

Tutkimussuunnitelma:

IoT -teknologioiden sovellukset kasvintuotannossa

Tatu Polvinen

Tutkimussuunnitelma

Tietotekninen selvitys ja  
kouluttaminen ICT2TN011-44

14.5.2017

 **Tiivistelmä**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tekijä**  Tatu Polvinen | |
| **Koulutusohjelma** Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma | |
| **Raportin/Opinnäytetyön nimi** Tutkimussuunnitelma:  IoT -teknologioiden sovellukset kasvintuotannossa | **Sivu- ja liitesivumäärä**  11 + 3 |
| Tässä tutkimusraportissa kuvataan, millaisia IoT–teknologioita hyödyntäviä ratkaisuita tutkitaan ja sovelletaan maataloudessa kasvintuotannon alueella pelto- ja puutarhatuotannossa. Tutkimusongelmiin löydettyjä vastauksia esitellään tutkimustuloksissa.  Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää I) millaisia IoT–teknologioita (Internet of Things, esineiden internet) on sovellettu ja tutkittu kasvintuotannon alueella sekä II) millaisia kokemuksia ja näkemyksiä kasvintuotannossa toimivalla suomalaisella yrittäjällä on IoT–teknologioiden hyödyntämisestä ja mahdollisuuksista.  Tutkimus toteutetaan kahdella tutkimusmenetelmällä: kirjallisuuskatsauksena ja yksilöteemahaastatteluna. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään kasvintuotannossa käytettäviin IoT–teknologioihin joiden sovelluksista on saatavilla joko tutkimustietoa tai muuten luotettaviksi arvioitavia lehtiartikkeleja tai valmistajien tiedotteita. Yksilötee-mahaastattelussa pyritään hahmottamaan millaisia henkilökohtaisia kokemuksia ja näkemyksiä IoT–teknologioiden hyödyntämisestä haastateltavalla maatalousalan toimijalla itsellään on.  Tutkimus toteutetaan vuoden 2017 kesän ja syksyn aikana.  Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää hyväksi päätettäessä lisätutkimuksen tarpeellisuudesta sekä lisäämään kasvintuotannon alan toimijoiden tietämystä IoT-teknologioista.  Tässä raportissa käytetään lähdeviittauksissa Harvard Reference format 1 (author-date):a. | |
| **Asiasanat**  Esineiden internet, Teollinen Internet, kasvintuotanto, kasvitehdas, täsmäviljely | |

Sisällys

1 Johdanto 4

2 Teoriatausta 5

2.1 Taustaa 5

2.2 AIoT:n käytännön sovelluksia ja tutkimustuloksia 7

2.2.1 AIoT-täsmäviljely peltokasvituotannossa 7

2.2.2 AIoT-täsmäviljely puutarhatuotannossa 8

3 Tutkimuksen tavoitteet 10

3.1 Tutkimusongelmat 10

3.2 Työhypoteesit: 10

4 Tutkimusmenetelmät 10

5 Tutkimusaikataulu 11

6 Tuloksen hyväksikäyttömahdollisuudet 11

7 Lähteet 12

# Johdanto

Tutkimuksen aihepiirinä on maatalouden esineiden internetiin (Agriculture Internet of Things, AIoT) liittyvät tutkimukset, julkaisut ja teknologiasovellukset. Teknologiasovelluksista käsitellään sekä tutkimus- ja prototyyppiluonteisia toteutuksia että kaupallisia tuotteita. Tutkimuksessa pyritään I) luomaan kuva AIoT:n tutkimuskentän tilasta sekä II) hahmottelemaan haastattelujen tulosten perusteella kasvintuotannon alan toimijoiden käsityksiä ja kokemuksia aiheesta.

Maatalouden esineiden internet on merkittävänä osana teollisuuden esineiden internetiä (Industrial Internet of Things, IIoT) viimeaikaisen edullisten ja tehokkaiden pilvipalveluiden, sensori- sekä verkkoteknologioiden kehityksen myötä mahdollistunut tavalla joka on saanut monet tahot ennustamaan ennennäkemätöntä tuottavuuden kasvua seuraavan vuosikymmenen aikana (Gilchrist (2016), 2). Koska AIoT:tä pidetään yleisesti IIoT:n osana, käsitellään tässä tutkimuksessa myös IIoT:n teknologiasovelluksia ja tutkimusta soveltuvin osin.

Kasvintuotannossa laajasti käytössä olevat digitaaliset teknologiaratkaisut ovat pitkään olleet M2M–periaatteella toimivia (Machine to Machine, laitteelta laitteelle) jolloin tuotettu raakadata jää yleensä esimerkiksi traktorin tai puimurin tietokoneelle. Tällöin tietoa ei voida hyödyntää IoT:n keskeisen paradigman mukaisesti analysointiin ja sitä kautta toiminnan automaattiseen ohjaamiseen. IoT–teknologioiden mahdollistaman laitteiden välisen tiedonsiirron, sensorien tuottaman raakadatan analysoinnin ja siitä saatavan tietämyksen hyödyntämisen nähdään yleisesti tuottavan huomattavaa lisäarvoa.

