkäsittelytieteen näkökulmasta. Käsitteen laajuuden



vuoksi sitä on myös tarkasteltava moraalien, etiikan, arvojen ja politiikan sekä yhteiskunta-, oikeus-, talous- ja kauppatieteiden näkökulmista. Lisäksi tekoälytekniikoiden soveltamista tulee Ailiston ja muiden mukaan tarkastella esimerkiksi lääketieteessä, kaupassa, teollisuudessa, poliisitoimessa ja sodankäynnissä. (Ailisto, Heikkilä, Helakoski, Neuvonen & Seppälä, 2018).

Olli Koski (2018) tutkii tekoälyn olevan alusta asti perustettu sille filosofiselle olettamukselle, että ihmisen ajattelu on formaalisti mallinnettavissa. Nykyisen tekoälybuumin on kuvattu Erik Brynjolfssonin ja Andrew McAfeen (2014) toimesta koneiden toiseksi tulemiseksi, ensimmäisen koneajan viitatessa James Wattiin ja höyrykoneen keksimiseen sekä teolliseen vallankumoukseen. (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Tekoälyä käsittelevää kirjallisuutta tutkiessa törmää väistämättä kysymyksiin tekoälyn kohdistuvasta lainsäädännöstä. Sen riittävyttä kyseenalaistetaan jatkuvasti, ja Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan uusia lainsäädäntöratkaisuja joudutaankin kehittämään. Tekoälystrategioiden lainsäädäntö nojaa merkittävästi jo olemassa olevaan lainsäädäntöön, koska nimenomaan tekoälyä koskevia lakeja ei ole vielä säädetty (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2019).

## 2.1 Koneoppiminen

Pekkarinen (2018) toteaa Kansantaloudellisen aikakauskirjan julkaisussaan, että koneoppimisella tarkoitetaan yksinkertaisuudessaan yleiskäyttöistä menetelmää, jonka perimmäisenä pyrkimyksenä on ohjelmistojen ja algoritmien kyky oppia omasta tekemisestään. Sen menetelmät helpottavat muun muassa mallien, muuttujien ja parametrien valitsemista sekä ylisovittamisen ongelmaa (overfitting). (Pekkarinen, 2018). Ailiston ym. mukaan, erilaisia malleihin ja sääntöihin perustuvia järjestelmiä voidaan lukea tekoälyteknologioiksi, eikä sellaiseksi luokituminen vaadi jokaisessa tapauksessa koneoppimiseen perustuvia toimintamenetelmiä. (Ailisto ym., 2018). Koneoppiminen nähdään kuitenkin datan käsittelyn ja analysoinnin työkalujen kehittyessä merkittävänä osana tietojenkäsittelytieteitä ja tekoälyä. (Pekkarinen, 2018).

Alpaydin (2020), kuvailee koneoppimisen olevan sellainen osa-alue tekoälyä, joka ratkaisee monia tunnistamiseen sekä robotiikkaan liittyviä ongelmia. Koneoppimiseen perustuvat teknologiat mahdollistavat muun muassa kasvojen tunnistamisen. Kasvojen tunnistusteknologia pohjautuu koneoppimiseen vertaillen siihen syötettyä dataa ja kuvia keskenään, ja siten muodostaa tulosteen. Tällä tapaa kasvojen tunnistaminen tulee selitettävästi mahdolliseksi, tapahtumaketjun ollessa ihmisen toimintona muuten selittämätön. Koneoppiminen perustuu tilastolliseen matematiikkaan, jonka perustehtävänä on muodostaa lopputulos, sille syötettyjä malleja hyödyntäen. (Alpaydin, 2020).

Koneoppimisen tunnetuimpiin käyttökohteisiin kuuluvat muun muassa sosiaalisessa mediassa käytettävät suosittelujärjestelmät, jotka pyrkivät tuomaan käyttäjälleen kaikkein kiinnostavimman sisällön näkyviin sekä itsestään ajavat autot. Koneoppimista hyödyntävä teknologia oppii ja mukautuu sille syötetyn datan perusteella itsenäisesti. Koneoppimisen tehokkuus perustuu

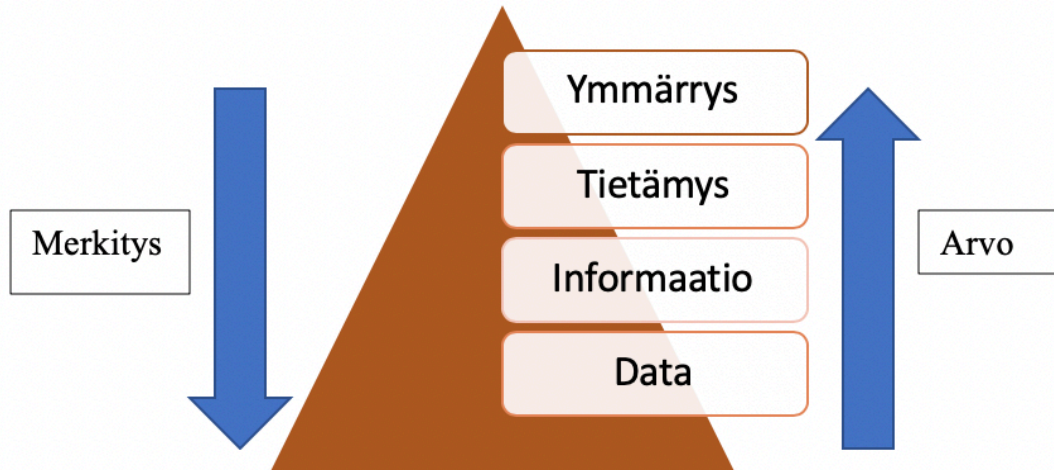
siihen, kuinka tekoäly pystyy oppimaan itsenäisesti. Vaihtoehto tälle on siis tekoälyn opettaminen ja tarvittavan datan syöttäminen. Koneoppiminen on täten olennainen osa tekoälyä. Koneoppiminen on kehittynyt tasolle, jossa ihmisen on hyvin vaikeaa, jopa mahdotonta, kuvata sen päättelyketjua. Tämä tuottaa hankaluuksia sovelluskohteilla, kuten esimerkiksi julkisen vallan viranomaiset. Toiminnan perustuessa arvoihin ja normeihin, ja niistä johdettuihin ohje- ja toimintasääntöihin, on haastavaa perustaa toimintaa teknologioille, joiden toiminta on selittämätöntä. Koneoppimisen merkittävään kehittymiseen on Kääriäisen, Aihkisalón, Halénin, Holmströmin, Jurmun, Matinmikon ja Tirrosen (2018) mukaan johtanut datan määrän ja ulottuvuuden kasvu sekä laskentakapasiteetin helppo saatavuus. (Kääriäinen ym., 2018).

