



Älymaatilan tietojärjestelmien integrointi

Samu Vesiluoma

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2023
Tieto- ja viestintätekniikka

Vesiluoma, Samu

Älymaatilan tietojärjestelmien integrointi

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaliskuu 2023, 40 sivua.

Tieto- ja viestintäteknikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Älymaataloudessa maanviljelijät käyttävät erilaisia teknologisia ratkaisuja, kuten maaperäsensoreita, lennokkeja ja maatalanohjausjärjestelmiä, parantaakseen maatilan toimintaa. Näiden teknologioiden avulla viljelijät voivat seurata maaperän kosteutta, kasvien kasvua, sadonkorjuuaikaa ja muita tärkeitä tekijöitä tarkasti ja reaaliaikaisesti.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biotalousinstituutin Älymaatila -kehittämishankkeessa tutkittiin ja kehitettiin viljelijän tietovarasto. Älykkäitä teknologisia ratkaisuja hyödyntävät maatilat tuottavat suuria määriä tietoa mutta ne ovat jakaantuvat laitevalmistajien tietovarastoihin. Kehityshankkeen tarkoituksena oli yhdistää Biotalousinstituutin älymaatilalla olevien tietolähteiden tiedot keskitettyyn tietovarastoon. Tietolähteinä toimivat maaperäsensorit ja lennokilla otetut ilmakuvat.

Tietovaraston luomista varten määriteltiin erilaisia vaatimuksia tietojärjestelmälle ja sen tulevaisuudelle. Vaatimuksien perusteella toteutettiin teknologiset ratkaisut, joiden avulla tietolähteiden integraatiot ja tiedon hyödyntämistä koskevat operaatiot toteutettiin. Kehitystyön tuloksena toteutettiin palvelin- ja tietokantaratkaisu, joka mahdollistaa tietojen integroinnin ja hyödyntämisen käyttöliittymään.

Avainsanat (asiasanat)

Tietovarasto, älymaatila, integraatio

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Vesiluoma, Samu

Integration of smart farming systems

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, March 2023, 40 pages.

Degree Programme in Information and Communication Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Smart farming takes advantage of multiple different technological solutions such as soils sensors, drones and farm management systems to improve daily operations on the farm. Farmers use these technologies to monitor soil moisture, plant growth and other qualities of farm fields. These new technological advancements allow accurate and real time monitoring.

The Jyväskylä University of Applied Sciences Institute of Bioeconomy's Smart Farm development project is researching and developing a farmers data warehouse. Smart farming produces large quantities of data which is usually saved to technology providers database. Development project wanted to integrate data sources from the smart farm of Institute of Bioeconomy into a centralized data warehouse. Data sources were soil sensors and aerial photographs taken by drone.

Requirements for data warehouse were chosen at the start of the project. Based on these requirements, technological solutions were implemented to perform data source integration. The outcome of the development work was the implementation of a server and database solution that enables the integration and utilization of data in the user interface.

Keywords/tags (subjects)

Data storage, smart farm, integration,

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tutkimusasetelma	4
2.1	Tutkimusongelma ja tavoitteet	4
2.2	Tutkimusmenetelmä	4
3	Älymaatalous.....	5
3.1	Mitä on älymaatalous?.....	5
3.2	Älymaatalouden kehitys.....	6
3.3	Älymaatalouden hyödyt	7
3.4	Älymaatalouden haasteet	8
4	Viljelijän tietovarasto.....	9
4.1	Tarkoitus ja tavoitteet	9
4.2	Tutkimusmaatilalla käytetyt teknologiat	11
4.2.1	Maaperäsensorit.....	11
4.2.2	Lennokki.....	11
5	Kehityskohteen vaatimukset ja -teknologiaavalinta	12
5.1	Viljelijän tietovaraston vaatimukset	12
5.2	Tietokantavaatimukset.....	13
5.3	Palvelin- ja ohjelmointikielivaatimukset	14
5.4	Tietokannan valinta.....	15
5.5	Palvelinkehyksen ja ohjelmointikielen valitseminen	16
6	Toteutus.....	17
6.1	Arkkitehtuuri	17
6.2	Tiedon varastoiminen	18
6.3	Maaperäsensoreiden integrointi	21
6.4	Lämpökamerakuvien tallentaminen	26
6.5	Sensoridatan hyödyntäminen	28
6.6	Lämpökamerakuvien hyödyntäminen	30
7	Analyysi ja tulokset.....	32
	Lähteet	35
	Liitteet	37
	Liite 1. Liitteen otsikko	37

Kuviot

Kuvio 1 Kehityshankkeen kokonaiskuva.	10
Kuvio 2 Tietovaraston kokonaisarkkitehtuuri.	18
Kuvio 3 Tietokantataulu ja sen relaatiot luotuna Sequelizen avulla.	19
Kuvio 4 Tietokantataulut kansiorakenteessa.	20
Kuvio 5 Tietokantakaavio.	21
Kuvio 6 Sekvenssikaavio tiedonsiirto operaatiosta.	22
Kuvio 7 Soil Scout -kirjautumistietojen haku.	23
Kuvio 8 Käyttäjätietojen haku viljelijän tietovarastossa.	23
Kuvio 9 Soil Scout -maaperäsenserialueiden haku ja lisääminen tietokantaan.	24
Kuvio 10 Soil Scout -maaperäsensoreiden haku ja lisääminen tietokantaan.	24
Kuvio 11 Soil Scout -maaperäsensoreiden joukkoiden haku ja tallennus tietokantaan.	25
Kuvio 12 Soil Scout -maaperäsensoreiden mittaustulosten haku ja lisääminen tietokantaan. .	26
Kuvio 13 REST-api reitti kuvien tallentamista varten.	27
Kuvio 14 REST-api reitti käyttäjän rekisteröitymiseen.	27
Kuvio 15 Tietokantahakuja Sequelizen avulla.	28
Kuvio 16 Mittaustulosten haku ja lisääminen uuteen taulukkoon.	29
Kuvio 17 Mittaustulosten muuntaminen GeoJSON-muotoon.	29
Kuvio 18 REST-api-kutsun GeoJSON-vastaus.	30
Kuvio 19 REST-api -reitit luominen kuvien käyttöä varten käyttöliittymän puolella.	31
Kuvio 20 Kuva esitettynä käyttöliittymän puolella.	32
Kuvio 21 Maaperäsensorit, peltolohkot ja lennökkikuva esitettynä käyttöliittymässä.	33