Aineiston keruun alkuvaiheessa löytyi lehtiartikkeli, jossa G. Monbiot kirjoitti sensaatiomaiseen tyyliin YK:n julkaisemista laskelmista viljelysmaan eroosiosta. Artikkelissa hän väittää, että viljelyskelpoinen maa kulutetaan nykyisillä maata kuluttavilla viljelystekniikoilla loppuun keskimäärin maailmanlaajuisesti 60:ssä vuodessa, Englannissa saman lukeman ollessa 100 vuotta. (Monbiot (2015)) Vaikka kyseinen lukujen tulkinta ja esitetyt väitteet osoittautuisivat tarkemmin tutkittaessa puutteellisiksi, tarve uusille ja tehokkaammille viljelytekniikoille on selkeä: kirjallisuuskatsauksessa Internet of Things in Agriculture Verdouw et al. mainitsevat ruokaturvan kriittisyyden korostuvan lähivuosikymmeninä väestönkasvun ja kehittyvillä markkinoilla tapahtuvan elintason nousun myötä (Verdouw et al. (2016)). Samoin FAO:n vuoden 2012 raportissa World Agriculture Towards 2030/2050 arvioidaan vuoteen 2050 mennessä tarvittavien tuotannon kasvuksi 940 miljoonaa tonnia viljakasvien osalta (Alexandratos, N. & Bruinsma J. (2012), 17).

Lisäksi Verdouw et al. mainitsevat ruokaturvaa heikentävänä seikkana maapallon kantokyvyn ylittymisen nykyisin käytössä olevilla maatalouden tuotantomenetelmillä. Globaalin ruokaturvan ja ympäristönsuojelun erityisiksi haasteiksi he kuvaavat globalisaation, ilmastonmuutoksen, polttoaineperusteisesta bioperusteiseen talouteen siirtymisen sekä maan, makean veden ja työvoiman käytön kilpailun vaikutukset. IoT–teknologioiden odotetaan auttavan näihin haasteisiin vastaamisessa entistä tarkemmalla tuotannon ja tuotantoympäristön seuraamisella, tuotannon etäohjauksella, tuotteiden laadun tarkkailulla sekä kuluttajien ymmärryksen lisäämisellä. (Verdouw et al. (2016))

Erityisesti IoT–teknologioita hyödyntävää kasvintuotantoa toteutetaan kasvihuoneissa ja kasvitehtaina tunnetuissa laitoksissa, joissa täysin kontrolloiduissa olosuhteissa kasvatukseen käytettyjen resurssien kuten pinta-alan, lannoitteiden ja kasvuajan tehokkuus on saatu moninkertaistettua. Suomessa ollaan ottamassa kaupallista kasvitehdasta tuotantoon vuonna 2017 Fujitsu Greenhouse Technology Finland Oy:n ja Robbes Lilla Trädgård Ab:n yhteishakkeena (Fujitsu (2016), Schäfer (2016)).

Tutkittavaksi ilmiöksi on näin materiaaliin tutustuttaessa muodostunut IoT–teknologioiden hyödyntäminen kasvintuotannossa viljelyn tehostamiseksi ja samalla viljelyn aiheuttaman ympäristökuormituksen minimoimiseksi. Uutta tietoa odotetaan syntyvän tässä tutkimuksessa vain vähän toteutettavassa yksilöteemahaastattelussa ja tutkimukseen käytettävissä olevan ajan rajallisuuden myötä, mutta tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää apuna päätettäessä jatkotutkimuksen tarpeellisuudesta ja toteutuksen mahdollisuuksista.

# Teoriatausta

Tässä osassa käsitellään tutkimuksen osana tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa löytyneitä tietoja AIoT:n taustasta, sen käytännön sovelluksista ja tutkimustuloksista. Teoriataustassa pyritään vastaamaan ensimmäiseen tutkimusongelmaan, eli miten kasvintuotannossa hyödynnetään IoT–teknologioita, miten pelto- ja puutarhatuotannon erot vaikuttavat teknologiasovelluksiin sekä millaiset teknologiasovellukset tulevat löydöksistä selkeimmin esille.

## Taustaa

FAO:n vuoden 2012 raportissa arvioidaan väestönkasvun myötä tarvittavan globaalin ruoantuotannon kasvun olevan saavutettavissa mutta vaativan investointeja. Raportissa käsiteltyjen Maailmanpankin ennusteiden mukaan köyhyys ei ole katoamassa maailmasta vuoteen 2050 mennessä vaan tuloerot maiden välillä tulevat olemaan huomattavat, jolloin ruoantuotantoon tehtävät investoinnit tulevat jakautumaan epätasaisesti. (Alexandratos, N. & Bruinsma J. (2012), 37) Tämä puolestaan asettaa vaatimuksia kustannustehokkaampien viljelytekniikoiden kehittämiselle —erityisesti ilmastonmuutoksen todennäköisten vaikutusten vaikeuttaessa maanviljelyä suuressa osassa maailmaa.

Ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilojen nousu lisää kasteluntarvetta ja saattaa samalla rajoittaa kasteluveden saatavuutta. Tällöin tarvitaan entistä tarkempaa tietoa kastelun todellisesta tarpeesta sekä tarkempaa kastelun hallintaa —myös kotimaisessa kasvintuotannossa. Ruokakaupan jatkuvan hintakilpailun ja kasvavan luomuruoan kysynnän myötä on myös tarve kehittää viljelytekniikoita joilla voidaan säästää lannoituksessa ja saada silti enemmän irti samasta kasvatuspinta-alasta..

Täsmäviljelyn kehityksellä ollaan aikaisemmilla vuosikymmenillä saavutettu säästöjä lannoituksessa ja tehostettu viljelypinta-alan käyttöä. IoT–teknologioiden nähdään mahdollistavan täsmäviljelyn eteneminen ns. Smart Farming:iin, missä maatilasta muodostuu älykäs, keskenään toimivien laitteiden verkko. Tällöin voidaan yhdistää tosiaikainen sensorien tuottama havaintodata, datan automaattinen älykäs analysointi ja tuotantosuunnittelu sekä tuotantoprosessien kontrollointi. Täsmäviljelyn käyttöönotto ei ole kuitenkaan mainittavasti edennyt pienen innovatiivisen viljelijäjoukon ulkopuolelle ja täsmäviljelyssä tuotetun datan älykäs käyttö on edelleen hyvin vähäistä. (Verdouw et al. (2016))

Valtiollisille toimijoille IIoT:n ja sen mukana AIoT:n kehityksen tukemisen nähdään olevan kannattavaa niiden mahdollistaessa tehokkaamman kotimaisen tuotannon. Tämän tehokkuuden lisäyksen ennustetaan kääntävän halvempien tuotantokustannusten maihin kohdistuvan teollisen tuotannon ulkoistamisen trendin. Lisäksi tehostuneen tuotannon ennustetaan johtavan ennennäkemättömään taloudellisen kasvuun seuraavan vuosikymmenen aikana. (Gilchrist (2016), 2, 222)

Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen (ETLA) raportissa Suomalaisen teollisen internetin taustoista kerrotaan Valtioneuvoston kanslian (VNK) nimenneen teollisen internetin yhdeksi kärkiteemoistaan (Ahlqvist et al. (2015), 3). Hallituksen kärkihankkeeseen Digitaalisen liiketoiminnan kasvuympäristön rakentaminen ensimmäisenä toimenpiteenä on “Edistetään esineiden internetiä” (Berner (2016), 2).

Tämän kärkihankkeen vaikutuksia suomalaisella maataloussektorilla käsitellään tarkemmin Kimmo Tammen opinnäytetyössä Digitalisaatio maatalouden B2B-liiketoiminnassa, missä kerrotaan hallitusohjelman huomioivan entistä datalähtöisempien toimintatapojen kehittämisen, tukien hakemisen helppouden sekä erilaiset kokeiluhankkeet rahoituksineen uusien liiketoimintamallien kehittämisessä. (Tammi (2016), 17)

Suomessa IoT–teknologioiden hyödyntämiseen suuntautuvia tuotteita ja palveluita on tarjolla ainakin Telialla (Telia (2017)) ja Digitalla (Digita (2017)), joiden tarjoamat tietoliikenneratkaisut ovat sovitettu IoT–teknologioiden vaatimuksiin. Molemmat toimijat kannustavat asiakkaitaan kehittämään uusia IoT–ratkaisuita ja tarjoavat niiden tueksi laajaa osaamistaan ja tietoliikenneverkkoaan. Laitteiden väliset verkkoyhteydet ovat haasteellisia monissa peltokasvintuotannon IoT–hankkeissa, mikä tekee tarjotuista palveluista mielenkiintoisia niiden tarjoaman kattavan langattoman tietoliikenneverkon takia. Kattava verkko mahdollistaa ja helpottaa myös osaltaan kokeiluhankkeiden kasvua prototyypeistä tuotantojärjestelmiksi.

Verkkoyhteydet kuvaillaan Internet of Things in Agriculture -kirjallisuuskatsauksessa myös yhtenä kolmesta IoT–arkkitehtuurien tasoista, muiden tasojen ollessa laitetaso sekä sovellustaso. Laitetasolla tapahtuvan sensorien, havaintolaitteiden ja ohjattavien laitteiden käyttöön tarvittavan verkkoliikenteen tapahtuessa verkkotasolla, lopuksi kokonaisuuden hallinnan ja tiedon analysoinnin tapahtuessa vastaavasti sovellustasolla. (Verdouw et al. (2016)) Vastaavasti IoT–teknologioiden yleisen SOA–arkkitehtuurin (service-oriented architecture) kuvataan kirjassa Internet of Things: Principles and Paradigms koostuvan neljästä tasosta: sensori-, verkko-, palvelu- ja rajapinta/käyttäjäliittymätasosta (Buyya & Dastjerdi (2016), 8).