## 2.2 Tekoälyn historia

Tekoälyn tutkiminen ei ole itsessään uusi tieteenala, vaikka sitä onkin nykyisellään tutkittu melko vähän. Tekoälyä on tutkittu 1950-luvulta lähtien, jolloin nykyaikaisen tekoälyn isänä pidetty Alan Turing toi esiin ajatuksen koneiden ajattelukyvyistä. 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) kertoo, että 1970-luvulla mielenkiinto tekoälyä kohtaan alkoi keskittymään erityisesti sen kieleen perustumiseen. Keskiöön tuli silloin luonnollinen kieli, aikaisemman tehtäväorientoituneisuuden sijaan. Tämä tarkoitti, että ”maalaisjärjellisten” tehtävien ratkaiseminen tuli tekoälyä hyödyntäen mahdolliseksi. 1970-luvulla alettiin myös tutkimaan tekoälyä moniajaisuuteen perustuvana tieteenalana. Tällä tarkoitetaan, että tekoälyn alettiin nähdä pystyvän suorittamaan tehtäviä saman aikaisesti, useampaa prosessoria hyödyntäen. (Newell, 1982).

1980-luvulla, varsinkin sääntöpohjaisten asiantuntijajärjestelmien tutkimus tuli tutkijoiden suosioon. Niiden tarkoituksena on mukailta inhimillistä päätöksentekoa eri sovelluskohteisiin määrätynä. (Ailisto ym., 2018). 1990-luvulla tekoälyn tutkimuksessa keskittyminen alkoi siirtyä siihen, kuinka tekoälypohjaiset teknologiat alkoivat siirtämään keskenään datan sijasta tietämystä. (Miiller, 1990). Vaikka kahden sanan välinen ero voi olla jokseenkin vaikeata hahmottaa, on se kuitenkin merkittävä. Tiedon tasoja on kuvattu pitkään hierarkialla (kuvio 1), jossa tasot käyvät ilmi;



Kuvio 1: Tiedon tasot

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 sisällytettyinä. Ihmisen intuitio, ymmärtäminen, tulkinta ja toiminta mukaan luettuna.

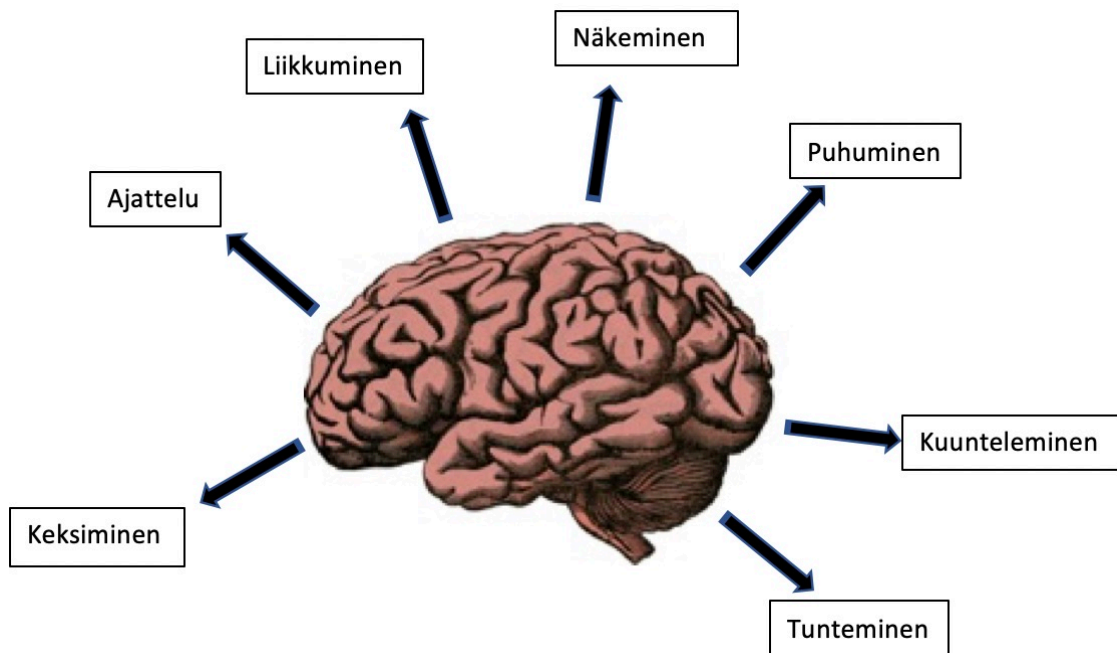
J.E. Rowley (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy.

### 2.3 Tekoälyn rajoitteet

Lu, Li, Chen, Kim ja Serikawa (2017), tutkii tekoälyn heikkouksia. Tekoälyn voidaan todeta artikkelin perusteella kehittyneen merkittävästi viimeisen muutamien vuosien sisällä. Suuren kehityksen on mahdollistanut erityisesti tietokoneiden prosessointitehon suuri kasvu, sekä Big Data:n hyödyntäminen. Tästä huolimatta tekoälyn voidaan nähdä rajoittuvan vain tietyille tietoisuuden tasoille, kuten kuvan- ja puheen tunnistukseen sekä vuoropuhelun vasteelle. Tekoäly ei siis ole tähän mennessä pystynyt vastaamaan ihmisaivojen kapasiteettia itsensä ymmärtämisen, itsehillinnän, itsetietoisuuden tai motivoinnin osaluilla. (Lu, Li, Chen, Kim & Serikawa, 2017) Tekoälyn rajoituksia voidaan jakaa seuraavaan neljään osa-alueeseen;

- 1) Kontekstin ongelma
- 2) Liittämisen ongelma
- 3) Tiedon yhdistämisen ongelma
- 4) Olemuksen ongelma