Taulukot

Taulukko 1 Tietovaraston vaatimukset.	12
Taulukko 2 Tietokantavaatimukset.	13
Taulukko 3 Palvelin- ja ohjelmointivaatimukset.	14

1 Johdanto

Maatalous on kohtaamassa uuden murroskohdan sen pitkässä historiassa tietotekniikan avustamana. Maatalouden ja tietotekniikan risteymä on nimetty älymaataloudeksi ja sen tarkoitus on auttaa maanviljelijöitä keräämään viljaa ja dataa. Muun muassa robotit, lennokit, sensorit, tekoäly ja data-analytiikka tulevat olemaan maanviljelijän työkaluja, joiden avulla he vastaavat tulevaisuuden haasteisiin. Näiden tekniikoiden laajamittaisessa käyttöönotossa piilee kuitenkin monia ongelmakohtia. Datan omistajuus, tietoturvallisuus ja teknologiayhteensopivuus ovat pitkän älymaataloutta koskevan listan kärjessä, joka määrittää minkälaisen tulevaisuuden älymaatalous ottaa suunnakseen. Kuinka näitä haasteita voitaisiin ratkaista ja onko se mahdollista ilman suurempaa datan omistajuuteen liittyvää yhteiskunnallista muutosta?

Biotalouskampuksen Älymaatila -kehittämishanke Jyväskylän ammattikorkeakoulussa on yksi monista Euroopan aluekehitysrahaston tukemista hankkeista, jonka aikana tutkitaan ja kehitetään ratkaisuja älymaatalouteen liittyen (Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman hankkeen kuvaus. n.d). Biotalousinstituutin johtama kehittämisshanke hakee ratkaisuja erityisesti siihen, kuinka toteutetaan maanviljelijän tietovarasto, johon olisi mahdollista integroida monia erilaisia tietolähteitä ja -formaatteja. Näiden mallintamisen apuna hyödynnetään Biotalouskampuksella sijaitsevaa tutkimuspeltoa, joka toimii uusien teknologioiden testauskohteena. Älymaatila-kehittämisshankkeen keskeinen tavoite on edistää ja kokeilla uusia ratkaisuja älymaataloudelle. Testattavien teknologioiden keräämä data tullaan tallentamaan viljelijän tietovarastoon.

Tässä opinnäytetyössä luotiin uusi tietojärjestelmä, jonka tavoitteena oli integroida älymaatilan eri tietolähteistä dataa, jota tulnaisiin varastoimaan. Varastoinnin tarkoitus oli myös mahdollistaa tiedon hyödyntäminen. Työssä selvitettiin tulevaisuuden älymaatiloilla toimivia teknologiaratkaisuja ja tutustuttiin alan kirjallisuuteen. Näiden tietojen avulla kasvatettiin substanssiosaamista älymaatalouteen liittyen. Älymaatalous pitää sisällään paljon erilaisia tekniikoita, teknologioita ja yrityksiä. Näin ollen tutkimuksen yksi oleellisimmista kysymyksistä oli, kuinka rakentaa älymaatilan tietovarastolle sopivin tietovarastoratkaisu. Jatkokehityksen kannalta kysymyksenä on, kuinka uusien tietolähteiden lisääminen onnistuisi mahdollisimman vaivattomasti?

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Biotalouskampuksen Älymaatila -kehittämishankeen tarkoituksena oli käyttöönottaa ja testata maatalouteen soveltuvien uusien teknologioiden toimintaa. Hankkeeseen osallistui laaja asiantuntijoiden ja sidosryhmienverkosto, joiden osaamista käytettiin avuksi oikealla maatilalla. Hankkeessa kehitettiin älymaatilan tietojärjestelmä, joka integroi maatilalla olevat erilaiset datalähteet. Konseptin kehitykseen valittiin kolme esimerkkitapausta älymaatilan toiminnasta. Ne liittyivät seuraaviin aiheisiin: ”Peltoviljelyn älykäs tiedonkeruu”, ”Pellon vesitalous” ja ”5G-verkkojen käytettävyys metsäpalstan näkökulmasta”. (Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman hankkeen kuvaus. n.d.) Edellä mainituista kaksi ensimmäistä liittyivät varsinaisesti tässä opinnäytteessä suoritettuun järjestelmäintegraatioon ja tiedonkeruuseen.

Älymaatalous pitää sisällään paljon erilaisia järjestelmiä, joiden yhteensopivuus on olematon. Hankkeen tavoitteena oli yhdistää nämä datalähteet, jotta ne olisivat maanviljelijälle saatavilla yhdessä palvelussa. Testattavaksi datalähteiksi valikoituivat Soil Scout -maaperäsensorit pellolla ja lennokilla otettavat lämpökamerakuvat sekä niiden tallennus tietovarastoon. Hankeen loputtua luotuja ratkaisuja ja tuloksia olisi mahdollista hyödyntää vapaasti älymaataloutta koskevassa soveltavassa tutkimuksissa ja innovaatioissa.

Tutkimuskysymykset (Research Questions), joiden perusteella tutkimusongelmaa selvitettiin ja ratkaisuja etsittiin:

- RQ1: Minkälainen tietokantaratkaisu älymaatilan datavarastoon on sopivin?
- RQ2: Kuinka varmistetaan jatkokehityksen mahdollisuus ja muiden datalähteiden lisääminen mahdollisimman vaivattomasti?
- RQ3: Kuinka integroidaan älymaatilan tietojärjestelmiä yhteen?

2.2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä käytettiin konstruktiivista tutkimusotetta, sillä tavoitteena oli luoda ratkaisu käytännön ongelmaan ja samalla olla osana uuden innovaation tuottamisessa. Konstruktiivivi-

nen tutkimus sopi menetelmänä myös kehitystyön tutkimuksellisten tietolähteiden kanssa. Kehittämistyön tukena käytettiin paljon maatalouden sekä tietotekniikan kirjallisuutta tukena. Myös erilaiset tieteelliset julkaisut ja projektiryhmässä käydyt keskustelut olivat suuressa keskiössä tiedonhaussa.

