



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **ESIMERKKEJÄ MAATALOUDEN IOT- SOVELLUTUKSISTA**

Ella Heinonen

KONETEKNIikka

Kandidaatintyö

Maaliskuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Esimerkkejä maatalouden IoT-sovellutuksista

Ella Heinonen

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2024, 30 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Yrjö Louhisalmi

Kandidaatintyön aiheena on kirjallisuuskatsaus maatalouden IoT-sovellutuksista, jossa käydään läpi, miten internetiin yhditettyjä laitteita ja niiden sovellutuksia voidaan hyödyntää maataloudessa.

Työssä esitetään, mitä IoT ja maatalous tarkoittavat sekä sen jälkeen perehdytään erilaisiin mahdollisuuksiin hyödyntää IoT-teknologiaa. Työssä käsitellään myös IoT-teknologian hyötyjä sekä pohditaan tulevaisuuden näkymiä. Maatalous on tärkeä elinkeino takaamaan ihmisten ravinnonsaannin, joten nykyaikaiset menetelmät ovat tervetulleita parantamaan työn laatua sekä tuottavuutta.

Kirjallisuuskatsaus on ollut tämän kandidaatintyön tutkimusmetodi.

*Asiasanat: IoT, Maatalous, Anturit, Sensorit, ISOBUS*

# ABSTRACT

Examples of agricultural IoT applications

Ella Heinonen

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2024, 30 pp.

Supervisor at the university: Yrjö Louhisalmi

The subject of the bachelor's thesis is a literature review of IoT applications in agriculture, where we go through how internet-connected devices and their applications can be utilized in agriculture.

The work presents what IoT and agriculture mean, and then explores various opportunities to utilize IoT technology. The work also discusses the benefits of IoT technology and considers future prospects. Agriculture is an important way of life to guarantee people's food supply, so modern methods are welcome to improve the quality of work and productivity.

Literature review has been the research method of this bachelor thesis.

*Keywords: IoT, Agriculture, Sensors, ISOBUS*

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	6
2 MITÄ IOT TARKOITTAA? .....	7
2.1 IoT: historia.....	7
2.2 IoT ja Teollisuus 4.0 .....	8
2.3 IoT:n toimintaperiaate.....	9
2.4 IoT maataloudessa.....	9
3 MAATALOUS.....	11
3.1 Kasvinviljely .....	11
3.2 Kasvihuoneviljely .....	11
3.3 Kotieläintuotanto.....	11
3.4 Maanviljely .....	12
3.5 Tarkkuusviljely .....	12
4 ANTUREIDEN HYÖDYNTÄMINEN KASVIHUONEVILJELYSSÄ.....	13
4.1 Valonmäärän tunnistaminen .....	13
4.2 Maaperän kosteusanturi .....	14
4.3 Hiilidioksidianturi .....	14
4.4 Lämpötila-anturi.....	15
4.5 Kosteusanturi .....	15
5 ISOBUS-JÄRJESTELMÄ.....	17
5.1 ISOBUS väylä.....	17
5.2 ISOBUS-liittimet .....	17
5.3 ISOBUS-järjestelmän hyödyt .....	18
5.4 Toiminnallisuudet .....	19
6 ESIMERKKEJÄ IOT-SOVELLUTUKSISTA MAAILMALTA .....	22
6.1 Varhainen viinirypäleiden sairauksien havaitseminen.....	22
6.2 Eläinten tunnistaminen niittotöissä lämpökameroiden avulla.....	22
7 IOT:N HYÖDYT JA HAITAT SEKÄ TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT MAATALOUDESSA .....	25
7.1 Hyödyt ja haitat .....	25
7.2 Tulevaisuuden näkymät .....	26
8 YHTEENVETO .....	27



# 1 JOHDANTO

Maatalouden IoT-sovellutuksissa on kyse internetiin yhdistetyistä laitteista ja esineistä, jotka auttavat selviytymään arkisista työtehtävistä yhä paremmin. Sovellutuksien tarkoituksena on esimerkiksi parantaa ja kehittää maatalousalan toimivuutta sekä kannattavuutta, helpottaa arkea, optimoida kustannuksia, säästää aikaa ja parantaa laatua, jolloin käytännössä myös tuotevalikoimalla on mahdollisuus laajentua.

Ilmastonmuutoksesta ollaan laajalti hyvin huolissaan, jolloin osaltaan myös maataloudessa käytettävät IoT-sovellutukset voisivat tuoda mukanaan positiivisia vaikutuksia ympäristön kestävyyteen, jätteen vähentämiseen sekä muun muassa maaperän optimointiin liittyen. Esimerkkinä voitaisiin puhua kastelujärjestelmien automatisoinnista, jossa sensorit havaitsisivat tarkoin määritetyt ominaisuudet ja kastelisivat viljelyalueen automaattisesti, kun tarve syntyy. Näin on mahdollista välttyä turhilta käynneiltä viljelyalueilla, mikä vähentää työntekijöiden työkuormaa, mutta lisäksi säästää myös polttoainetta taloudellisista sekä ympäristön kestävyysnäkökulmista.

IoT-sovellutuksien käyttöönotto ei aina ole mutkatonta, vaan niissä tulee myös miettiä, miten esimerkiksi sähköttömille peltoalueille viedään virtaa, jotta sensoreiden ja järjestelmien kytkeminen internetiin on mahdollista. Ratkaisu voi löytyä esimerkiksi paristokäyttöisistä laitteista tai aurinkopaneeleista, mutta vallitsevien sääolosuhteiden, ilmaston sekä vuodenaikojen arvioiminen oikeaa valintaa tehdessä on erityisen tärkeää toimivuuden ja käytettävyyden takaamiseksi.

## 2 MITÄ IOT TARKOITTAÄ?

Suoraan suomennettuna Internet of Things tarkoittaa esineiden internetiä eli käytännössä sitä, että jokin laite yhdistetään joko langattomasti tai langallisesti verkkoon. Oikeiden prosessien kautta antureiden tuottama tieto voidaan muuttaa käyttökelpoiseen muotoon, josta selviää esimerkiksi mitattu lämpötila tai kosteus. Arkipäiväisen elämän hyvä esimerkki on älykello, joka langattomasti mittaa ranteesta sykettä ja välittää tiedon internetin kautta puhelinsovellukseen. Käytännössä IoT-laite voi tavallaan olla mikä vain fyysinen laite. (Empirica)

Ennen kuin syvennyään maatalouden IoT-sovellutuksiin tarkemmin, on hyödyllistä käydä läpi, mitä maatalous on sekä, mihin IoT perustuu.