Kontekstin osalta tähän hetkeen asti kehitetty tekoäly voidaan rajata tiettyyn kehykseen, eikä se pysty itsenäisesti päättämään minkälaisia tuloksia siltä odotetaan. Toisin sanottuna tekoäly keskittyy aina vain tiettyjen puitteiden rajaamaan ongelmanratkaisuun. 2) Tekoäly ei kykene myöskään liittämään asioita vapaasti toisiinsa, joka vaikuttaa myös tekoälyn sovellettavuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että tekoäly ei pysty yhdistämään asioiden yhteyksiä toisiinsa ilman, että yhteyksiä on sille erikseen opetettu. 3) Asioiden erilainen assosiointi on tekoällylle myös toistaiseksi mahdotonta. Tekoäly voi siis ratkaista ongelmia ainoastaan numeerisin arvoin, jolloin tulokset voivat olla vaikeatulkintaisia, eivätkä tulokset ole ihmisaivojen tavoin monisyisiä. 4) Olemuksen ongelmalla tarkoitetaan tekoälyn kyvyttömyyttä tulkita henkisen ja fyysisen olemuksen vaikutuksia toisiinsa. Esimerkiksi fyysisien ongelmien, kuten sairauksien, mukana tuomien henkisten vaikutusten merkityksen laskenta, on tekoällylle toistaiseksi mahdotonta.



Kuvio 2: Tekoälyn rajoitteet. (Suomennettu Lu ym. 2017 kuviosta)

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. Teknologia-skandaalit ovat osoittaneet, että kuilu tekoälyn kehittäjien ja siitä hyötyjien sekä tekoälyteknologioiden negatiivisista vaikutuksista kärsivien välillä on kasvamassa. Syitä tälle ovat muun muassa

tekoälysektorin kapeus, valtiollisen sääntelyn vähyys ja suuri kulttuurinen kahlajako 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 kehityksen kannalta erittäin tärkeää. (Whittaker, Crawford, Dobbe, Fried, Kaziunas, Mathur & Schwartz, 2018)

### 3 Robotiikka

Tässä luvussa tulen määrittelemään robotiikan käsitteen. Tulen kertomaan robotiikan historiasta ja miten robotiikka on mullistanut-, ja mullistaa edelleen työtapojamme. Esittelen robotiikan sovellutuksia ja mahdollisuuksia tekoälyn näkökulmasta. Oletan tuovani esiin syitä, miksi investoinnit ja resurssien ohjaaminen kyseiseen teknologiaan ovat hyödyllisiä maatalousyrittäjälle. Robotiikka on tieteenalana jokseenkin uusi, mutta sitä on kuitenkin tutkittu paljon. Se on tieteenala, jossa vielä tämänkin päivän tutkimuksessa noudatetaan Isaac Asimov:in alun perin kehittämiä lakeja. Lait toimivat tietynlaisena viitekehyksenä robottien kehittämissuunnitelmissa (Siciliano & Khatib, 2016).

Robotiikan kolme lakia Asimovin mukaan ovat:

1. Robotti ei saa vahingoittaa-, eikä antaa ihmisen vahingoittua toimintansa seurauksena.
  2. Robotin täytyy totella ihmisen sille antamia vaatimuksia, kunhan ne eivät ole ristiriidassa ensimmäisen säännön kanssa.
  3. Robotin tulee suojella omaa olemassaoloaan kaikin keinoin, kunhan ensimmäinen ja toinen sääntö toteutuu.
- Asimov, 1950

#### 3.1 Robotiikan historiaa

Robotiikan historiaa muovaa perusajatus siitä, että ihmisellä on tarve yhä tehokkaammille työskentelytavoille. Tarve on ymmärretty ihmiskunnassa jo muinaisista ajoista asti, jolloin ihmiskunta alkoi muodostaa yhdyskuntia ympäri maailmaa. Kehityksen väistämättömyys esiintyi ihmiskunnassa tällöin lähinnä tehokkaampien työkalujen tarpeena, joista hyvänä esimerkkinä voidaan mainita muun muassa kuparin ja raudan takominen. Näitä uusia menetelmiä voitiin alkaa käyttämään kestävämpien ja terävämpien työkalujen- ja aseiden valmistukseen, maataloutta sekä maanpuolustusta tehostamaan. (Nocks, 2007).

Robotit ja robotiikka ovat molemmat käsitteinä suhteellisen vanhoja. Käsitteet ovat peräisin kirjailijoilta, jotka ovat keksineet termit tieteisfiktiokirjallisuuteensa liittyen. Ajatus roboteista, ja myöhemmin robotiikka tieteenalana, ovat alun perin peräisin 1920-luvulta ja niitä on sittemmin tutkittu aina tähän päivään asti. Kemisti ja tieteisfiktiokirjailija Isaac Asimov mielletään hyvin merkittäväksi henkilöksi robotiikan kehittämisessä, ja hän esittikin termin ”robotiikka” ensimmäisenä, vuonna 1950. Robotiikan ”isäksi” on julistettu saavutuksistaan kuitenkin Joe Engelberger (the Robotics Industries Association, 1997), jonka merkittävin saavutus oli ensimmäisen teollisen robotin lisensointi Yhdysvalloissa, vuonna 1961. (Nof, 1999).

Lisa Nocks (2007) kuvailee, kuinka teollisuudessa käytetyt robotit dominoivat robotiikan alaa. Suurimman osan markkinasta muodostivat kirjan kirjoituksen hetkellä (2007) autoteollisuudessa käytetyt robotit, joita käytettiin autojen osien valmistamiseen. 2000-luvun alku merkitsikin robotiikan alalla suurta suosion kasvua. Tuohon aikaan poliittisen, ekonominen ja sosiaalisen ilmapiirin muuttuessa, alettiin eri aloille myymään robotteja enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Maat pystyivät investoimaan aikaisempaa enemmän teollisuusroboteihin muun muassa mikroprosessorin kehittyessä sekä osien, kuten mekaanisten toimielinten ja sensorien yleistyessä. (Nocks, 2007).