Internet of Things in Agriculture -katsauksessa eritellään myös AIoT:n tulevaisuuden haasteiksi hyvin erilaisten laitteiden yhteiskäytettävyys, tosielämän käytön skaalautuminen aikaisten omaksujien joukon ulkopuolelle, teknologiaratkaisujen kehittäminen sopimaan toimialan erityistarpeisiin sekä oikeiden käyttöympäristöjen olosuhteisiin, luotettavien verkkoyhteyksien toiminnan varmistaminen myös etäisillä käyttöpaikoilla, energiatehokkaiden IoT–teknologioiden kehittäminen, kolmannen osapuolen tuottaman datan yhdistäminen data-analytiikkaan ja luotettavien tietoturvapalveluiden sekä datan omistajuuden varmistavien palveluiden kehittäminen. (Verdouw et al. (2016))

## AIoT:n käytännön sovelluksia ja tutkimustuloksia

Tässä osassa käsitellään tutkimuksen osana tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa löytyneitä tietoja AIoT:n teknologiasovelluksista peltokasvituotannossa ja puutarhatuotannossa.

### AIoT-täsmäviljely peltokasvituotannossa

AIoT–täsmäviljelyn kokeiluhankkeilla ollaan yleisesti saavutettu hyviä kokemuksia. Erityisesti parantuneen resurssienhallinnan myötä käyttöönoton kustannukset saadaan yleensä katettua kohtuullisessa ajassa. Kokeiluhankkeet ovat edistäneet täsmäviljelyn sovelluksia niin pitkälle, että monet viljelijät ovat voineet ottaa ne laajamittaiseen käyttöön omassa tuotannossaan. (Buyya & Dastjerdi (2016), 137) Tärkeä osa peltokasvituotannon tehostamista on traktorien automaattiohjaus, joka tehostaa käytetyn peltopinta-alan käyttöä (DuBravac & Shapiro (2015), 133).

Samankaltaisista hyvistä kokemuksista sekä viljelytekniikoiden tehostamisesta automatisoinnilla kerrotaan lyhyesti Luonnonvarakeskuksen tiedotteessa jonka mukaan traktorin automaattiohjauksen avulla on saatu peltopinta-ala tehokkaampaan käyttöön ja kuljettajan työtaakkaa kevennettyä (Luonnonvarakeskus (2015)). Samankaltaista työnjaosta mainitaan kirjassa “Industry 4.0: The Industrial Internet of Things”, jossa tutkijoiden hahmottelemassa tulevaisuudenkuvassa ihmisten työtä ei ole korvattu robottien tekemällä työllä vaan ihmisten ja robottien yhteistyöllä (Gilchrist (2016), 11).

Yksi sovellus peltokasvituotannossa sovellettavista AIoT-teknologioista on J. Tiusasen väitöskirjassa “Langattoman Peltotiedustelijan maanalainen toimintaympäristö ja laitesuunnittelu” kehitetty peltoon kaivettavien langattomien sensorilaitteiden toteutus jota testattiin käytössä vuoden ajan (Tiusanen (2008), 4). Tämän kaltainen ratkaisu mahdollistaa maaperän tilan jatkuvan tarkkailun ilman erikseen tehtävää näytteidenottoa. Peltotiedustelijan kaupallinen sovellus on julkaistu PocketVenture -joukkorahoitusalustalla rahoitettavaksi (Skelly (2015)).

Toisenlainen jo laajassa käytössä oleva ratkaisu pellon maaperän tutkimiseen on maaperän EM-skannaus esim. Veris Technologies:in valmistamilla laitteilla. Skannaus tehdään ennen kasvukautta pellon maaperän koostumuksen selvittämiseksi ja skannauksessa tuotettua tietoa voidaan käyttää hyödyksi lannoituksen ja kastelun suunnittelussa, mutta mittauksia ei voida tehdä kesken kasvukautta sen vaatiessa ajoa työkoneella pellon yli (Veris Technologies (2017)).

Kirjallisuuskatsauksen Internet of Things in Agriculture viittaamista peltotuotantoa (arable farming) käsittelevistä tutkimuksista suurin osa käsitteli kasvatusympäristön tarkkailua ja säätelyä edistyneiden IoT–laitteiden avulla. Toinen merkittävä aihealue oli yleinen informaation kerääminen pelloista kolmannen aihealueen ollessa ennakoivat kasvumallit. Näitä lähestymismalleja käyttäen tutkittiin erityisen usein ekologiaan, luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonvaroihin kuten veteen liittyviä aiheita. (Verdouw et al. (2016))

### AIoT-täsmäviljely puutarhatuotannossa

Monien IoT–teknologioiden käyttöönottoon puutarhatuotanto on soveltunut peltokasvituotantoa paremmin. Puutarhakasvatuksen toimintaympäristöissä kuten kasvihuoneissa ja -tehtaissa sensoreita ja tietoverkkoja voidaan asentaa helpommin sekä ympäristö on usein tarkemmin kontrolloitua kuin avoimilla pelloilla. Puutarhakasvien tuo-tannossa markkinahintainen tuotto viljelypinta-alaa kohti on huomattavasti suurempi kuin peltokasvituotannon vastaava (Pajula (2003), 36). Tästä voi päätellä, että automatisoidulla ja tarkemmin hallitulla resurssien käytöllä voidaan saavuttaa kilpailuetua erityisesti puutarhatuotannossa.