Konstruktiivisen tutkimuksen keskiössä on tuottaa innovaatioita tutkimusta tehtävälle alalle (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2018, 65–71). Tämän ajatuksen pohjalta erilaiset tiedejulkaisut datansiirtoon liittyen olivat tutkimuksen osalta tärkeitä. Taavitsaisen (2023) mukaan konstruktiivisessa tutkimusmenetelmässä kehitetyn ratkaisun arvioiminen projektitiimin sisäisesti on merkittävää. Tietojärjestelmän datankäsittelyä ajatellen erilainen yhteistyö eri asiantuntijaryhmien kesken on tärkeää. Hankkeen aikana kertyvä empiirinen tieto voi olla esimerkiksi eri teknologioiden hyödyntämiseen liittyviä ongelmia tai hyötyjä tietojärjestelmän toimivuuden osalta. Empiirinen tieto on käytännöstä kerättävää tietoa, joka on tyypillinen tietotyyppi konstruktiivisessa tutkimuksessa (Ojasalo ym. 2018, 65–71).

3 Älymaatalous

3.1 Mitä on älymaatalous?

Teknologian kehitys on mahdollistanut uusien tapojen ja toimintamallien kehityksen maataloudessa. Kehittynyt teknologia erityisesti IoT-laitteiden, tekoälyn, satelliitti- ja lennokkikuvien saralla ovat luoneet uusia tapoja kehittää maataloutta ja sen tuottavuutta. Älymaatalous integroi näitä erilaisia teknologisia ratkaisuja, joiden avulla mahdollistetaan ekologisesti tuottavampaa maataloustoimintaa. (Rehman, Saba, Kashif, Fati, Bahaj & Chaudhry 2022.)

Älymaatalouden on ennustettu kasvavan suuresti vuoteen 2030 mennessä ja suurien yritysten investoinnit tulevat kasvamamaan markkinoille (Pesonen, Haapala, Hyväluoma, Kallio, Karjalainen, Linna & Ruponen n.d.). Suuret investoinnit ovat selvästi hyväksi maataloudelle ja maailman ruokatuotannolle, mutta sen mukana tulee liuta ongelmia, joihin tulee kehittää ja hankkia kokonaisvaltaisia ratkaisuja. Älymaatalouden keskeinen periaate on datan hyödyntäminen ja käyttäminen erilaisiin käyttötarkoituksiin. Eri sidosryhmät älymaataloudessa käyttävät dataa ja siitä jalostettuja analyysejä omiin tarkoituksiinsa, mutta tämä on yksi älymaatalouden ongelmista. Sidosryhmien

välillä on intressien konflikti, koska datan käyttö ei mahdollisesti palvele kaikkia osapuolia tasavertaisesti. (Rehman ym. 2022.)

3.2 Älymaatalouden kehitys

Älymaatalous on yleisesti kehittynyt muiden erilaisten teknologioiden rinnalla. Robotit, lennokit ja tekoäly ovat kokeneet hurjaa kehitystä ja samaan aikaan niiden hankintahinnat ovat mahdollistaneet niiden laaja-alaisen käytön jopa tavallisten kuluttajien käytössä. Älymaataloudessa käytetyt ja kehityksen kohteena olevat osa-alueet voidaan jakaa karkeasti seuraavissa kappaleissa esiteltyihin teemoihin.

Maatilan ohjausjärjestelmät ovat keskeinen osa älymaataloutta ja niitä on kehitetty jo vuosia vastaamaan maanviljelijöiden tarpeisiin. Ohjausjärjestelmän avulla maanviljelijä suunnittelee ja tekee päätöksiä, jotka koskevat maatilantoimintaa. Ongelma ohjausjärjestelmien kehityksessä on yleisesti eri valmistajien laitteiden yhteensopimattomuus. Isot yritykset yleisesti kehittävät vain järjestelmiä, jotka sopivat keskenään yrityksen muiden laitteiden kanssa. Tämä johtaa älymaatalouden yksipuolistumiseen, joka vähentää valittavia vaihtoehtoja maanviljelijöille ja vaikuttaa negatiivisesti älymaatalouden markkinoihin. (Gupta, Abdelsalam, Khorsandroo & Mittal 2020.)

Lennokkien ja satelliittikuvien avulla pystytään seuraamaan kasvuston kehitystä. Kuvien avulla pystytään analysoimaan esimerkiksi maaperää ja sen kosteutta. Lennokeista ja satelliiteista saataviin kuviin liittyy joitakin rajoitteita. Kuvia ei ole mahdollista saada reaaliaikaisesti maanviljelijän käyttöön johtuen satelliittien ja lennokkien käyttörajoituksista. Satelliitit ovat rajoitettuja omiin kiertorajoihinsa maapallon ympärillä ja mahdollisiin pilviin peltojen yllä. Lennokkien lentäminen ympärivuorokautisesti on kallista koska siihen tarvitaan useampi lennokki ja lennättäjä. (Rehman ym. 2022.) Näiden rajoitusten takia lennokit ja satelliitit ovat hyödyllisiä jälkeenpäin suoritettavaan laajempialaiseen analyysiin kuin reaaliaikaiseen maanviljelijän päätöksenteon auttamiseen.

Maanviljelyssä käytettävät autonomiset robotit ja laitteet ovat kehittyneet viime vuosien aikana, mutta niiden käyttöaste on edelleen alhainen maataloilla. Alhaisen käyttöasteen syynä on erilaisten käyttötarkoitusten määrä maatilalla. Maatalouteen liittyy todella paljon erilaisia muuttujia, jotka vaihtelevat erityisesti riippuen mitä viljellään. Esimerkiksi marjojen poimintaan kohdennettu

robotti tarvitsee robottikäden ja sille on pitänyt opettaa koneoppimisen avulla, mikä on oikeanlainen marja. Viljakasvien poimintaan taas tarvitaan täysin erilainen robotti. (Walter, Finger, Huber & Buchmann 2017.) Näitä erilaisia muuttujia tarkastellessa voi huomata, kuinka yksiselitteistä robottien käyttö ei vielä ole.

Paikkatiedon avulla ohjataan paljon älymaataloudessa toimivia osa-alueita ja se on yksi merkittävimpiä tekijöitä älymaatalouden taustalla. Kartat ja GPS-satelliitit liittyvät kaikkiin edellä mainittuihin käyttökohteisiin. Sensorit saavat koordinaatit, joiden avulla ne on mahdollista paikantaa ja droonit tallentavat ottamiensa kuvien mukaan koordinaatit kuvanotto paikasta. Ilman GPS-dataa kuvien ja muiden tietojen hyödyntäminen on hankalaa. (Inoue 2020.) Paikkatiedot ovat siis keskeinen osa älymaataloutta.