### 3.2 Robotiikan sovellutuksia

Ailiston ynnä muiden (2018) mukaan tekoälyllä on digitaalisen maailman lisäksi myös jatkuvasti korostuva vuorovaikutus fyysisen maailman kanssa. Vuorovaikutuksen korostuminen pitää sisällään tarpeen uusille innovaatioille käyttöliittymäratkaisujen sekä robotiikan sovellutuksien osalta. Järjestelmiä kehitettäessä jatkuvasti autonomisemmiksi, on robotiikan sovelluskohteita muun muassa kaikilla liikenteen ja teollisuuden aloilla sekä terveydenhuollossa. Erityisesti terveydenhuoltoalan tehtäviin suunnitelluissa teknologioissa korostuu yhteistyö robottien ja ihmisten välillä. (Ailisto ym., 2018).

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisun perusteella robotiikkaa ja automaatiota tulisi kehittää yleisesti kaikilla toimialoilla. Aihetta käsitellään Valtioneuvoston esitykseen perustuen muun muassa iäkkäiden henkilöiden asumisen ja palveluiden parantamisen mahdollisuuksien tunnistamisella. Ministeriön mukaan Robotisaation avulla voidaan kehittää uusia innovaatioita osaksi henkilöiden omahoitoa ja omaishoidon-, sekä hallinnollisen tason työtehtävien tueksi. Esimerkkejä kyseisistä iäkkäiden omatoimista asumista edistävästä teknologioista ovat muun muassa älykkään talotekniset sovellutukset, kuten kodinkonevahdit, älykkäät palovaroittimet sekä erilaiset automaattisesti hälyttävät laitteet. Lisäksi iäkkään yhteydenpitomahdollisuuksien lisäämistä voidaan myös edistää uusien teknologioiden avulla. Monitoiminen kotiapurobotiikka voikin lisätä jatkossa henkilön itsenäisen asumisen aikaa merkittävästi. Pääavoitteena näitä uusia teknologioita kehittäessä pitäisi Valtioneuvoston mukaan olla aina henkilön itsemääräämisoikeuden sekä omatoimisuuden edistäminen. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2017).

### 3.3 Tekoälyä hyödyntävä robotiikka

Kehittyvät älyteknologiat tuovat mukanaan uusia mahdollisuuksia, ja siten tehokkaampia työskentelytapoja niin taloudellisuuden sekä ympäristöystävällisyyden näkökulmista. MTT (2004) kertoo maatalouden tekniikoita käsittelevässä julkaisussaan, että merkittävimpiä suuntauksia maataloudessa vuonna 2003 olivat robotiikka, elintarvikkeiden jäljitettävyysteknologia ja ajamisen avustaminen. (MTT, 2004). Viljatuotannolla on suuri merkitys kansainvälisessä taloudessa. Turvallisten ja tehokkaiden tuotantomenetelmien kehittämisen tarve voidaan todeta olevan hyvin suuri. Patrício ja Rieder (2018), kuvailevat tarpeen olevan jatkuvasti kasvussa, ja heidän tutkimuksensa perusteella voidaan todeta teknologian kehityksen olevan keskiössä uusia ratkaisumenetelmiä tutkiessa. Yhdistettynä muihin tietoteknisiin ratkaisuihin, voidaan tekoälyyn perustuvaa robotiikkaa hyödyntää viljatuotannon tehostamisessa. Teknologiaa ollaan Patríción ja Riederin mukaan toistaiseksi käytetty kaavojen tunnistamiseen kuvista viljan kasvussa, jossa sitä hyödynnetään muun muassa tautien havaitsemiseen, jyvien laadunvalvontaan sekä viljan ilmiäsuun havainnointiin.

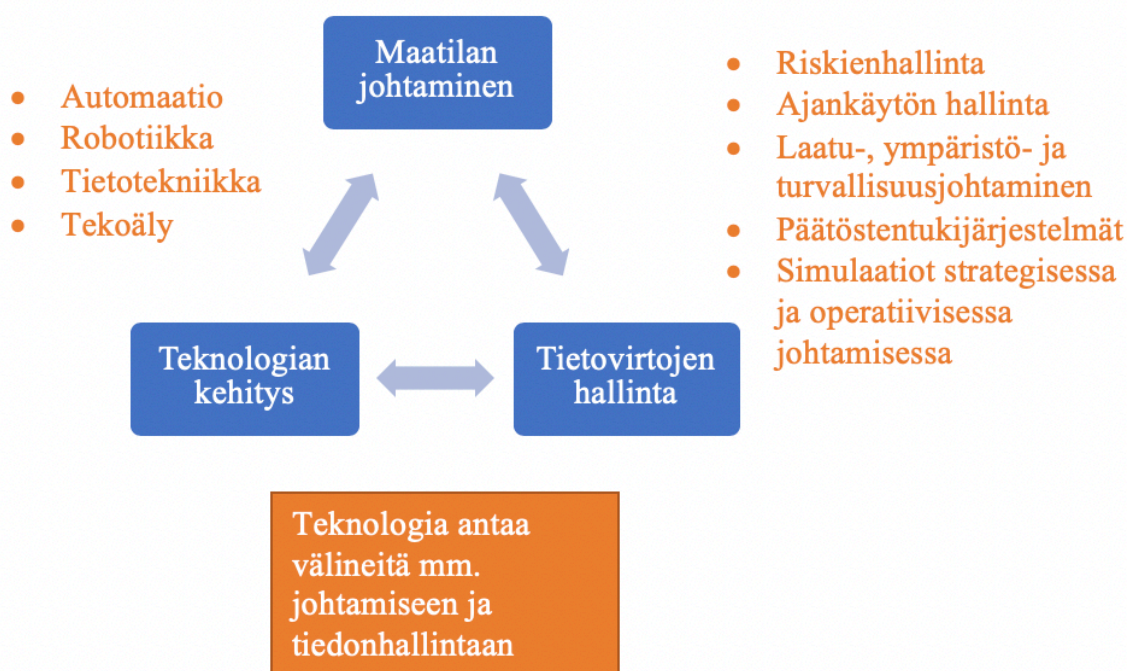
Yllä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan parhaiten hyödyntää tekoälyn osista niin sanottua konenäköä, jonka toiminta voidaan Patríción ja Riederin artikkelin mukaan jakaa kahteen osa-alueeseen. Niistä ensimmäinen on suomennettuna ”kuvan hankkiminen”. Tällä tarkoitetaan teknisiä toimintoja, joilla teknologia hankkii kuvan tulevaa tulkitsemista varten. Tälle konenäön osa-alueelle ovat erityisen tärkeitä erilaiset sensorit, kamerat, skannerit sekä valaistus. Valaistukseen liittyvät panostukset parantavat kuvien laatua, mikä taas parantaa kokonaisuudessaan kuvantunnistuksen laatua. Toinen vaihe konenäössä on niin sanottu ”kuvan prosessointi”, jolla tarkoitetaan teknologian toimintoja, joilla se pyrkii parantamaan kuvan laatua, vähentämään kohinaa (kuvan häiriöitä) ja korjaamaan valotuksen ongelmia. Lisäksi teknologia pyrkii tässä vaiheessa korostamaan kuvasta kiinnostavia kohtia tarkentamalla niitä. Konenäköteknologia pystyy parhaimmillaan käsittelemään ja luokittelemaan kuvia kontekstiin nähden kiinnostaviin luokkiin, tilastoihin perustuvien lajitte-lijoiden sekä neuroverkkojen avulla. (Patrício & Rieder, 2018).