Puutarhatuotannossa selkeitä esimerkkejä uusien teknologioiden hyödyntämisestä ovat automatisoidut kasvihuoneet sekä ns. kasvitehtaat, joissa kasvien kasvatus tapahtuu mahdollisimman tarkasti kontrolloidussa ympäristössä ja yleensä keinovalossa. Luonteeltaan kasvitehtaat vastaavat yleistä käsitystä tehtaasta automaatiolinjoineen ja tarkkoine hallintalaitteineen ja ne sopivat tuotantoon tiheästi asutuissa kaupungeissa, joissa on pulaa viljelysmaasta mutta tarpeeksi kysyntää ruokakasveille investointien kattamiseksi. Esimerkkinä tämän tyyppisistä kasvihuonetoteutuksista on New Yorkissa toimiva Gotham Greensin suomalaisen Green Automationin kasvatustekniikalla toimiva kasvihuone (Öhrnberg (2016a)) (Öhrnberg (2016b)).

Näissä laitoksissa maatalouden esineiden internetin ja teollisuuden esineiden internetin käsitteiden raja on käytännössä hävinnyt. Kasvitehtaista on rakennettu monenlaisia prototyyppilaitoksia, joista yksi tunnettu esimerkki on avoimen lähdekoodin periaatteella toimiva MIT Media Labissa (Massachusetts Institute of Technology) alkunsa saanut MIT Open Agriculture Initiativen (OpenAG) päätuote Food Computer jonka kehitys alkoi osana MIT City FARM projektia. Termillä “Food Computer” tarkoitetaan kasvitehtaan omaista tietokoneohjattua ja kasvatusympäristöä jossa kasvien kasvua tarkkaillaan hyvin tarkasti. Kasvatusympäristön ominaisuuksia kuten hiilidioksidin määrää ilmassa, ilman lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, kosteutta, juurialueiden lämpötilaa ja liuenneen hapen määrää voidaan tarkkailla ja säätää. Lisäksi kasteluveden/ravinneliuoksen tasoa, energian ja mineraalien kulutusta tarkkaillaan erilaisilla sensoreilla ja mittareilla. Mikä tahansa käyttökelpoiseksi havaittu ympäristömuuttujien yhdistelmä voidaan ottaa ns. kasvureseptiksi/ilmastoreseptiksi (climate recipe) tietylle kasville ja jakaa vapaasti käytettäväksi internetissä. Asiasta kiinnostuneille on tarjolla kirjasto standardireseptejä joita kasvattaja voi muunnella omiin tarpeisiinsa sopiviksi. (Goyal (2016), 22)

“Internet of Things in agriculture”-kirjallisuuskatsauksen viittaamista tutkimuksista kasvihuonetuotannon osalta suurin osa käsittelee kasvuympäristön tarkkailua ja säätelyä, samaan tapaan kuin peltotuotannon alueella. Muita tutkimusaiheita olivat kasvihuoneen hallintajärjestelmät, energiankulutuksen hallinta ja Big Data. (Verdouw et al. (2016))

okonaan kasvitehtaisiin keskittyneessä kirjallisuuskatsauksessa Editorial: Advances and Trends in Development of Plant Factories käsitellään uusia tutkimustrendejä kuten älykkäitä kasvatusympäristön mittausjärjestelmiä, kasvatusympäristön hallintaa ja optimointia, lääkeaineiden tuotantoa, geenitekniikkaa ja bakteerilannoitteita. Näistä selkeimmin IoT–teknologioihin perustuvat mittausjärjestelmät sekä kasvuympäristön hallinta ja optimointi, joista useissa tutkimuksissa ollaan saavutettu hyviä tuloksia erilaisilla valon hallinnan keinoilla. Tutkimuksissa ollaan kokeiltu muun muassa valon vuorokausirytmitystä, valaisun suuntaamista kasveihin myös kasvin alapuolelta, valon aallonpituuden säätelyä ja eri aallonpituudellisten valojen rytmitystä. Lisäksi on tutkittu yhdenvärisillä (monochromic) LED:eillä valaisun, korkean hiilidioksidipitoisuuden ja voimakkaan lannoittamisen yhdistelmää kasvatusympäristössä. (Luna-Maldonado et al. (2016))