Analytiikka ja tekoäly auttavat kaikkien edellä mainittujen tiedon koonnissa ja sen muuttamisessa hyödylliseksi tiedoksi. Älymaataloudessa dataa kerätään suuria määriä ja ymmärtäminen ja analysointi ovat älymaatalouden tulevaisuuden kannalta tärkeää, koska muuten tulevaisuuden ennakointi ja sen pohjalta tehtävät päätökset eivät ole mahdollisia. Älymaatalouden täyttä potentiaalia ei pystytä hyödyntämään pelkästään reaaliaikaisilla tiedoilla. (Walter ym. 2017.)

3.3 Älymaatalouden hyödyt

Maanviljelijälle, kuluttajalle ja ympäristölle älymaatalouden hyödyt ovat mittavia. Maanviljelyyn kehitetyt teknologiat auttavat maanviljelijää parempaan täsmäviljelyyn. Maahan upotettavien sensoreiden ja lennokkikuvien avulla maanviljelijä saa tarkan kuvan oman peltonsa kunnosta ja siitä, kuinka sitä tulisi esimerkiksi seuraavaksi lannoittaa. (Smart Farming: The Future of Agriculture 2020.) Täsmäviljelyn avulla maanviljelijän ei tarvitse käyttää tarpeettomia määriä esimerkiksi lannoitteita tai torjunta-aineita, kun niitä voidaan laittaa tiettyihin kohtiin maanviljelijän sadon parantamiseksi.

Älymaatalouteen liittyviä teknologisia kehityskohteita on paljon ja monet eri viljeltävät kasvit tarvitsevat erilaisia tekniikoita ja teknologisia innovaatioita toimiakseen. Tämän vuoksi ei ole olemassa yhtä ratkaisukokonaisuutta, joka sopisi kaikille maanviljelijöille ja älymaatalouden tekniset ratkaisut ovat aina suunniteltu tarkkaan kohderyhmä mielessä pitäen. (Rehman, Saba, Kashif, Fati, Bahaj

& Chaudhry 2022.) Näiden ratkaisujen tavoitteina ovat maanviljelystä koituvien kustannusten laskeaminen ja maanviljelyn tehostaminen ekologisesti vähentämällä siitä muodostuvia haittavaikutuksia ympäristölle. Kuluttajille älymaatalous tuo mahdollisuudet seurata esimerkiksi mistä tuotettu ruoka on oikeasti peräisin ja miten sitä on viljelty. (Walter, Finger, Huber & Buchmann 2017.) Kuluttajat saisivat näin ollen tehtyä itselleen tärkeitä päätöksiä ostaessaan ruokaa.

3.4 Älymaatalouden haasteet

Älymaataloudella on kuitenkin paljon haasteita, jotka liittyvät erityisesti datan omistajuuteen ja älymaatalouden teknologioiden käyttöönottoon liittyen. Yleisesti maanviljelijät ovat innokkaita ja hyväksyviä uusia teknologioita kohtaan, mutta älymaatalouteen siirtyminen ei kuitenkaan ole helppoa. Maanviljelijät, jotka päätyvät valitsemaan ja käyttämään joitain älymaataloustekniikoita ovat ilmaisseet käyttöönottoa estävinä ja hidastavina asioina kalliuden, saadun datan vaikealukuisuuden ja eri valmistajien laitteiden yhteensopimattomuuden. Ne maanviljelijät, jotka eivät halunneet käyttöönottaa uusia teknologioita kertoivat syiksi laitteiden vaikeakäyttöisyyden ja teknologiakäyttötarkoituksen epäsovivuuden. Esteiksi ilmoitettiin myös molempien ryhmien toimesta suuren investointikulut ja epäselvyys teknologian tuomaan lisäarvoon viljelyssä. (Kerneckner, Knieirim, Wurbs, Kraus & Borges 2019.)

Dataomistajuus ja siihen liittyvät haasteet ovat tulevaisuudessa älymaatalouden yksi suurimpia ongelmia. Maatiloilta kerätään suuria määriä dataa, joita säilötään yleisesti laitevalmistajien pilvipalveluissa. (Wolfert, Ge, Verdouw & Bogaardt 2017.) Tämä aiheuttaa dilemman, jossa maanviljelijä, joka tuottaa esimerkiksi maaperästä saadun datan ei mahdollisesti omista sitä tai tiedä mitä sillä mahdollisesti tehdään. Isoille yrityksille kuten John Deere, Monsanto tai Trimble datan haalimisesta on tullut niin tärkeää, että esimerkiksi John Deere tarjoaa maatalan hallintasovellusta ilmaiseksi. Maanviljelijöiltä saatu data on arvokasta futurimarkkinoilla, joissa käsitellään tulevia viljasatoja. (Fraser 2021.) Yritykset, jotka pystyvät käsittelemään suuria määriä dataa hyötyvät siitä eniten. Viljelystä saatu data saattaa olla jopa arvokkaampaa kuin itse tuote joka viljelystä saadaan.

Datan avoimuuden toteutuminen on yksi merkittävimpiä haasteita älymaatalouden reilulle kehitykselle. Yhdysvalloissa ja Euroopassa tähän ongelmaan on yritetty kehittää erinäköisiä ratkaisuja. Tieteellisessä artikkelissaan Wolfert ja muut (2017) mainitsevat Yhdysvalloissa toimivia yhdistyksiä, kuten Big Data Coalition ja AgGateway, joiden agendana on ajaa reilua ja avointa datan käyttöä

erityisesti älymaataloudessa. Euroopassa reilua datan käyttöä varten tehtiin toimia erityisesti Euroopan komission rahoittamassa tulevaisuuden internet ohjelmassa (Wolfert ym. 2017). Miksi data-avoimuus on niin merkittävä haaste ja tärkeä osa reilua älymaatalouskehitystä? Suuret yritykset yrittävät haalia mahdollisimman paljon dataa itselleen, jotta he pystyisivät hyödyntämään sitä haluamallaan tavalla. Ongelmaksi erityisesti älymaataloudessa, jonka olemassaolo perustuu massiivisille määrille dataa, muodostuu innovaatioiden vähentyminen erityisesti start up -yritysten puolesta.