Robert Bogue (2014) mukaan, tekoälyn hyödyntäminen on merkittävin sekä kaikista mielenkiintoisin tutkimusaihe robotiikan kehittämisessä. Tietokoneet voivat mahdollisesti ajatella kuin ihminen, mutta älykäs robotti voisi sen lisäksi vastata myös käytökseltään ihmistä. Tekoälyä voidaan artikkelin mukaan hyödyntää laajalti eri robotiikan alueilla, kuten esimerkiksi kumppanuus- ja huolenpitoroboteissa, autonomisissa ajoneuvoissa, etsintä- ja pelastus roboteissa, huolto- ja kokoamisroboteissa, leluissa, maanpuolustusrobotiikassa sekä älykkäissä proteeseissa. Näihin sovellutuskohteisiin teknologia voi hyödyntää tekoälyn osista muun muassa puheen tunnistusta, ketterää käsittelyä, autonomaista navigointia, konenäköä, mallien tunnistamista, paikallistamista sekä kartoitusta. Edellä mainittuja tekoälyn piirteitä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää tekoälylle ominaisimpien piirteiden, kuten kokemuksesta oppimisen ja tulojen ennustamisen lisäksi robotiikassa. (Bogue, 2014).



## 4 Maatalous ja täsmäviljely

Tässä luvussa tutkin maataloutta ja erityisesti maanviljelyä. Maatalous pitää käsitteenä sisällään monia ilmentymiä, mutta tässä tutkielmassa keskitytään kuitenkin pääosin suhteellisen uuteen maanviljelyn tekniikkaan, täsmäviljelyyn. Täsmäviljelyllä tarkoitetaan tiivistettynä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT:n mukaan peltoviljelyn tuloksen optimoimista suhteessa panokseen. Täsmäviljely vähentää sekä maatalouden kuormitusta että tukee vesistöjen suojeleminen menetelmien kehitystä. Maatalouden vaikutus vesistöihin on MTT:n selvityksen mukaan todella merkittävä. Vaikutusta pyritään pienentämään muun muassa täsmäviljelylle ominaisia toimenpiteitä, kuten työpanoksien ja prosessien kohdentamisella paikkakohtaisesti pellon ja kasvuston mukaan. Tällöin pellon sisäinen vaihtelu tulee huomioitua tehokkaammin ja tuotantopanokset pystytään kohdentamaan vastaamaan todellista tarvetta. Tehokkaiden teknologioiden tarve on maatalouden kuormituksen vähentämiseksi keskeisellä sijalla. (MTT, 2003). MTT:n selvityksestä lainatusta kuviosta (Kuvio 3) voidaan havaita, kuinka teknologian kehitys, maatilain tehokas johtaminen sekä tietovirtojen hallinta toimivat käsi kädessä.



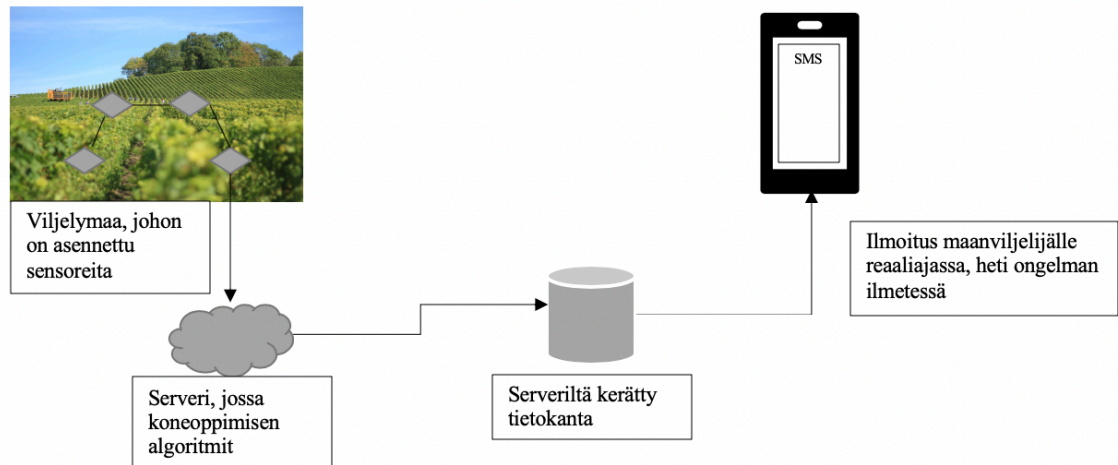
Kuvio 3: Teknologian kehitys maatilan johtamisessa. Suutarinen, J. (2004)

## 4.1 Täsmäviljely

Täsmäviljely, eli paikkasidonnainen sadon hallinta, tarkoittaa erilaisia teknologioita hyödyntävää maanviljelytekniikkaa. Täsmäviljelyssä pyritään erilaisia teknologioita hyödyntämällä tuottamaan dataa ja paikkakohtaista tietoa viljelymaaperän ravintosisällöstä sekä laadusta. Tietoa voidaan edelleen hyödyntää muun muassa päätöksenteon tehostamisen apuvälineenä, viljelyn kohdentamisessa. Täsmäviljelyn tarkoituksena on auttaa maanviljelijää olemaan panostamatta sellaisille alueille, missä todennäköinen hävikki on suurta ja panostus turhaa. Viljelypanostuksia voivat olla muun muassa siemenet, lannoite, kalkki ja muut kemikaalit. Näiden panostuksien kohdentaminen väärälle alueelle voi johtaa tärkeiden mineraalien huuhtoutumiseen sekä maanpinnan valumiseen, joka voi johtaa sadon menettämiseen alueen osalta. Panostuksien allokointi oikeille alueille tehostaa viljelyn prosesseja sekä tuottavuutta kokonaisuudessaan. (Khanna, 2001).