Kuva 1. Havainnointikuva, jossa on esitetty, mihin erilaisiin kohteisiin sensoreita on mahdollista kytkeä ja mitä niillä voi mitata (Evomo).

### 2.1 IoT: historia

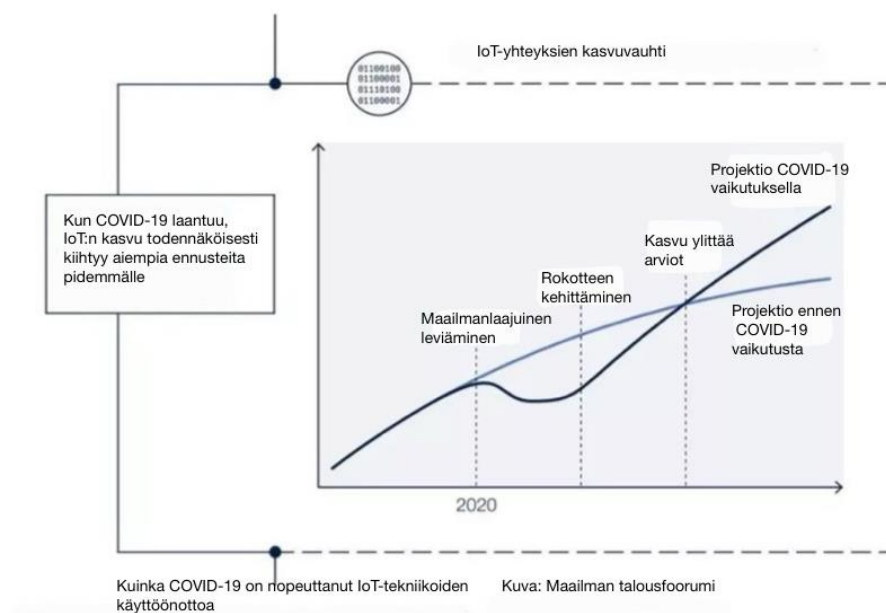
Ensimmäisen kerran puhuttiin fyysiisiin laitteisiin kytkeytyvistä antureista 1980-luvulla, kun eräät yliopisto-opiskelijat muokkasivat Coca-Cola-automaattia siten, että sen etäseuraaminen olisi mahdollista. Menetrit olivat tuolloin kuitenkin vielä rajalliset. Varsinaisesti IoT-termi on otettu käyttöön vuonna 1999, kun tietojenkäsittelytieteilijä Kevin Ashton loi termin. Hän ehdotti tuolloin (RFID) eli radiotaajuisten etätunnistuspiirin asentamista työskentelemänsä yrityksen valmistamiin tuotteisiin. Maailman talousfoorumien tuottaman raportin, State Of the Connected World, mukaan maailmassa on jo tälläkin hetkellä enemmän kytkeytyviä laitteita, kuin ihmisiä. Kytkeytyvien laitteiden määrän on ennustettu vain kasvavan tulevaisuudessa. (Vision Of Humanity)

## 2.2 IoT ja Teollisuus 4.0

Teollisuus 4.0 on sanansa mukaisesti neljäs teollinen vallankumous. Digitalisoimalla sekä uudenlaista teknologiaa hyödyntämällä muutetaan valmistusta sekä liiketoimintamalleja teollisuudessa entistä tehokkaammaksi sekä digitaalisemmaksi. Tähän kokonaisuuteen hyödynnetään esimerkiksi niin tekoälyä, robotiikkaa, älykkäitä sensoreita sekä esineiden internetiä. Edellä mainittujen seikkojen perusteella markkinoille voidaan odottaa eri aloihin liittyvän lisääntyvää valikoimaa. (Saarela Martti)

Voidaan siis ajatella, että tulevaisuudessa teknologian kehittyessä tulee maatalouteenkin lisää mahdollisuuksia IoT:ta hyödyntäen.

Digitaalista muutosta on tapahtunut ja tapahtuu jatkossakin muun muassa IoT:ssä, robotiikassa ja tekoälyssä jota viime vuosina on nopeuttanut erityisesti COVID-19 pandemia, jota seuraava diagrammi kuvaa. (Vision Of Humanity)



Kuva 2. COVID-19 vaikutus IoT-teknologioiden käyttöönottoon (Vision Of Humanity)  
(Kuva suomennettu alkuperäisestä lähteestä).



## 2.3 IoT:n toimintaperiaate

IoT-pohjainen tiedon kerääminen sekä siirtäminen voi pohjautua useisiin erilaisiin langattomiin viestintätekniikoihin. Näitä voivat olla esimerkiksi WiFi, RFID, Bluetooth sekä 3G, 4G ja 5G-verkot. IoT:iin perustuva tiedonkäsittely pohjautuu fyysisten laitteiden yhdistämiseen antureilla ja sensoreilla verkkoon, jonka jälkeen tiedon kerääminen, siirtäminen sekä analysoiminen on mahdollista.

## 2.4 IoT maataloudessa

IoT-teknologian hyödyntäminen maataloudessa auttaa maatilallisia konkreettisesti päivittäisissä työtehtävissä, joihin muuten kuluisi lähtökohtaisesti reilusti enemmän aikaa, jos hyödynnettävää teknologiaa ei olisi. Totta kuitenkin on, että monet maatilat pyörivät vielä nykyisinkin ilman älysovelluksista saatavia hyötyjä. Tulevaisuudessa kuitenkin uskottavasti tulee tapahtumaan muutos, jossa IoT-pohjaisia sovelluksia otetaan käyttöön, mutta huomioitavaa on se, että isommat maatilat ovat kykenevämpiä investoimaan kalliisiin järjestelmiin paremmin kuin pienet maatilalliset.

Käytännössä IoT-sovellukset voivat ratkaista erittäin yksinkertaisiakin ongelmia, kuten esimerkiksi mittaamalla onko pelto vielä roudassa ja siirtämällä tiedon palvelimen kautta maatilallisen puhelimeen. Näin maatilalla työskentelevä voi lukea tiedon suoraan puhelimestaan ja välttyä turhalta reissulta peltoalueelle vain todetakseen, että se ei vielä ole kynnettävissä. Esimerkiksi satoa uhkaavien ongelmien kartoituksessa dronen lennättäminen tuottaa hyvän kuvan sen hetkisestä tilanteesta ja auttaa mahdollisten edessä olevien päätösten tekemisessä. (Mokosmart)

IoT voi maataloudessa helpottaa myös työvoimapulaan, sillä sen hyödyntäminen vähentää ihmisen työkuormaa samalla kun työtehtävät tietyillä osa-alueilla helpottuvat ja vähenevät. Toisaalta voidaan myös ajatella niin, että tietyissä työtehtävissä esimerkiksi robotit voivat korvata ihmisiä, joka taas vähentäisi työpaikkoja.