Euroopassa ja Suomessa data-avoimuuden ongelmaa ratkotaan erinäisten Euroopan Unionin hankkeiden ja lainsäädännön muutosten kautta (Haapala 2023). Suomessa toimivan älymaatilan hanke on yksi lukuisista Euroopan unionin hankkeista. Hankkeen tehtävänä on selvittää mahdollisuutta integroida ja varastoida yritysten tietoa yritysten tietokannoista viljelijän omaan datavarastoon.

4 Viljelijän tietovarasto

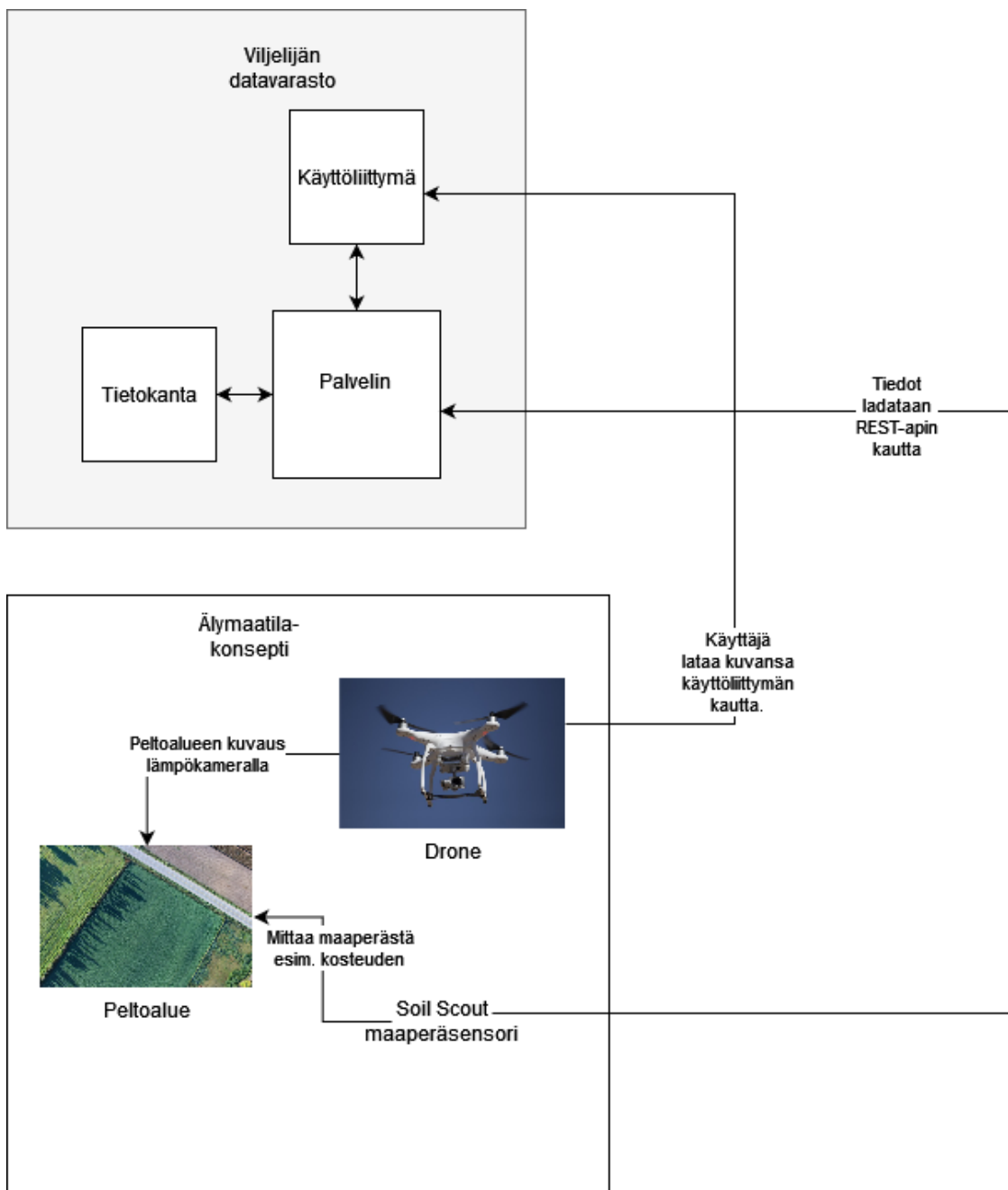
4.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Älymaatila-kehittämishankkeen pohjalta luonnosteltiin projektissa luotavan sovelluksen arkkitehtuuri ja tietolähteet. Kuviossa 1 esitellään kokonaisvaltaisesti Biotalousinstituutilla rakennettu Älymaatila-konsepti (Kuvio 1). Hankkeessa kehitettävän sovelluksen eli viljelijän tietovaraston tarkoituksena on toimia itsenäisenä tietovarastona johon viljelijät voivat tallentaa tietojansa. Tiedot ovat siis keskitetyssä tietovarastossa, jolloin viljelijä ei ole riippuvainen yrityksen palveluista, ja hän voi hyödyntää tietoa kuten haluaa.

Käyttötapauksia viljelijän tietovarastolle voisivat olla esimerkkinä seuraavia:

- Viljelijä haluaa vaihtaa käyttämäänsä palvelua mutta hyödyntää samalla jo kerättyä dataansa. Tietovarasto mahdollistaa tietojen säilyttämisen väliaikaisesti, kunnes uusi palvelu on valittu.
- Viljelijä haluaa rahallista hyötyä tietojensa jakamisesta esimerkiksi tutkijoille tai vakuutusyhtiölle. Tietovaraston avulla kaikki tieto olisi kerätty yhteen paikkaan, jolloin niiden myyminen tai jakaminen olisi helppoa.
- Yrityksen toiminta lakkaa tai se joutuu kyberhyökkäyksen kohteeksi. Viljelijän tiedot ovat tallessa kaikissa tilanteissa.