Materiaalia etsittäessä on löytynyt pääasiassa uutisartikkelien kautta muutamia mielenkiintoisia kaupallisia toimijoita. Aiemmin mainittua MIT:n Food Computeria vastaavan kaltaisia kaupallisia tuotteita on tullut markkinoille useampien kasvuyritysten kuten Freight Farmin (Freight Farms (2017)) ja Square Roots:in (Square Roots (2017)) toimesta. Näiden yritysten tuotteet ovat kontteihin rakennettuja pienikokoisia kasvitehtaita. Samantyyppisiä teknologiaratkaisuja myyvän ZipGrown tuotteet taas voidaan asentaa kasvihuoneisiin tai muihin sopiviin tiloihin (Bright Agrotech (2017). Suuremmassa teollisessa mittakaavassa toimivat mm. amerikkalainen AeroFarms (Aerofarms (2017)) sekä japanilaiset Spread (Spread (2017)) ja Mirai (Mirai (2017)), jotka operoivat suuria kasvitehtaita. Belgialainen Urban Crop taas toimii teknologiatuottajana, joka tarjoaa ratkaisuja sekä kontteihin rakennettaviin että tehdaskokoisiin kasvitehtaisiin (Urban Crop Solutions (2017)).

Suomalainen esimerkki tällaisesta kehityksestä on lapinjärveläisen Robbe’s Lilla Trädgård Oy:n ja Fujitsu Greenhouse Technology Finland Oy:n yhteishankkeena toteuttama kasvitehdas (Fujitsu (2016); Schäfer (2016)), josta uutisoitiin mm. Maaseudun tulevaisuus -lehden verkkosivuilla (Ala-Siurua (2016); Schäfer (2016)).

Aamulehden jutussa ‘Erikoistutkija vesiviljelystä: “Kasvitehdasbuumi käy maailmalla kuumana”’ kasvitehdas -konseptia tutkinut erikoistutkija, dosentti Kari Jokinen kertoo “Kasvitehdasbuumi käy maailmalla kuumana. Japanissa on satakunta tehdasta. Mittakaava on maaseudun isoista laitoksia tokiolaisen ravintolan omaan salaattituotantoon.” (Suojanen (2016)).

# Tutkimuksen tavoitteet

Tässä osiossa kuvaillaan tutkimusongelmat ja työhypoteesit.

## Tutkimusongelmat

Tutkimuksessa haetaan vastauksia kahteen tutkimusongelmaan, jotka alaongelmineen ovat:

I) Miten kasvintuotannossa hyödynnetään IoT-teknologioita?

* + Miten peltotuotannon ja puutarhatuotannon erot vaikuttavat IoT -teknologioiden sovelluksiin?
  + Minkä tyyppiset sovellukset tulevat tutkimusmateriaalissa selkeimmin esille, eli millaisista sovelluksista ja teknologioista kirjoitetaan ja tehdään tutkimusta tällä hetkellä?

1. Millaisia IoT-teknologioita haastateltavalla toimijalla on joko käytettävissään tai millaisista hän on tietoinen?
   * Mitä vaikutuksia niillä on tuotantoon ja/tai työntekoon?
   * Millaisia kokemuksia niistä haastateltavalla on?
   * Millaisia muita sovelluksia haastateltava tuntee tai tietää?
   * Millainen käsitys haastateltavalla on edelllä mainituista sovelluksista (sekä käyttämistään että tietämistään)?
   * Millaisia toiveita tai tarpeita haastateltavalla on IoT-teknologioille?

## Työhypoteesit:

Tutkimusongelman I vastaukseksi odotetaan saatvaksi teoriaosuudessa käytettyjen materiaalien mukaisen kuvailun. Tutkimusongelman II vastaukseksi odotetaan saatavaksi aikaisempien keskustelujen perusteella vastaukseksi Valtran tuotevalikoiman mukaisia teknologiaratkaisuita, joissa hyödynnetään ainakin automaattiohjausta ja maaperän rakenteen kartoitusta viljelyn suunnittelussa. Todennäköistä on, että näillä teknologioilla saavutetut hyödyt ovat linjassa teoriaosuudessa käsiteltyjen löydösten kanssa. Epävarmaa on voidaanko työkoneista saada tietoa analysoitavaksi ja hyödynnettäväksi muualla eli voidaanko niitä pitää IoT-teknologioina. Ei ole tiedossa, millaisia tarpeita tai toiveita haastateltava on tiedostanut IoT-teknologioita kohtaan.

# Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmiksi on valittu kummallekin tutkimusongelmalle omansa niiden soveltuvuuden perusteella: Tutkimusongelma I:een perehdytään kirjallisuuskatsauksella ja tutkimusongelma II:een yksilöteemahaastattelulla.

Kirjallisuuskatsaus soveltuu jo olemassaolevasta materiaalista kokonaiskuvan ja yleisten ominaisuuksien hahmottamiseen ja raportointiin. Yksilöteemahaastattelulla voidaan kohtuulisen vapaamuotoisesti hahmottaa kuva sekä haastateltavan yleisitä kokemuksista että tarkemmin tutkimuksen aiheeseen liittyvistä seikoista.