Teknologian hyödyntäminen ei automaattisesti kuitenkaan takaa, että kaikki ongelmat ovat sen jälkeen ratkaistu. Jatkossakin laitteista tulee huolehtia, varmistaa oikeat käyttöolosuhteet niiden elinkaaren ajaksi sekä korjata niitä tarpeen vaatiessa. On kuitenkin muistettava, että vaikka laitteet helpottaisivatkin arkea erityisen suuresti, on

niiden mahdollisen rikkoutumisen seurauksena ihmisen kyettävä hoitamaan tehtävät normaaliin tapaan.

## 3 MAATALOUS

Maatalous on elinkeino, joka perustuu uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämiseen. Maataloudessa ollaan vuorovaikutuksessa niin maan, kasvillisuuden sekä eläinten ja aurinkoenergian kanssa. Maatalouden avulla pystymme täyttämään perusedellytyksen elämään eli ravinnon tuotannon, jonka vuoksi on tärkeää, että luonnonvaroja käytetään ekologisesti. (Rajala Jukka, 2006)

### 3.1 Kasvinviljely

Kasveja voidaan viljellä avomaatuotannossa, jossa kasvit ovat riippuvaisia vallitsevista sääolosuhteista, kuten esimerkiksi luonnonvalosta, maaperän ravinteista, sateesta sekä petohyönteisistä ja pölyttäjistä eli niin sanotuista ekosysteemipalveluista. Suomessa kasvukausi painottuu suuresti kesään, jonka vuoksi vain kannattavien kasvien viljely on perusteltua. Kasvihuonetuotannossa kasvukausi saadaan pidemmäksi lämmityksen sekä lisävalon ansioista ja kasvivalikoima voi myös olla laajempi. (Manninen Heli, 2024)

### 3.2 Kasvihuoneviljely

Kasvihuoneviljelyssä satoa on mahdollista tuottaa vuoden ympäri, jolloin sato on suojattuna ulkoisilta ilmiöiltä. Kasvihuoneet rakennetaan usein lasista ja muovista, jonka tarkoituksena on päästää auringonvalo helposti kasvihuoneeseen niin, ettei se heijastu takaisin ilmakehään. Optimaalisten kasvuolosuhteiden varmistamiseksi voidaan lisäksi hyödyntää lämmitystä, lisävaloa sekä kastelujärjestelmiä. (Nagendra Singh, 2024)

### 3.3 Kotieläintuotanto

Kotieläintuotannossa tarkoituksena on luoda hyödykkeitä ihmisille, esimerkiksi maidon- ja naudanlihatuotannon sekä sian- ja siipikarjantuotannon avulla. Karjanhoito on erittäin yleinen elinkeino ja maatilallisia on Suomessa runsaasti. (Huuskonen Arto, 2023) Karjan kasvatusta on ollut Suomessa keskiajalla merkittävä elinkeino ja sen painoarvo vielä nykyäänkin on merkittävä, jonka seurauksena navettoja automatisoidaan keventämään maitotilallisten työtä sekä mahdollistamaan ottamaan lisää eläimiä.

### 3.4 Maanviljely

Maanviljely tarkoittaa järjestelmällistä toimintaa, jonka tavoitteena on tuottaa ravintoa ihmisille sekä rehua eläimille erilaisten käytäntöjen ja tekniikoiden avulla. Maanviljely ja karjanhoito liittyvät toisiinsa erityisen suuresti, sillä suurin osa tuotetusta lihasta on kasvanut syömällä maanviljelyllä tuotettua rehua. Maanviljelyyn kuuluu esimerkiksi traktorilla kyntämistä, kasvien istuttamista sekä lannoittamista ja sadon korjaamista. Pää tavoitteena on turvata ihmiskunnan ruoansaanti, mutta joitakin viljelykasveja voidaan hyödyntää myös kankaiden valmistukseen. (Peda.net)

### 3.5 Tarkkuusviljely

Tarkkuusviljely pohjautuu teknologian sekä tiedon hyödyntämiseen paremman tehokkuuden, tuottavuuden ja kestävyuden parantamiseksi.

1. Istutus
  - Istutuksessa pyritään sijoittamaan siemenet optimaalisesti ja vähentämällä tyhjää hukkatilaa.
2. Kastelu
  - Maaperän kosteutta seurataan antureilla ja kasteleminen saadaan hoidettua kustannustehokkaasti ja kohdennetusti.
3. Lannoitus
  - Maaperän ravinnepitoisuuksia seurataan antureiden avulla ja lannoitetta voidaan levittää kustannustehokkaasti ja kohdennetusti.
4. Tuholaistorjunta
  - Antureiden avulla seurataan mahdollisia tuholaisia sekä päätetään torjunta-aineiden käytöstä, jos sille tulee tarve.

(Agtecher, 2017)

## 4 ANTUREIDEN KASVIHUONEVILJELYSSÄ

## HYÖDYNTÄMINEN

Kuten aikaisemmin todettiin, voi kasvihuoneviljelyn sekä tarkkuusviljelyn optimoimiseksi olla perusteltua hyödyntää eri teknologioita, joiden avulla kasvukausi voidaan saada ympärivuotiseksi sekä sato runsaammaksi ja monipuolisemmaksi. Käytännössä antureiden hyödyntämisestä saadulla tiedolla on mahdollista pyrkiä korkeisiin tavoitteisiin säätämällä kasvuolosuhteita.

### 4.1 Valonmäärän tunnistaminen

Kasvihuoneviljelyssä hyödynnetään ensisijaisesti luonnonvaloa, mutta kasvuolosuhteiden optimoimiseksi voidaan hyödyntää antureita, jotka tunnistavat valon määrän. Lisävalolla voidaan tehostaa tuotantoa, sillä eri kasvit vaativat erilaisia valospektrejä. Moderneissa kasvihuoneissa käytetään LED-valoja, sillä ne ovat energiatehokkuuden lisäksi vahvoja sekä kestäviä. (Nagendra Singh, 2024)



Kuva 3. LED-valon hyödyntäminen kasvihuoneessa (Netrauta.fi).