Viljelijän tietovarastoon valittiin kaksi esimerkki datalähdettä, jotka integroitaisiin kuviossa 1 esitetystä älymaatila-konseptista (Kuvio 1). Testialueena toimi Biotalousinstituutin peltoalue Saarijärven Tarvaalassa. Pelloilta kerätään maaperäsensoreiden avulla muun muassa kosteus-, suolapitoisuus- ja lämpötilatietoa sekä lennokkien avulla otettuja ilmakuvia. Alueella testataan paljon muitakin älymaatalouteen liittyviä innovaatioita ja uusia teknologioita. Näitä innovaatioita ja uusia teknologioita ei käsitellä tässä opinnäytetyössä tarkemmin.



Kuvio 1 Kehityshankkeen kokonaiskuva.

4.2 Tutkimusmaatilalla käytetyt teknologiat

4.2.1 Maaperäsensorit

Peltoalueelle oli upotettu Soil Scout -merkkisiä maaperäsensoreita. Näiden sensoreiden tarkoituksena on tuottaa käyttäjälleen reaaliaikaista tietoa maaperän tilasta. Sensorit mittaavat maaperän lämpötilaa, kosteutta ja suolapitoisuutta. (Wireless Soil Moisture Sensor For Agriculture n.d.) Sensoreita oli upotettu eri syvyyksille, jotta ne tuottaisivat kattavaa dataa maaperän tilasta. Tutkimuspellolla käytettiin kahta eri syvyyttä. Lähempänä maanpintaa oli pintasensori 10 cm syvyydessä ja kauempana maanpinnasta oli pohjasensori 30 cm syvyydessä. Sensorit sijoitettiin vähintään kymmenen metrin päähän toisistaan. Pinta- ja pohjasensorit sijaitsivat lähes päällekkäin. Maaperän seuraaminen auttaa viljelijöitä tekemään maaperää koskevia päätöksiä (Wireless Soil Moisture Sensor For Agriculture n.d.).

Maaperässä oleva Soil Scout -maaperäsensori lähettää kymmenen minuutin välein mittaustuloksensa Soil Scoutin omaan pilvipalveluun pellon läheisyyteen sijoitettujen lähettimien avulla. Pilvipalveluun pääsee käyttäjätilille kirjautuneena tarkastelemaan mittaustuloksia sekä näkemään erilaisia visualisointeja muun muassa graafeina. Soil Scout tarjoaa myös vapaasti käytettävää REST-apia ja se on dokumentoitu swagger sovelluksella (Soil Scout REST API 2020). Myös peltoaluetta voi tarkkailla Soil Scoutin pilvessä satelliittikuvan avulla. Kuvan päälle on esitetty sensorit ja niitä klikkaamalla voi nähdä edellisen mittaustuloksen sekä sensorin tilan. (Wireless Soil Moisture Sensor For Agriculture n.d.)

4.2.2 Lennokki

Peltoaluetta kuvattiin kesällä kasvukauden aikana kiinteäsiipisellä eBee X lennokilla. Aluetta kuvattiin kerran viikossa kasvillisuuden seuraamiseksi. Hankkeessa käytetty lennokki eroaa tavallisista lennokeista sen lämpökameran ansiosta. Lämpökamerakuvien avulla maanviljelijän on mahdollista seurata maaperän sekä kasvillisuuden tilannetta. Kuten maaperäsensoreiden tapauksessa maanviljelijä tekee viljelyä auttavia päätöksiä lennokista saaduilla kuvilla. Ennen kuvien käyttämistä ne täytyy esikäsitellä erillisellä ohjelmalla ja tämän vaiheen hankkeessa toteutti eri henkilö, joten sitä ei olla käsitelty tässä opinnäytetyössä tarkemmin.

5 Kehityskohteen vaatimukset ja -teknologiaavalinta

5.1 Viljelijän tietovaraston vaatimukset

Tietovarastolle määriteltiin projektitiimin kesken tutkimuspeltoalueeseen liittyviä vaatimuksia. Taulukossa 1 esitettyjen vaatimusten avulla viljelijän oli tarkoitus saada hyötyä tiedon varastointiin ja siirtoon liittyen. Kaikkia vaatimuksia ei määritely heti kehitystyön alussa. Osa vaatimuksista määriteltiin tutkimuksen ja kehittämisen aikana, kun uusia tarpeita ilmeni.

Taulukko 1 Tietovaraston vaatimukset.

Vaatus	Kuvaus
REQ01	Käyttäjänä haluan tallentaa maaperäsensoreni tiedot tietovarastooni.
REQ02	Käyttäjänä haluan tallentaa lennokilla ottamiani kuvia tietovarastoon.
REQ03	Käyttäjänä haluan tarkastella tietovarastoon tallennettuja maaperäsensoreita käyttöliittymän kartalla.
REQ04	Käyttäjänä haluan tarkastella tallennettuja lennokka kuviani käyttöliittymän kartalla.
REQ05	Käyttäjän haluan rekisteröityä ja kirjautua palveluun.

REQ06	Tiedot tarjotaan REST-api rajapinnan avulla käyttöliittymään.
-------	---

5.2 Tietokantavaatimukset

Tietokanta on elintärkeä osa viljelijän tietojärjestelmää, koska sen avulla voidaan tallentaa ja hallinnoida tietoja, kuten maaperäsensorit ja lennokilla otetut kuvat. Tietokannan on oltava tarkka, luotettava ja siihen tallennettavan tiedon tulee pysyä eheänä pitkien integraatio operaatioiden aikana. Taulukko 2 esittelee yksityiskohtaisesti tietokantavaatimukset, joita arvioitiin tietokantaratkaisua valittaessa. Lopulta valittiin ratkaisu, joka täytti kaikki tietokantavaatimukset ja oli sopiva viljelijän tietovarastoon.

Projektin alussa valittiin erilaisia datalähteitä ja niiden käyttötarkoituksia kartoitettiin yhdessä projektiryhmän kanssa. Koska tietolähteiksi valittiin lämpökamerakuvat ja Soil Scout -maaperäsensorit, tulisi tietokantaratkaisun sopia kokonaisvaltaisesti näille tietolähteille. Taulukossa 2 esitetyt tietokantavaatimukset pohjautuvat taulukossa 1 esitettyihin tietovarastovaatimuksiin. Näiden vaatimusten avulla haetaan vastausta ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Taulukko 2 Tietokantavaatimukset.