Pesosen ynnä muiden (2010) mukaan täsmäviljelyä on kehuttu sen ympäristöystävällisyydestä. Erityisesti täsmäviljelyn eduista julkaisussa nostetaan esiin ylilannoittamisen välttäminen. Tämän mahdollistaa muun muassa lannoitteiden annostelu paikkakohtaisesti ja kasvien tarpeiden mukaisesti. Julkaisussa todetaan, että täsmäviljelyn tekniikoita käyttäessä tulee viljelyprosessien tuntemuksen olla korkealla tasolla. Viljelytekniikoiden uudistaminen voi olla suuri ja vaativa prosessi, mutta Pesonen ym. pitävät täsmäviljelyn tekniikoiden kehittämistä ympäristökuormituksen sekä sato-odotuksien parantamismahdollisuuksien kannalta hyvin tärkeänä. (Pesonen ym., 2010).

Jha, Doshi, Patel ja Shah (2019) tutkivat tekoälyä hyödyntävää automaatioita maanviljelyssä. Jha ynnä muut näkevät edellä mainittujen muiden tutkijoiden tavoin tekoälyteknologioiden olevan potentiaalinen suunta maanviljelyn työtapojen uudistamisessa. Tekoälyteknologioiden nähdään artikkelissa mahdollistavan vastaamisen koko ajan kasvavaan ruoan tuottamisen kysyntään. Tekoälyteknologioilla pyritään vähentämään ihmisen tarpeellisuutta maanviljelyn eri työvaiheissa. Jha ynnä muut kuvailevat artikkelissaan yleisesti maanviljelijöiden olevan vähitellen siirtymässä kohti täsmäviljelyä, jossa päätarkoituksena on optimoida maanviljelyn panostuksia. (Jha ym., 2019).



Kuvio 4: Tekoäly maanviljelyssä. (Suomennettu Jha ym., 2019 kuviosta)

## 4.2 Täsmäviljelyn historiaa

Täsmäviljelyteknologioita on ollut Liina Pesosen ynnä muiden (2010) mukaan tarjolla maanviljelijöiden hyödynnettäväksi jo noin 25 vuotta. Lowenberg-DeBoer (1999) mukaan täsmäviljelyä ja viljelyn riskienhallintaa lähdettiin alun perin kehittämään sadon ajallisen tuottavuuden vaihtelun minimoinnin tehostamiseksi. Pyrkimyksenä oli alun perin luoda alueellisesti homogeenisia kasvuympäristöjä viljalle, rajaten ulos viljelyn kannalta ongelmallisia alueita. Toiminnalla pyrittiin vähentämään huonon sadon todennäköisyyttä satokausien aikana. (Lowenberg-DeBoer, 1999).

## 4.3 Täsmäviljelyn ongelmia

Tässä luvussa tutkin maanviljelyssä tällä hetkellä vallitsevia- sekä sille mahdollisia ongelmia.

Maanviljelyllä on hyvin merkittävä vaikutus ympäristöön sekä erityisesti vesistöihin. Maatilojen monimuotoisuus ja niiden toimintaympäristöjen erilaisuus voivat vaikeuttaa yleisesti maatalouden ympäristövaikutusten huomiointia. Erilaiset tukijärjestelmät sekä lainsäädäntö säätelee tuotannon toimintaa,

mutta loppukädessä maatilat ovat itse vastuussa ympäristöasioistaan. Anu Lillunen ynnä muut (2011) toteavat, että neuvontaa sekä lainsäädäntöä tarvitaan maatilojen tueksi lisää. (Lillunen ym., 2011).

Täsmäviljelyn ongelmia ja haasteita muodostavat muun muassa oppaiden ja tukiverkostojen vähyys. Maanviljelijöiden käytettävissä ei ole toistaiseksi suomenkielistä opasta, jonka avulla uusien toimintatapojen käyttöönotto voitaisiin suorittaa hallitusti. Käytännöllisen tiedon saatavuus onkin maanviljelijälle hyvin merkittävä elementti uusien toimintatapojen harkitessa. (Kulmala, 2010).

Täsmäviljely on myös koettu kalliiksi sekä jokseenkin hankalaksi tekniikaksi ottaa käyttöön, joka näkyy teknologioiden käyttöönoton ja omaksumisen hitautena. Teknologioiden ja tekniikoiden käyttöönotto nähdään suurena riskinä. Hitauteen vaikuttaa myös osaltaan sääolosuhteiden tuomat haasteet. Säiden vaihdellessa vuosien välillä merkittävästi, on vaikeaa nähdä viljelyn tarkentamisen olevan merkityksellistä. (Pesonen ym., 2010) Jatkuvalle oppimiselle on tarvetta useiden muiden alojen tapaan myös maanviljelyssä. Tällä viitataan henkilön asenteisiin ja piirteisiin uusien asioiden omaksujana. Jatkuva oppiminen vaatii, että henkilö suhtautuu kasvuun ja muutokseen suotuisasti. Henkilö ei voi oppia kasvamatta, eikä kasvaa oppimatta. (King, 2008).

Oppimisen ja kehittymisen haluun liittyvät seikat voivat vaikuttaa uusien maanviljelytekniikoiden omaksumiseen. Lainsäädännön ja tukiverkostojen ollessa vähäisiä, valuu vastuu tekniikoiden uudistamisesta maanviljelijälle. Tämä voi aiheuttaa maanviljelijän kokemaan teknostressiä. Teknostressillä tarkoitetaan Tarafdarin ynnä muiden (2007) mukaan henkilön kokemaa stressitilaa, joka johtuu jatkuvasti uudistuvan tietotekniikan ja sen käytön fyysisistä, sosiaalisista ja kognitiivisista vaatimuksista.