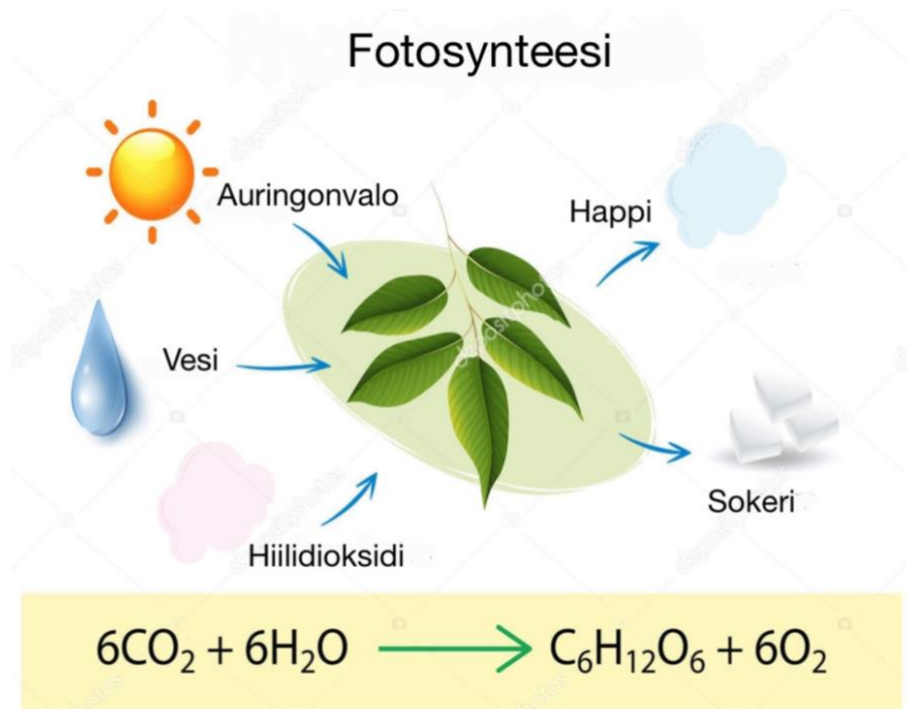
## 4.2 Maaperän kosteusanturi

Kasvit ottavat juuriensa avulla maaperästä tarvitsemiaan ravinteita, joten maaperän vesipitoisuuden tason on erittäin tärkeää olla oikealla tasolla. Maaperä ei saa olla kasvin vaatimuksiin nähden liian kuiva, eikä myöskään liian kostea, sillä se voi esimerkiksi lisätä riskiä joidenkin kasvisairauksien kehittymiseen. Kosteusanturia hyödyntämällä on mahdollista tietää tarvitseeko maaperää kastella kyseisellä hetkellä. (Nagendra Singh, 2024)

## 4.3 Hiilidioksidianturi

CO<sub>2</sub>-anturit antavat tietoa kasvihuoneen hiilidioksidipitoisuudesta, jonka merkitys kasvien kasvuun on suuri, sillä fotosynteesi tarvitsee toteutuakseen hiilidioksidia. Muun muassa kosteus, lämpötila sekä auringon säteilyenergia ja kasvien haihtuminen vaikuttavat kaikki hiilidioksidin määrään. (Nagendra Singh, 2024)

Hiilidioksidin merkitys kasvien kasvatuksessa on olennainen, sillä fotosynteesi perustuu hiilidioksidin hyödyntämiseen. Fotosynteesi eli yhteyttäminen on prosessi, jossa kasvien lisäksi muun muassa levät ja bakteerit sitovat hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) sekä vettä (H<sub>2</sub>O) itseensä, jonka jälkeen ne muodostavat glukoosia eli sokeria ja vapauttavat happea. Energianlähteenä prosessille toimii auringonvalo. Eli kun hiilidioksidia on tarvittava määrä ilmassa, lisää se kasvien sadon tuottavuutta ja kasvunopeutta. (Andreas Ebbesen Jensen, 2021)



Kuva 4. Yhteyttäminen sekä kaava (Depositphotos) (Kuva suomennettu alkuperäisestä lähteestä).

#### 4.4 Lämpötila-anturi

Kasvihuoneen käyttämisestä saatu hyöty perustuu erityisesti sen korkeampaan lämpötilaan, jonka vuoksi lämpötilan säätämisellä on erittäin tärkeä tehtävä. Lämpötilan ylläpito voi olla jopa 70-85% kasvihuoneen energiakustannuksista, minkä vuoksi lämpötilan säätäminen sekä valvominen on tärkeää. Lämpötila-anturilla saadaan tietää, reaaliaikaisesti kasvihuoneen lämpötila ja mahdollisiin lämpötilan muutoksiin on mahdollista reagoida käytännössä viiveettömästi oikeiden lämpötilaolosuhteiden tarjoamiseksi. (Nagendra Singh ,2024)

#### 4.5 Kosteusanturi

Ilman kosteuden vaikuttaa muun muassa ilmanvaihto, maaperän haihtuminen, kasvien hengittäminen ja peitteen tiivistyminen. Kosteus ja lämpötila vaikuttavat vielä lisäksi käänteisesti toisiinsa, jonka vuoksi niiden molempien ottaminen huomioon on tärkeää sopivan kosteuden saavuttamiseksi. (Nagendra Singh, 2024)

Suhteellisen ilmankosteuden tulisi olla noin 60-80%, jolloin kasveilla on hyvät kasvuolosuhteet. Jos edellisestä lukemasta kosteus nousee vieläkin korkeammalle, mahdollistaa se haitallisten homeiden ja sienien kasvamisen kasvihuoneessa, mikä ei ole tarkoituksenmukaista. Tämänkin vuoksi sekä lämpötilan että kosteuden mittaaminen kasvihuoneessa on erityisen tärkeää. (Suomen Lämpömittari Oy)



## 5 ISOBUS-JÄRJESTELMÄ

ISOBUS on menetelmän tai järjestelmän, jonka avulla erimerkkiset ja eri maissa valmistetut työkoneet tai apulaitteet on mahdollista kytkeä yhteensopiviksi viestiliikenteen ja liittimien yhteensovittamiseksi elektroniikan tasolla. ISOBUS on standardisoitu kommunikointiprotokolla maataloudessa käytettäviin koneisiin. Nimi tulee siitä, että ISOBUS perustuu ISO 11783 standardiin ja tiedonsiirto kulkee CAN väylässä (BUS=väylä). Isobus on AEF:n (Agricultural Industry Electronics Foundation) omistama, joka puolestaan huolehtii Isobus-järjestelmän kehityksestä sekä myös laitteiden virallisesta hyväksynnästä. (Linkolehto Raimo, 2020)