Vaatus	Kuvaus
DB-REQ01	Integraatioita suorittaessa tietojen tulee säilyä eheänä ilman virheitä alusta loppuun.
DB-REQ02	Kuvien tallentaminen on mahdollista.
DB-REQ03	Tietokanta perustuu vapaisiin ohjelmistoihin.

DB-REQ04	Kuvien jakaminen jaettavan url-linkin kautta.
DB-REQ05	Tiedon pitää olla haettavissa ja käytettävissä käyttäjä kohtaisesti.

5.3 Palvelin- ja ohjelmointikielivaatimukset

Vaatimukset palvelin- ja ohjelmointiteknologialle eivät olleet yhtä teknisiä kuin tietokannalle ja ne perustuivat enemmän inhimillisiin tekijöihin. Toisaalta kyseessä oli tutkimus- ja kehittämishanke, joten erilaisten tekniikoiden vertailu oli toivottua parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Myös jatkokehityksen kannalta haluttiin tutkia eri vaihtoehtoja sen pohjalta, millä olisi hyvät tulevaisuuden näkymät. Toisen tutkimuskysymyksen perusteella muodostettiin vaatimuksia, jotka on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3 Palvelin- ja ohjelmointivaatimukset.

Vaatus	Kuvaus
SF-REQ01	Ohjelmointikielen tulisi olla yleinen ja sen pitää tukea nopeaa kehitysprosessia.
SF-REQ02	Valitaan vapaanlähdekoodin ohjelmistoja, joilla on aktiiviset käyttäjäkunnat. Aktiivisella tarkoitetaan ohjelmistoja, joita päivitetään vähintään kerran kuukaudessa viimeisen vuoden ajalta.

SF-REQ03	Kehitystulos tulisi olla mahdollisimman hel- posti ymmärrettävä ja jatkokehittävä valitta- vien teknologioiden osalta.
SF-REQ04	Ohjelmiston arkkitehtuurin tulee olla modulaa- rinen, jotta uusien toiminnallisuuden lisäämi- nen on mahdollisimman helppoa.

5.4 Tietokannan valinta

Tietokantaratkaisut voidaan karkeasti jakaa relaatio- ja ei-relaatiotietokantoihin. Relaatiotietokannat koostuvat yhdestä tai useammasta taulukosta, joissa jokaisessa on rivejä ja sarakkeita. Relaatiotietokannat ovat ACID-periaatteiden mukaisia ja niiden kyselykielenä käytetään yleisesti SQL-kieltä. ACID on lyhenne seuraavista tietokantatransaktioita kuvaavista periaatteista:

- Atomisuus (Atomicity), joka tarkoittaa sitä, että transaktio tulee suorittaa kokonaan loppuun ilman virheitä, muutoin se keskeytetään.
- Eheys (Consistency) varmistaa sen, ettei tietokantaa päivitetä rikkoen siihen liittyviä rajoituksia.
- Eristettävyys (Isolation) tarkoittaa sitä, että transaktiot eivät pysty häiritsemään toisiaan.
- Pysyvyys (Durability) varmistaa tietojen säilymisen kaikissa tilanteissa.

Ei-relaatio-tietokannat tai englanniksi NoSQL tietokannat eivät käytä relaatiomallia tietojen hallintaan. Ei-relaatiotietokannat käyttävät tietojen hallintaan muita malleja kuten dokumentti-, avain-, arvo- tai hierarkiamalleja. (Erkinheimo 2015.)

Valintaprosessin aikana tutkittiin monia erilaisia tietokantoja, kuten MongoDB, PostgreSQL, DynamoDB ja Apache Casandra. Näistä vain PostgreSQL on relaatiotietokanta muut ovat ei-relaatio-tietokantoja. Vaatimusta DB-REQ05 varten piti selvittää kuinka tietokantaan tallennettavaa dataa tullaan käyttämään ja tarvitaanko sen hyödyntämiseen käyttää relaatiota. Maanviljelijät tuottavat paljon dataa ja sen integrointi ja tallentaminen toiseen järjestelmään vie paljon aikaa. Tiedon

eheys tulee varmistaa ACID periaatteella, jolloin vaatimus DB-REQ01 tulee täytetyksi. Vaihtoehdoiksi jäivät siis PostgreSQL ja MongoDB, joka tukee myös ACID periaatetta (What are ACID Properties in Database Management Systems? n.d).

Vaatimuksen DB-REQ01 perusteella valittiin PostgreSQL-tietokanta erityisesti Soil Scout -maaperäsensoreiden ja ruokaviraston datan muodon takia. Maaperäsensoreiden tiedon tallentamiseen ja sen esittämiseen tarvittiin relaatioita vaatimuksien DB-REQ01 ja DB-REQ05 mukaisesti. MongoDB-tietokanta ei olisi ollut huono valinta, mutta lopulliseen käyttöön tarvittiin relaatioita tietojen välillä.

Vaatimuksien DB-REQ02 ja DB-REQ04 perusteella valittiin toiseksi tietokannaksi PostgreSQL:ään lisäksi Minio-objektivarasto. Objektivarastot eroavat muista tietokantamalleista siten että data tallennetaan epästrukturoidussa muodossa objekteina (What is object storage? n.d). Objektivarasto vastaa täydellisesti vaatimusta tallentaa kuvia tietokantaan. Erityisesti Cloud Optimised GeoTIFF -kuvien jakaminen url-linkkinä käyttöliittymään onnistuu vaivattomasti käyttämällä Minion kehitystyökaluja. Minio on myös vapaan lähdekoodin ohjelmisto, kuten PostgreSQL, joten se täyttää vaatimuksen DB-REQ03.

5.5 Palvelinkehyksen ja ohjelmointikielen valitseminen

Palvelinpuolen kehitykseen on mahdollista valita lukuisia erilaisia palvelinkehyksiä ja ohjelmointikieliä. Taulukossa 3 mainitut vaatimukset nopeasta kehitysprosessista, laajasta käyttäjäkunnasta ja mahdollisimman helposta jatkokehityksestä ohjasivat valittuja teknologioita. Palvelinkehykseksi ja ohjelmointikieleksi valittiin seuraavissa kappaleissa esitellyt teknologiat.