## 5 Yhteenveto

Tämän kandidaatin tutkielman tarkoituksena oli tarkastella tekoälyä maataloudessa sekä löytää tekoälyn vaikutuksia erityisesti maanviljelyssä. Tämä tutkielma toteutettiin tekemällä sen aiheita käsitellystä kirjallisuudesta kirjallisuuskatsaus. Ensimmäisessä sisältöluvussa esiteltiin tekoäly, sen määritelmään ja siihen liittyvään käsitteistöön perehtymällä. Tekoäly esiteltiin laajentamalla näkökulmaa käsitteenmäärittelyn jälkeen tekoälylle tärkeään tekijään – koneoppimiseen, tekoälyn historiaan sekä -rajoitteisiin. Ensimmäinen sisältöluke pyrki vastaamaan kysymyksiin:

- Mitä on tekoäly?
- Mitä on robotiikka?

Ensimmäisen sisältöluvun perusteella tuloksena voidaan todeta tekoälyn määrittämisen olevan ainakin toistaiseksi vielä hyvin haastavaa. Käsitteelle ei ole yhtä tarkkaa tai absoluuttista määritelmää, joka vaikuttaa määrittämisen hankaluuteen. Yhtäläisyyksiä tekoälyä määrittelevässä kirjallisuudessa kuitenkin löytyi. Tekoälyn tutkiminen on peräisin 1950-luvulta, jolloin Alan Turing toi ilmi ajatuksiaan koneiden mahdollisesta ajattelukyvyistä. Tekoälyn nähdään kirjallisuuden perusteella olevan usean teknologian yhdistelmä, eikä itsenäinen teknologia. Hyvin merkittävä osa tekoälyä on koneoppiminen, jolla tarkoitetaan menetelmää, jonka pyrkimyksenä on ohjelmistojen ja algoritmien kyky oppia omasta tekemisestään. Tekoälyteknologiaksi lukeutuminen ei vaadi välttämättä koneoppimisen hyödyntämistä, mutta kirjallisuuden mukaan hyvin merkittävä osa tekoälyteknologiasta hyödyntää sitä. Tästä syystä tutkielmassa esiteltiin myös koneoppimisen määritelmä. Tekoälyä on tutkittu useamman vuosikymmenen ajan, mutta tutkimuksessa on ajan mittaan keskitytty toisistaan poikkeaviin näkökulmiin. Tekoälyn rajoituksia löydettiin kirjallisuuskatsauksen perusteella sen kyvyistä vastata ihmisen tasoa erityisesti itsensä ymmärtämisen, itsehillinnän, itsetietoisuuden ja motivoinnin näkökulmista. Tekoälyn rajoitteet jaettiin kirjallisuudessa seuraavasti:

1. Kontekstin ongelma
2. Liittämisen ongelma
3. Tiedon yhdistämisen ongelma
4. Olemuksen ongelma

Tekoälyllä nähtiin olevan toistaiseksi eniten rajoitteita sen autonomiseen toimintaan liittyvissä tekijöissä. Nämä edellä mainitut tekoälyn rajoitteet nähtiin kirjallisuudessa luottamuksen ja eettisyyden näkökulmasta epävarmuustekijöinä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta tekoälyn tutkimuksen sekä sääntelyn olevan merkittäviä tekijöitä tekoälyn alalla tulevaisuudessa.

Robottiikka nähtiin kirjallisuuskatsauksen mukaan tieteenalana perustuvan sille ajatukselle, että ihmisillä on jatkuva tarve yhä tehokkaammille työkentelytavoille. Robottiikka on tieteenalana tunnistettu ainakin 1920-luvulta lähtien. Isaac Asimov kehitti 1950-luvulla vielä tänäkin päivänä sovellettavat robotiikan lait. Kirjallisuuskatsauksen mukaan merkittävimpiä robotiikan aikoja ovat muun muassa ensimmäisen teollisen robotin lisensointi 1961, sekä 2000-luvun alku, joka merkitsee robotiikan murroksen aikaa ja suosion suurta kasvua. Kirjallisuuden mukaan ihmisen ja koneiden vuorovaikutus on jatkuvasti kasvussa, joten robotiikan sovellutuksien kehittämiseksi on merkittävä kysyntä. Sovelluskohteita löytyi kirjallisuudessa laajalaisesti. Lähin vuorovaikutussuhde ihmisen ja robottien välillä on kirjallisuuden mukaan terveydenhuollon soveltamisalueella. Tutkielman toisessa sisältöluvussa etsittiin vastauksia kysymyksille:

- Mitä on täsmäviljely?
- Mitä maanviljelyn ongelmia voitaisiin ratkaista tekoälyä hyödyntävän robotiikan avulla?

Täsmäviljelyssä on kirjallisuuskatsauksen mukaan kyse suhteellisen uudesta, ympäristöystävällisestä sekä potentiaalisesta maanviljelytekniikasta. Täsmäviljelyssä hyödynnetään useita teknologioita, joita hyödyntämällä pyritään vähentämään ympäristön kuormitusta ja optimoimaan viljelyn panostuksia. Täsmäviljelyn potentiaali nähtiin kirjallisuudessa nimenomaan peltoviljelyn ravinnetaseiden parantamisessa sekä ravinteiden huuhtoutumisen vähentämisessä. Suurimpia ongelmia täsmäviljelyssä kirjallisuuskatsauksen mukaan ovat säätelyn, tukiverkostojen ja tietoisuuden vähäisyys sekä vaihtelevien olosuhteiden mukanaan tuomat haasteet. Kirjallisuuskatsauksen tuloksena voidaan nähdä todellinen tarve maanviljelyn ympäristöasioiden lainsäädännön tarkentamiseen.

Tekoälyä hyödyntävän robotiikan avulla voidaan kirjallisuuskatsauksen perusteella tehostaa viljatuotantoa. Sovelluskohteita on maanviljelyn näkökulmasta monia, joista tärkeimpiä ovat kirjallisuuden mukaan etenkin kuvantunnistamiseen, tautien havaitsemiseen, jyvien laadunvalvontaan sekä viljan ilmiäsun havainnointiin hyödynnettävät teknologiat. Kirjallisuuskatsauksen perusteella tehokkaiden, turvallisten sekä uusien toimintatapojen kehittäminen nähdään todella tärkeänä osana nykypäivän ja tulevaisuuden maanviljelyä.