Järjestelmä tarjoaa käyttäjilleen käyttömukavuutta sekä helpotusta. ISOBUS-järjestelmä mahdollistaa traktoreiden ja työkoneiden välillä suoritettavan tiedonsiirron, mutta mahdollistaa myös tiedon siirtämisen maatalouden hyötyohjelmistoihin. (Pöttinger)

### 5.1 ISOBUS väylä

CAN-väylä (Controller Area Network) on koneissa, ajoneuvoissa ja teollisuuslaitteissa hyödynnettävä automaatiöväylä, jota myös ISOBUS-järjestelmä hyödyntää. Väylä mahdollistaa siihen liitettyjen laitteiden välille yhtenäisen tiedonsiirron. Väylällä laite suorittaa osoitteenvarauksen, jolloin tulee ilmi, mikä laite on kyseessä. Tämän jälkeen kyseinen laite luo yhteyden tarvittavaan laitteeseen ja tiedonsiirtoon perustuva keskustelu voi alkaa. (Linkolehto Raimo, 2020)

### 5.2 ISOBUS-liittimet

Jotta tiedonsiirto ja toimiminen ovat mahdollisia, ovat laitteet kytketty yhteen liittimillä. Standardi ISO 11783 on määritellyt ISOBUS-järjestelmässä käytetyt liittimet.

1. In Cab Connector – Ohjaamoliitin
  - tulee sijaita traktorin hytissä
  - lisälaitteiden kytkentää varten, kuten apuohjain
2. Diagnostic Connector – Huoltoliitin
  - tulee sijaita traktorin hytissä
  - huoltotyökalua varten

3. Implement Bus Breakway Connector (IBBC) – Työkoneliitin  
-traktorin takana valoliittimen kanssa samassa linjassa tai vastaavasti edessä

(Linkolehto Raimo, 2020)



Kuva 5. ISOBUS-järjestelmän liittimiä (Erich Jaeger).

### 5.3 ISOBUS-järjestelmän hyödyt

Järjestelmä antaa mahdollisuuden littää erimerkkisiä laitteita toisiinsa, jonka vuoksi myös työkonoiden asentamiseen liittyvät tapahtumat ovat helpompia standardoitujen liittimien ja kaapeleiden vuoksi. Yhteensopivan järjestelmän myötä työkonoiden käyttäminen on helpompaa ja lisäksi esimerkiksi usean eri näytön käyttämisen tarve vähenee, sillä yhdelläkin näytöllä pärjää. Järjestelmä tuo mukanaan mahdollisuuden hankkia tarpeen vaatiessa lisävarusteita, jotka sopivat muihin ennalta oleviin ominaisuuksiin. Järjestelmän myötä tehdyn työn dokumentointi on mahdollista, joka puolestaan auttaa tärkeiden tietojen hallinnassa ja säilytyksessä. Eri ominaisuuksien johdosta esimerkiksi pellolla

suoritettava työ tulee tarkemmaksi, joka puolestaan mahdollistaa myös paikkakohtaisen viljelemisen. Järjestelmän avulla on mahdollista hallinnoida ja säästää kustannuksissa. (DigiMaatalous.fi, 2020)

Järjestelmä auttaa työnteossa niin suunnitteluvaiheessa, mutta toimii erinomaisena työkaluna myös työnteon aikana, jolloin prosessit helpottuvat ja säästävät työntekijän voimavaroja. Toki järjestelmän opettelu vie aikaa, jotta sen käyttö on optimaalista, mutta se vaatii myös rahallista panostusta, jotta järjestelmä on mahdollista hankkia. Toisaalta kun järjestelmän käyttö on hallittua ja sen osaa moni muukin, on esimerkiksi maatalouslomittajien mahdollista hyödyntää järjestelmää ja selvityä työstään paremmin.

## 5.4 Toiminnallisuudet

ISOBUS-järjestelmään voi olla kytkettynä lukuisia erilaisia toimilaitteita, jotka ovat kaikki kytketty samaan väylään, jossa tietoa siirretään.

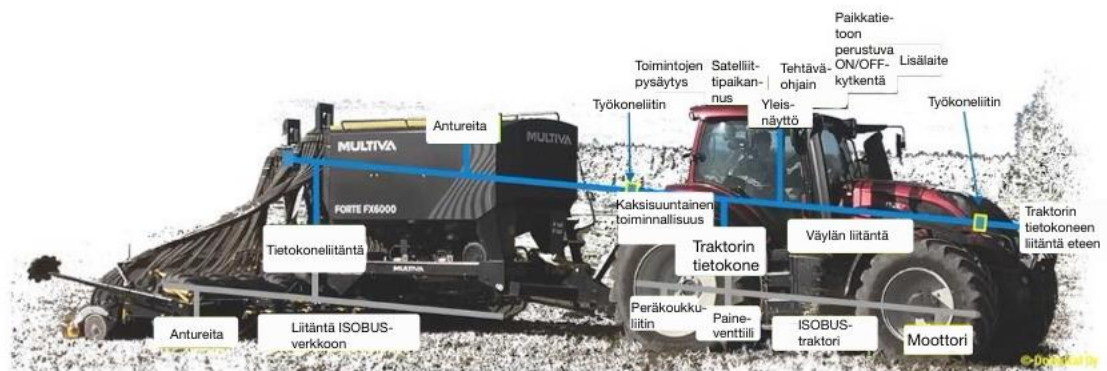
Oheisessa taulukossa on kooste ISOBUS-mahdollisuuksista ja ominaisuuksista, jotka ovat olleet mahdollisia jo vuonna 2020:

Taulukko 1. ISOBUS-mahdollisuudet (DigiMaatalous, 2020).

UT - Universal Terminal	Traktorin hytissä oleva yleisnäyttö sekä käyttöliittymän latauspaikka.
TECU – Tractor ECU	Traktorin ”tietokone”, jossa toiminnallisuus on yksisuuntainen.  Traktorin ajama tieto väylälle, jota muut toimilaitteet voivat hyödyntää, kuten ajonopeus, nostolaitteiden asema, hydraulikkavirtaimien tila.
TIM – Tractor Implement Management	Kaksisuuntainen toiminnallisuus.