Kirjallisuuskatsauksen tiedot etsittiin Finna-, Google-, Google Scholar- ja ResearchGate-hauilla sekä loppuvaiheessa Iris.ai-hauilla. Hakuprosessin ensimmäisessä vaiheessa etsittiin Finna-haulla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, mistä siirryttiin Google-, Google Scholar- ja ResearchGate-hakuihin. Katsauksen kirjoitustyön loppuvaiheessa tutustuttiin myös Iris.ai-hakuun. Katsaukseen valittiin tutkimustietoa, lehtiartikkeleita ja laitevalmistajien tiedotteita. Valinnat tehtiin kokonaisuutta silmälläpitäen pyrkien kuvaamaan valtiollisten, yksityisten ja tieteellistä tutkimusta tekevien toimijoiden osallisuutta AIoT–kehityksen tilassa.

Haastatteluy toteutetaan yksilöteemahaastatteluina. Haastattelujen tavoite on saada tietoa miten maatalouden IoT–teknologioita sovelletaan tai miten niitä haastateltavan käsityksen mukaan voitaisiin soveltaa haastateltavan työssä maataloustuotannossa. Lisäksi tavoitteena on selvittää, millainen näkemys haastateltavalla on kyseisten teknologioiden hyödyntämisestä ja käyttökelpoisuudesta.

Haastattelun aiheet ovat tutkimuksen toisen tutkimusongelman mukaisesti:

II) Millaisia IoT–teknologioita haastateltavalla toimijalla on joko käytettävissään tai millaisista hän on tietoinen?

* + Mitä vaikutuksia niillä on tuotantoon ja/tai työntekoon?
  + Millaisia kokemuksia niistä haastateltavalla on?
  + Millaisia muita sovelluksia haastateltava tuntee tai tietää?
  + Millainen käsitys haastateltavalla on edelllä mainituista sovelluksista (sekä käyttämistään että tietämistään)?
  + Millaisia toiveita tai tarpeita haastateltavalla on IoT–teknologioille?

Haastattelujen ajankohdat sovitaan kunkin haastateltavan kanssa erikseen loppukesän ja alkusyksyn aikana. Yhden haastattelun kestoksi arvioidaan yksi tunti.

# Tutkimusaikataulu

Tutkimus/opinnäytetyö kirjoitetaan tämän tutkimussuunnitelman pohjalta lisäten haastattelujen määrää ja syventäen teoriataustan keskeisiä osa-alueita. Tutkimus- ja kirjoitustyö tehdään 1.6.-30.10.2017 välisenä aikana.

# Tuloksen hyväksikäyttömahdollisuudet

Tutkimustuloksia ja tutkimuksen aikana kertyneitä kokemuksia voidaan hyödyntää arvioitaessa aiheen soveltuvuutta jatkotutkimuksen aiheeksi.

Jatkotutkimukselle on todennäköisesti löydetyn materiaalin laajuuden ja AIoT:n mielenkiintoisen kehitysvaiheen perusteella tarvetta ja motivaatio.

# Lähteet

Aerofarms, 2017. AeroFarms is on a mission to transform agriculture. *AeroFarms*. Available at: <http://aerofarms.com/> [Accessed March 13, 2017].

Ahlqvist, T. et al., 2015. *Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: Taustoittava kooste*, Available at: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf> [Accessed February 9, 2016].

Ala-Siurua, M., 2016. Fujitsu mukaan ruuantuotantoon – Suomeen perustetaan kokeilukasvihuone. *Maaseudun Tulevaisuus*. Available at: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/fujitsu-mukaan-ruuantuotantoon-suomeen-perustetaan-kokeilukasvihuone-1.146938> [Accessed March 13, 2017].

Alexandratos, N. & Bruinsma J., 2012. *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*, Rome: FAO.

Anon, 2003. *Selvitys Suomen kastelutilanteesta – esimerkkialueena Varsinais-Suomi*, Suomen ympäristökeskus. Available at: <http://hdl.handle.net/10138/40552> [Accessed March 11, 2017].

Berner, A., 2016. Kärkihanke 2 - toimenpiteet. *Rakennetaan digitaalisen liiketoiminnan kasvuympäristö*. Available at: <http://valtioneuvosto.fi/hallitusohjelman-toteutus/digitalisaatio/karkihanke2> [Accessed April 13, 2017].

Bright Agrotech, 2017–2017-01-18T09:29:33+00:00. Appropriate Vertical Farming Technology - Powered by ZipGrow™. *Bright Agrotech*. Available at: <https://brightagrotech.com/technology/> [Accessed March 13, 2017].

Buyya, R. & Dastjerdi, A., 2016. *Internet of Things: Principles and Paradigms*, Elsevier Science. Available at: <https://books.google.fi/books?id=_k11CwAAQBAJ>.

Digita, 2017. IoT-ratkaisut ja palvelut. *Digita mahdollistaa*. Available at: <https://digitamahdollistaa.fi/internet-of-things/> [Accessed March 11, 2017].

DuBravac, S. & Shapiro, G., 2015. *Digital Destiny: How the New Age of Data Will Transform the Way We Work, Live, and Communicate*, Regnery Publishing. Available at: <https://books.google.fi/books?id=E86DBQAAQBAJ>.

Freight Farms, 2017. Leafy Green Machine™. *Freight Farms*. Available at: <https://www.freightfarms.com/> [Accessed April 13, 2017].