Tutkielmassa vastattiin sen tutkimuskysymykseen. Tekoälyä hyödyntävän robotiikan avulla voidaan tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella jo tänä päivänä ratkaista esimerkiksi sadon laaduntarkkailuun, sekä maanviljelyn ympäristövaikutuksiin liittyviä ongelmia. Tekoälyn määritelmän haastavuuden takia tutkimustulosten tulkitseminen voi olla hankalaa. Yhden absoluuttisen määritelmän puuttuessa voi tuloksienkin tarkastelu tuottaa epäselvyyttä sekä vaatia niihin suhtautumiselta varautuneisuutta. Tutkielmassa esiteltyjen teemojen ollessa yhdessä myös jokseenkin vähän tutkittu, voi tuloksien tulkinta vaatia ymmärrystä rajatusta toimintaympäristöstä. Siihen liittyen voidaankin todeta, ettei tutkimustulosten yleistettävyyks ole tämän tutkielman perusteella todistettua muussa kontekstissa, vaikkakin tekoälyn potentiaali todistettiin tutkielmassa usealle alalle. Tutkielman perusteella voidaan todeta, että tekoäly ja maanviljely muodostavat yhdessä tieteellisesti kiinnostavan toimintaympäristön, jonka mahdollisuuksia on syytä tutkia edelleen. Tekoälyteknologioiden edesauttaessa maanviljelyn ympäristöasioita, olisi mielenkiintoista tutkia näitä mahdollisuuksia tulevaisuudessa lisää. Esimerkiksi maanviljelystä aiheutuvan hävikin pienentäminen tekoälyteknologiaa hyödyntäen kiinnostaa tutkimussuuntauksena. Lisäksi tekoälyä hyödyntävän robotiikan sovellutusalueiden tutkiminen, ja teknologioiden kehittäminen olisi mielenkiintoista. Tekoälyteknologioiden haittapuolia käsiteltiin tutkielman kirjallisuudessa niukasti, joten kiinnostavaa olisi myös tutkia maanviljelijöiden syitä jättää tekoälyteknologia huomiotta. Tämä kandidaatin tutkielma tarjoaa mahdollisuuden jatkotutkimukselle esimerkiksi pro gradu -tutkielman muodossa.

## 6 Lähteet

- Ailisto, H., Heikkilä, E., Helaakoski, H., Neuvonen, A. & Seppälä, T. (2018). Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus.
- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning*. MIT press.
- Bogue, R. (2014). The role of artificial intelligence in robotics. *Industrial Robot: An International Journal*.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Gordon, B. (2011). *Artificial Intelligence: Approaches, Tools and Applications*. Nova Science Publishers, Inc., USA.
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1-12.
- Kallioniemi, M. (2004). Maatalouden uusi teknologia-tarkkuutta ja tehokuutta: Ensimmäiset teknologiapäivät 1.-2.10. 2003 MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vihti.
- Khanna, M. (2001). Sequential adoption of site-specific technologies and its implications for nitrogen productivity: A double selectivity model. *American journal of agricultural economics*, 83(1), 35-51.
- King, D. (2008). Continual Learning. *Journal of Emergency Nursing*. Haettu 10.11.2020 osoitteesta: <https://doi.org/10.1016/j.jen.2008.06.017>
- Koski, O. (2018). Tekoäly ja muuttuva työ. *Työpoliittinen aikakauskirja*, 1(2018), 11-22.



- Kääriäinen, J., Aihkisalo, T., Halén, M., Holmström, H., Jurmu, P., Matinmikko, T., ... & Tirronen, J. (2018). Ohjelmistorobotiikka ja tekoäly-soveltamisen askelmerkkejä.
- Lillunen, A., Härjämäki, K., Riiko, K., Yli-Renko, M., Kulmala, A., Koskinen, J., ... & Kaasinen, S. (2011). Kotopelloilta Rantalohkolle-Tehoa maatalouden vesiensuojeluun: TEHO-hankkeen (2008-2011) loppuraportti.
- Lowenberg-DeBoer, J. (1999). Risk management potential of precision farming technologies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(1379-2016-113130), 275-285.
- 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*.
- Miiller, Y. (1990). Decentralized artificial intelligence. *Decentralised AI*, 3-13.
- Newell, A. (1982). *Intellectual issues in the history of artificial intelligence* (No. CMU-CS-82-142).
- Nilsson, NJ. (2009). The quest for artificial intelligence. Cambridge University Press.
- Nocks, L. (2007). *The robot: the life story of a technology*. Greenwood Publishing Group.
- Nof, S. Y. (Ed.). (1999). *Handbook of industrial robotics*. John Wiley & Sons.
- Patrício, D. I., & Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and electronics in agriculture*, 153, 69-81.
- Pekkarinen, T. (2018). Suuret tietomassat ja koneoppiminen makrotaloustieteellisessä tutkimuksessa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 114.
- Pesonen, L., Kaivosoja, J., & Suomi, P. (2010). Täsmäviljely ja ravinteiden käytön tarkentaminen.
- Rikkonen, P., Aakkula, J., Grönroos, J., Haapala, H., Manni, J., Pyykkönen, S., & Tapio, P. (2006). Ennakoiden kohti kestävää maataloutta-ympäristöteknologian tulevaisuuden mahdollisuudet maataloudessa vuoteen 2025. Loppuraportti.
- Rowley, J.E., 2007. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of information science*. 33(2), pp. 163-180

- Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). *Springer handbook of robotics*. Springer.
- Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö. (2017). Laatusuositus hyvän ikääntymisen turvaamiseksi ja palvelujen parantamiseksi. Haettu osoitteesta [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80132/06\\_2017\\_Laatusuositusjulkaisu\\_fi\\_kansilla.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80132/06_2017_Laatusuositusjulkaisu_fi_kansilla.pdf?sequence=1)
- Suutarinen, J. (2004). Teknologia, tieto ja maatalan johtaminen-haaste sekä tutkijalle että viljelijälle. *Maatalouden uusi teknologia-tarkkuutta ja tehokkuutta: ensimmäiset teknologiapäivät 1.-2.10. 2003 MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola) Vihti*.
- Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, B. S., & Ragu-Nathan, T. S. (2007). The impact of technostress on role stress and productivity. *Journal of management information systems*, 24(1), 301-328.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2019). Edelläkävijänä tekoälyaikaan. Tekoälyohjelman loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:23.
- 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.