	Myös työkone voi ohjata traktorin toiminnallisuuksia.
TC-BAS – Task Controller Basic	Tehtäväohjain työkoneen tuottaman työsuorituksen kokonaisarvojen dokumentointiin.
TC-GEO – Task Controller GEO	Tehtäväohjain paikkakohtaiseen dokumentointiin. Mahdollistaa täsmäviljelyn.
TC-SC – Task Controller Section Control	Paikkatietoon perustuva työkoneen ominaisuuksien päälle- ja poiskytkentä.
ISB – Isobus Shortcut Button	Tekee mahdolliseksi terminaalista käynnistettyjen toimintojen pysäyttämisen.
AUX-N – Auxiliary Control ”new”	Lisälaitte monimutkaisten työkoneiden hallintaan, esimerkiksi joystick-ohjain. Löytyy useasti valmiina nykyisistä traktoreista, jolloin traktorin hallintalaitteita voi käyttää myös osana työkoneen hallintaa.
AUX-O – Auxiliary Control ”old”	Samat ominaisuudet kuin AUX-N:ssä.  AUX-O ja AUX-N eivät ole yhteensopivat.
FMIS – Farm Management Information System	Tehtävätiedostojen (TASK) tekemiseen luotu suunnitteluohjelmisto. Tehtävätiedostoja hyödynnetään

	viljelytietoa kerättäessä ISOBUS-koneista.
FS – File Server	Tietovarasto, jossa voi säilyttää esimerkiksi TASK-tiedostoja.



Kuva 6. Isobusjärjestelmä (Digimaatalous.fi) (Kuva suomennettu alkuperäisestä lähteestä).

## 6 ESIMERKKEJÄ MAAILMALTA

## IOT-SOVELLUTUKSISTA

Tässä osiossa esitellään erilaisia IoT-teknologiaa hyödyntäviä sovellutuksia maailmalta, jotka perustuvat havaittuihin todellisiin ongelmiin. Ongelmia on lähdetty ratkomaan tutkimusten avulla.

### 6.1 Varhainen viinirypäleiden sairauksien havaitseminen

Intiassa viinirypäleiden viljelyllä on suuri yhteiskunnallinen ja taloudellinen merkitys, joten siellä on koettu haitalliseksi viinirypäleiden sairaudet, joita on pyritty ehkäisemään ruiskuttamalla suuria määriä torjunta-aineita. Suurten torjunta-ainemäärien vuoksi, ei rypäleita ole saanut tuoda Euroopan Unionin markkinoille. Tämän vuoksi kehitettiin juuri viinirypäleille järjestelmä, joka tunnistaa rypäleiden sairauksia kolmessa vaiheessa saatujen kuvatietojen pohjalta:

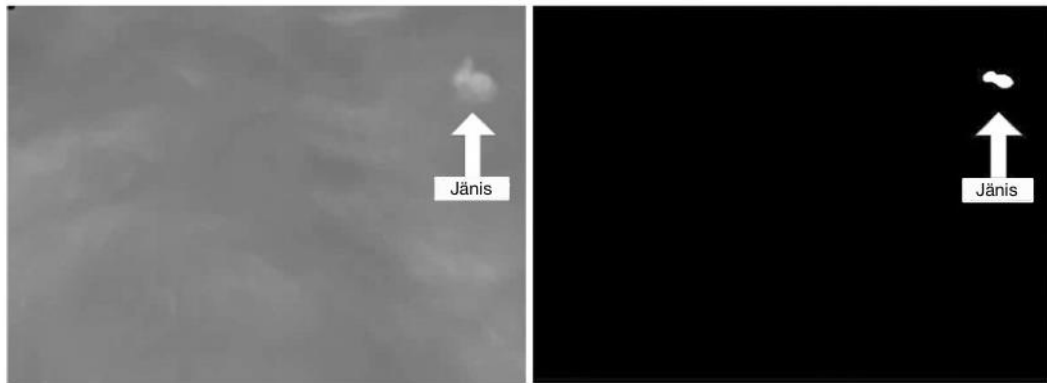
1. rypäleen lehtien varjostaminen
2. rypäleen lehtien sairausjako
3. rypäleen lehtien sairauksien tutkimus

Rypäleiden taudit on mahdollista tunnistaa kuvankäsittelyn avulla. Järjestelmää varten viinitarhaan on sijoitettu lämpötila-antureita, suhteellisen kosteuden sekä lehtien kosteuden antureita, jotka siirtävät tiedon Zig-Bee-moduulin avulla. Anturit ovat kytketty Arduino-korttiin, jossa on mahdollisuus muuntaa analoginen tieto digitaaliseksi, joten kerätty tieto saadaan heti analysoitavaksi käyttökelpoisessa muodossa. Tietoa on tutkimuksessa käsitelty tilastollisen menetelmän sekä Piilotetun Markovin mallin avulla. Kaiken tämän prosessin jälkeen robotti voi ruiskuttaa torjunta-aineita täsmällisesti tarpeen tullessa. (Suyash S. Patil, Sandeep A. Thorat, 2016)

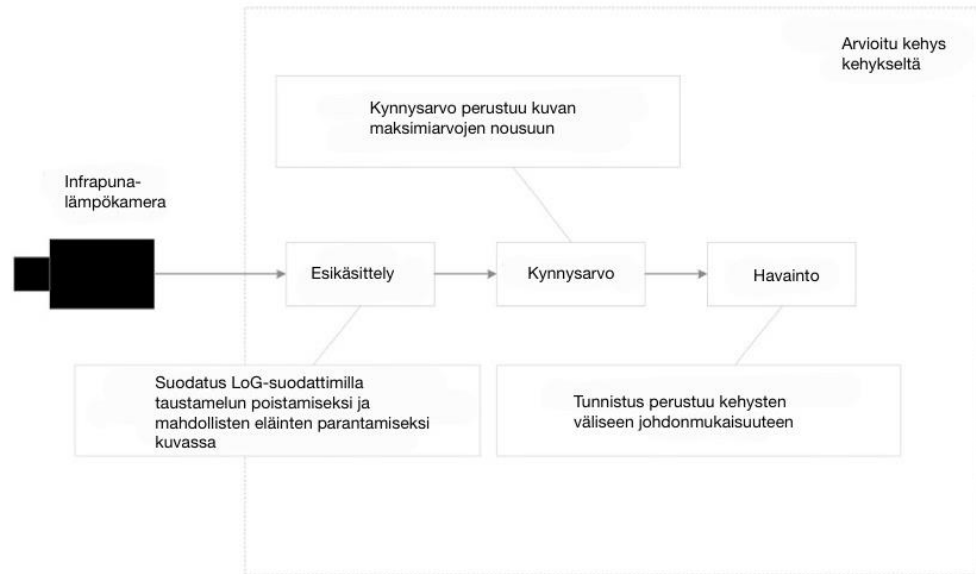
### 6.2 Eläinten tunnistaminen niittotöissä lämpökameroiden avulla