Fujitsu, 2016. Fujitsu Launches Company in Finland to Produce and Sell Vegetables Year-Round with Artificial-Light Plant Factory. *Press Releases*. Available at: <http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2016/1128-01.html> [Accessed March 14, 2017].

Gilchrist, A., 2016. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress. Available at: <https://books.google.fi/books?id=YuOODAAAQBAJ>.

Goyal, N.K., 2016. *Hydrobase: An IoT Gardening Application*, San Jose State University. Available at: <http://scholarworks.sjsu.edu/etd_projects/503> [Accessed March 11, 2017].

Luna-Maldonado, A.I., Vidales-Contreras, J.A. & Rodríguez-Fuentes, H., 2016. Editorial: Advances and Trends in Development of Plant Factories. *Frontiers in Plant Science*, 7. Available at: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2016.01848/abstract> [Accessed March 12, 2017].

Luonnonvarakeskus, 2015–2015-06-16T07:06:50+02:00. Asiakkaan ääni: Automaatio yleistyy pelloilla. *Luonnonvarakeskus*. Available at: <https://www.luke.fi/asiakkaan-aani-automaatio-yleistyy-pelloilla/> [Accessed March 9, 2017].

Mirai, 2017. Mirai Co., Ltd. *Mirai Co. homepage EN*. Available at: <http://miraigroup.jp/en/> [Accessed April 13, 2017].

Monbiot, G., 2015. We’re treating soil like dirt. It’s a fatal mistake, as our lives depend on it. *The Guardian: Opinion*. Available at: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2015/mar/25/treating-soil-like-dirt-fatal-mistake-human-life> [Accessed March 10, 2017].

Öhrnberg, P., 2016a. 30-kertainen tuotto avomaahan verrattuna. *Kauppalehti: Uutiset*. Available at: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/30-kertainen-tuotto-avomaahan-verrattuna/NwUMfsJ6> [Accessed March 13, 2017].

Öhrnberg, P., 2016b. Suomalaistekniikka tuottaa satoa New Yorkin kattokasvihuoneissa. *Kauppalehti: Uutiset*. Available at: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomalaistekniikka-tuottaa-satoa-new-yorkin-kattokasvihuoneissa/Cxv4itmX?ref=email:d031> [Accessed March 13, 2017].

Schäfer, H., 2016. Fujitsun täysautomatisoitu kasvihuone etenee - tuotanto käynnistyy ensi vuonna. *Maaseudun Tulevaisuus*. Available at: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/fujitsun-t%C3%A4ysautomatisoitu-kasvihuone-etenee-tuotanto-k%C3%A4ynnistyy-ensi-vuonna-1.170177> [Accessed March 13, 2017].

Skelly, J., 2015. Soil Scout - PocketVenture. *PocketVenture Soil Scout Crowd Funding*. Available at: <http://www.pocketventure.com/en/projects/soil-scout> [Accessed April 13, 2017].

Spread, 2017. SPREAD Co., Ltd. *Spread Co. homepage EN*. Available at: <http://spread.co.jp/en/> [Accessed March 14, 2017].

Square Roots, 2017. Square Roots. *Square Roots Home*. Available at: <http://www.squarerootsgrow.com/> [Accessed April 13, 2017].

Suojanen, S., 2016–2016-04-10T08:24:00+00:00. Erikoistutkija vesiviljelystä: “Kasvitehdasbuumi käy maailmalla kuumana”. *Aamulehti*. Available at: <http://www.aamulehti.fi/kotimaa/erikoistutkija-vesiviljelysta-kasvitehdasbuumi-kay-maailmalla-kuumana-23570184/> [Accessed March 13, 2017].

Tammi, K., 2016. *DIGITALISAATIO MAATALOUDEN B2B-LIIKETOIMINNASSA*. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Available at: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605239138> [Accessed March 11, 2017].

Telia, 2017. IoT-ratkaisut - IoT-ratkaisut - Tietoverkot - Tuotteet - Yrityksille. *Kaikki yrityksen IoT-ratkaisut*. Available at: <https://www.telia.fi/yrityksille/tuotteet/liittymat/iot-ratkaisut/kaikki-ratkaisut> [Accessed April 13, 2017].

Tiusanen, J., 2008. *Langattoman peltotiedustelijan maanalainen toim- intaymp ̈arist ̈o ja laitesuunnittelu*. Helsinki: University of Helsinki. Available at: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-4360-4> [Accessed March 14, 2017].

Urban Crop Solutions, 2017. Urban Crop Solutions. *Urban Crop Solutions homepage*. Available at: <https://urbancropsolutions.com> [Accessed April 13, 2017].

Verdouw, C., Wolfert, J. & Tekinerdogan, B., 2016. Internet of Things in agriculture. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 11. Available at: <http://edepot.wur.nl/403060>.

Veris Technologies, 2017. What drives soil EC, drives productivity. *Veris Technologies / Soil EC*. Available at: <http://www.veristech.com/the-soil/soil-ec> [Accessed March 12, 2017].