Niittotöissä näkyvyys sadon läpi voi olla erittäin heikko, jolloin eläinten havaitseminen on mahdotonta. Toisin sanoen niittotöillä on todennäköisesti negatiivinen vaikutus viljelysmaan lajeihin, mutta eritoten maassa pesivien lintulajien kannalta. Tanskassa vuonna 2011 suoritettu koe pyrki selvittämään mahdollisuuksia havaita eläimiä, jotta ne

eivät jäisi niittokoneen alle. Tutkimuksessa traktorin vasemmalle puolelle eteen asennettiin lämpökamera, Forward Looking Infrared, ja maantasalle häkissä oleva eläin tutkimuksen ajaksi. Lämpökameran havaitsemat lämpösäteilyt siirtyivät kannettavan tietokoneen näytölle, mikä sijaitsi traktorin hytissä. Traktorilla ajettiin eri nopeuksia tutkimuksen aikana. Parhaimmassa tapauksessa koe-eläimistä aiheutuva lämpösäteily on kuvissa kirkkaampaa kuin esimerkiksi ruohon lämpösäteily. Jos taustasäteily on kuitenkin liian kirkas, käytettiin tutkimuksessa suodatustekniikkaa (Laplacian of Gaussian) eläimen tunnistamiseksi paremmin. Tutkimuksessa tultiin tulokseen, että eläin on mahdollista tunnistaa kolmessa eri vaiheessa tietyn alueen sisällä. (Kim Arild Steen, Andrés Villa-Henriksen, Ole Roland Therkildsen, Ole Green, 2012)



Kuva 7. Binäärikuva oikealla, jossa tausta on musta ja jänis valkoinen, vasen kuva on alkuperäinen (MDPI 2012) (Kuva suomennettu alkuperäisestä lähteestä).



Kuva 8. Kuvankäsittelyn kulku lämpökäsittelyn avulla (MDPI 2012) (Kuva suomennettu alkuperäisestä lähteestä).



## 7 IOT:N HYÖDYT JA HAITAT SEKÄ TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT MAATALOUDESSA

Kun aikaisemmin on jo esitetty, miten eri tavoin esineiden internetiin perustuvia sovellutuksia voidaan hyödyntää, nyt mietitään niiden hyötyjä sekä haittoja sekä pohditaan mahdollisia tulevaisuuden näkymiä.

### 7.1 Hyödyt ja haitat

IoT tarjoaa maataloudesta toimeentulonsa saaville lukuisia mahdollisuuksia sekä helpotuksia työntekoon. Alle on koottu taulukko hyödyistä sekä haitoista kirjallisuuskatsauksen yhteydessä kertyneistä ajatuksista ja pohdinnoista.

Taulukko 2. IoT:n hyödyt ja haitat maataloudessa.

Hyötyjä	Haittapuolia
Tehokkuus	Teknologioiden sekä laitteiden yhteensovittaminen
Laadunvalvonta mahdollista	Monimutkaisuus, koulutuksen tarve
Suuri vaikutusalue	Työpaikkojen väheneminen
Automaatio	Yksityisyys ja turvallisuus → tietoturvasta huolehtiminen
Turvallisuus ja työturvallisuus	Järjestelmäpäivityksistä huolehtiminen
Resurssien säästäminen ja kohdentaminen	Laitteiden huoltaminen ja uusiminen
Tuotekehitys	Vaatii alkuun rahallista panostusta
Digitalisaatio	

Tiedon kerääminen, siirtäminen ja käsitteleminen	
Helppotus työvoimapulaan	

## 7.2 Tulevaisuuden näkymät

Viime vuosien aikana, erityisesti COVID-19-pandemian aikana IoT-pohjaisia laitteita on otettu käyttöön enenevässä määrin, ja IoT-laitteiden määrä maapallolla on kasvanut jo suuremmaksi kuin ihmisten määrä. (Vision Of Humanity)

IoT-tekniikka mahdollistaa tälläkin hetkellä paljon käytännöllisiä ja erittäin tarvittavia ominaisuuksia, joten kehitys tulee vuosien mittaan lisääntymään entisestään. Nykymaailmassa on kaiken kiireen keskellä tarve löytää uusia ja aina vain entistä parempia ratkaisuja, joten kehitystä tulee varmasti tapahtumaan. Ihmiset haluavat myös pyrkiä hoitamaan asiat tehokkaasti ja niin, että se on helppoa, joten kysyntää riittää.

Tulevaisuudessa maatalouden saralla IoT-pohjaisia ratkaisuja tullaan löytämään ja kehittämään entisestään niin käyttäjäkokemuksen kuin myös tarpeiden ja tarjonnan mahdollisen tämänhetkisen kohtaamattomuuden vuoksi. Maataloudessa ihmisen tietotaito karttuneen kokemuksen myötä on tärkeää, enkä usko, että ihan lähitulevaisuudessa ihmisen syrjäytyminen on mahdollista. IoT tarjoaa ihmisille oivia työkaluja, mutta vielä tällä hetkellä ei ole nähtävissä, että esimerkiksi IoT:iin pohjautuvat sovellukset voisivat syrjäyttää ihmisen. Tulevaisuudessa robotiikan kehitys entisestään voi mahdollistaa ihmisten työpanoksen siirtämisen ainakin osittain teknologian harteille, mutta ihmisen syrjäyttäminen kokonaan robotiikan ja muiden sovellutuksien myötä tällä hetkellä, ei ainakaan näytä ajankohtaiselta nyt eikä lähitulevaisuudessa.

## 8 YHTEENVETO

Kandidaatintyön tarkoituksena oli laatia kirjallisuuskatsaus maatalouden IoT-sovellutuksista. Työssä käytiin läpi mitä IoT ja maatalous ovat ja miten niitä voidaan yhdistää toisiinsa. Työssä käsiteltiin laajasti erilaisia IoT-pohjaiseen tiedonsiirtoon perustuvia menetelmiä, kuten kasvihuoneen olosuhteiden säätämistä, ISOBUS-järjestelmää sekä erilaisia ratkaisuja havaittuihin ongelmiin maataloudessa tutkimuksiin perustuen. Kandidaatintyön lopussa käsiteltiin IoT-sovellutuksien hyötyä maataloudessa sekä voisiko IoT-sovellutukset syrjäyttää ihmisen maataloustöissä tulevaisuudessa.

Maataloudessa on nyt jo käytössä erilaisia apulaitteita, jotka helpottavat paljon tavoitteiden saavuttamisessa, mutta myös työtehtävien kuormittavuudessa. On kuitenkin harmillista, että Suomessakin monet pienet perhetilalliset ovat joutuneet lopettamaan toimintansa huonon kannattavuuden vuoksi viime vuosien aikana. Digitalisoimiseen ja viimeisimpiin apuohjelmiin ei välttämättä ole monilla maatiloilla varaa, mutta isommista tiloista tulee kannattavampia, ja niillä voi olla mahdollisuus myös investoida. Maatalouden merkitys yhteiskunnalle on suuri, jonka vuoksi nykyaikaisten järjestelmien hyödyntäminen on tärkeää nyt, mutta varsinkin tulevaisuudessa, jotta myös jatkossa ruoantuotannon jatkuminen on mahdollista myös hankalemmissa kasvuolosuhteissa.

Uskon, että tulevaisuudessa esimerkiksi robotiikan kehitys voi myös mullistaa maataloutta samalla, kun IoT-pohjaiset systeemit kehittyvät. Apuvälineiden sekä järjestelmien yleistyminen entisestään tulevaisuudessa on mahdollista, kun maatilallisten kokemukset sekä tietävyys asioihin paranee ja mahdollisesti asennekin muuttuu entistä myönteisemmäksi.

Tärkeimpinä asioina IoT tuo mielestäni helpotuksen työkuormaan sekä työtehtäviin, mutta auttaa erityisesti työn suunnittelussa, tiedon analysoinnissa ja sen keräämisessä mutta mahdollistaa myös resurssien sekä maapallon luonnonvarojen säästämisen.

Ehkä IoT-sovellutuksista tulee tulevaisuudessa vielä jokaisen maatilallisen arkipäiväinen työkalu, jota osataan hyödyntää tulevaisuudessa entistäkin paremmin sen kehittyneisyyden ansiosta.

## LÄHDELUETTELO

Agtecher, Tarkkuusmaatalous, 2017. <https://agtecher.com/fi/precision-agriculture/> [Luettu 15.3.2024]

Andreas Ebbesen Jensen, Tieteen Kuvalehti. <https://tiekku.fi/luonto/kasvit/mika-on-fotosynteesi> [Luettu 12.3.2024]

Depositphotos, Photosynthesis. [https://st4.depositphotos.com/1763191/19905/v/1600/depositphotos\\_199052364-stock-illustration-science-education-photosynthesis-illustration.jpg](https://st4.depositphotos.com/1763191/19905/v/1600/depositphotos_199052364-stock-illustration-science-education-photosynthesis-illustration.jpg) [Luettu 12.3.2024]

DigiMaatalous.fi, ISOBUS-järjestelmä maataloudessa. <https://www.digimaatalous.fi/isobus-jarjestelma-maataloudessa/> [Luettu 13.3.2024]

Empirica, Mikä on IoT?. <https://www.empirica.fi/iot.html> [Luettu 29.2.2024]

Erich Jaeger, Erich Jaeger offers ISOBUS connertors for precision farming. <https://www.erich-jaeger.com/en/products/standards/isobus-connectors-for-agricultural-machinery> [Luettu 11.3.2024]

Evomo, IoT Agriculture. <https://evomosolution.medium.com/iot-agriculture-konsep-smart-farming-fa36f2e8c956> [Luettu 20.3.2024]

Huuskonen Arto, Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset, 2023. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553160/luke-luobio\\_11\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553160/luke-luobio_11_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Luettu 15.3.2024]

Kim Arild Steen, Andrés Villa-Henriksen, Ole Roland Therkildsen, Ole Green, Automatic Detection of Animals in Mowing Operations Using Thermal Cameras. [https://mdpi-res.com/sensors/sensors-12-07587/article\\_deploy/sensors-12-07587.pdf?version=1403317672](https://mdpi-res.com/sensors/sensors-12-07587/article_deploy/sensors-12-07587.pdf?version=1403317672) [Luettu 10.3.2024]

Linkolehto Raimo, Isobus perusteet. [https://maatalousautomaatio.fi/wp-content/uploads/2020/11/Isobus\\_Perusteet\\_1\\_AAF.pdf](https://maatalousautomaatio.fi/wp-content/uploads/2020/11/Isobus_Perusteet_1_AAF.pdf) [Luettu 12.3.2024]

Manninen, Heli; Rantanen, Marja; Räsänen, Kati; Rikala, Kati; Tolonen, Ulla; Vieraankivi, Marja-Liisa, Tietoa puutarhatuotanno ympäristövaikutuksista. 2024 <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554690>

MOKOSmart, MOKOSmart IoT maataloudessa. <https://www.mokosmart.com/fi/iot-in-agriculture/> [Luettu 29.2.2024]

Nagendra Singh, Akhilesh Kumar Sharma, Indranil Sarkar, Srikanth Prabhu & Krishnaraj Chadaga, IoT-based greenhouse technologies for enhanced crop production: a comprehensive study of monitoring, control, and communication techniques. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21642583.2024.2306825?needAccess=true> [Luettu 10.3.2024]

Netrauta.fi, LED-valo. <https://www.netrauta.fi/kasvihuonevalo-palram-canopia-brighton-led-24w> [Luettu 9.3.2024]

Peda.net, Maatalous. <https://peda.net/juuka/poikolan-koulu/oppiaineet/mjm/kasinvalinnainen/maatalous> [Luettu 20.2.2024]

Pöttinger, ISOBUS. [https://www.poettinger.at/fi\\_fi/produkte/detail/isob/isobus](https://www.poettinger.at/fi_fi/produkte/detail/isob/isobus) [Luettu 18.3.2024]

Rajala Jukka, Luonnonmukaisen maatalouden perusteet. <https://oula.finna.fi/Record/aoe.1120?sid=4082852462> [Luettu 10.3.2024]

Saarela Martti, Kohti neljättä teollisuuden vallankumousta, Oulun yliopisto. <https://www.oulu.fi/fi/blogit/kerttu-saalasti-instituutin-blogi/kohti-neljatta-teollisuuden-vallankumousta> [Luettu 29.2.2024]

Suomen Lämpömittari Oy, Kasvihuoneen oikea lämpötila parantaa satoa. <https://www.suomenlampomittari.fi/pida-paahde-poissa-kasvihuoneesta/> [Luettu 10.3.2024]

Suyash S. Patil, Sandeep A. Thorat, Early Detection of Grapes Diseases Using Machine Learning and IoT. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7802887> [Luettu 4.10.2023]

Vision of Humanity, How COVID-19 has sped up the adoption on IoT-technologies.  
<https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2021/04/Screenshot-2021-04-07-104258.png> [Luettu 29.2.2024]

Vision of Humanity, IoT Techonologies Explained: History, Examples, Risks & Future.  
<https://www.visionofhumanity.org/what-is-the-internet-of-things/> [Luettu 29.2.2024]