TypeScript tarjoaa paljon etuja tavalliseen JavaScriptiin verrattuna. TypeScript on vahvasti tyyppi-tetty ohjelmointikieli, joka tarjoaa paremman tyyppitarkistuksen ja virheenkäsittelyn, mikä helpottaa virheiden havaitsemista kehityksen aikana. Näin voidaan ehkäistä virheitä ja parantaa koodin yleistä luotettavuutta. Lisäksi TypeScript tarjoaa rajapintojen ja geneeristen ominaisuuksien kaltaisia ominaisuuksia, jotka helpottavat ylläpidettävämmän ja skaalautuvamman koodin kirjoittamista. Typescript valittiin erityisesti vaatimuksen SF-REQ01 perusteella. Node.js puolestaan on tehokas ja suosittu alusta skaalautuvien verkkosovellusten rakentamiseen. Se käyttää tapahtumapohjaista,

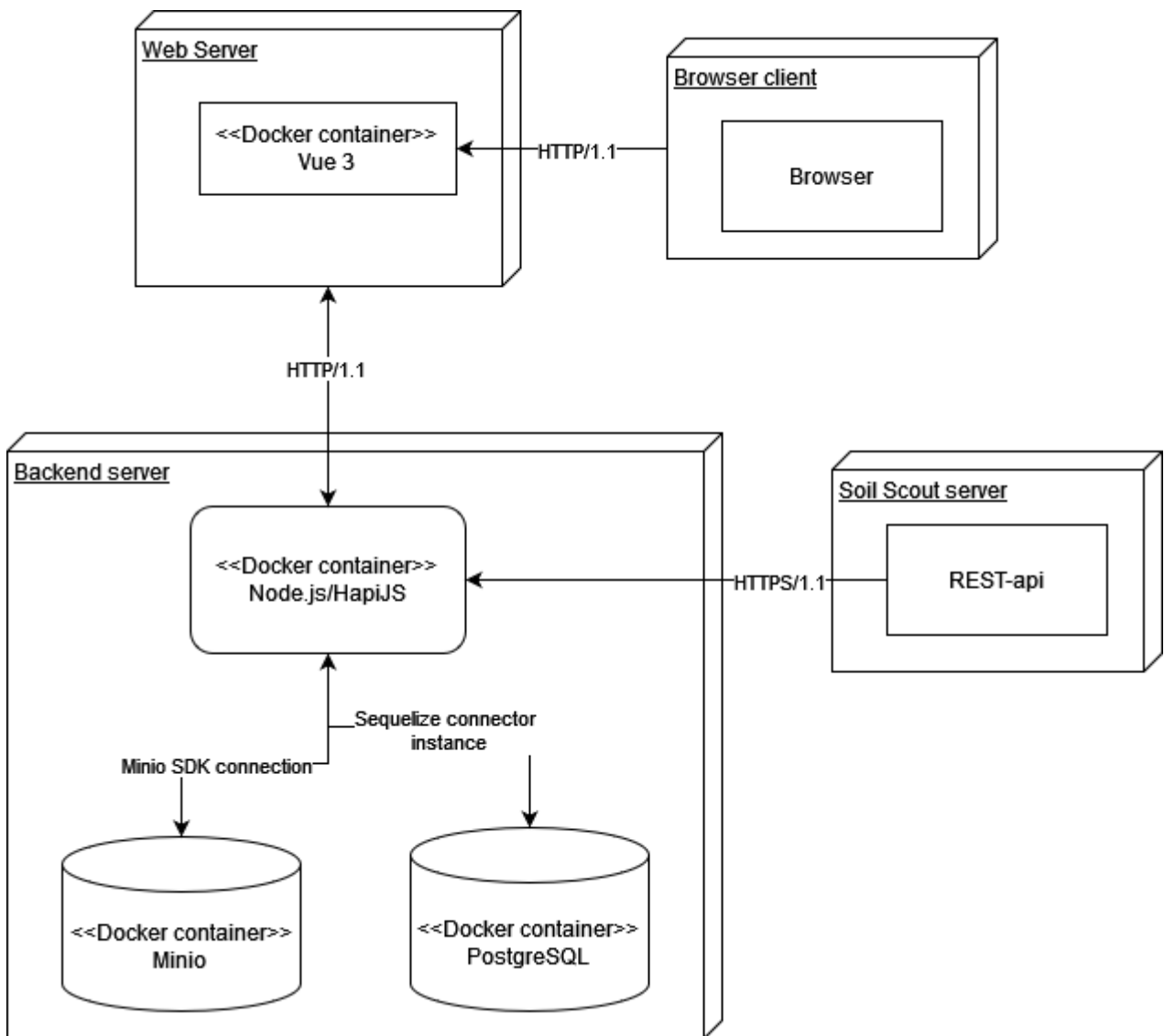
lukkiutumaton I/O-mallia, mikä tekee siitä tehokkaan ja kevyen. Node.js:llä on myös suuri ja aktiivinen yhteisö, joka täyttää vaatimuksen SF-REQ02. Node.js on myös avoimen lähdekoodin ohjelmisto, joten se täyttää vaatimuksen SF-REQ02. Node.js:lle on saatavilla paljon lisäosia ja kehitystyökaluja, joten se täyttää vaatimuksen SF-REQ04. Sequelize on yksi projektissa käytetty tärkeä kolmannen osapuolen lisäosa, se mahdollistaa kommunikoinnin relaatiotietokantojen kanssa. Vaatimukseen SF-REQ03 Sequelize sopii, koska sen avulla kommunikointi ja tietokannan toimintojen suorittaminen tapahtuu ohjelmointikielen avulla.

HapiJS-kehystä päätettiin käyttää, koska se on tehokas ja joustava kehys. Se on myös suunniteltu laajennettavaksi ja modulaariseksi, joka täyttää silloin vaatimuksen SF-REQ04. Aktiivinen käyttäjäkunta ja useat päivitykset takaavat lisäosan toimivuuden tulevaisuudessa, jolloin se täyttää vaatimuksen SF-REQ02. HapiJS ylläpitää laajaa dokumentaatiota sen käyttämisestä, joka auttaa kehittäjiä pääsemään nopeasti vauhtiin ja ratkaisemaan mahdolliset ongelmat.

6 Toteutus

6.1 Arkkitehtuuri

Valittujen teknologioiden ja tekniikoiden avulla muodostettiin viljelijän datavaraston lopullinen tietovaraston ohjelmistoarkkitehtuuri. Kuviossa 2 havainnoidaan suunniteltu arkkitehtuuri. Käyttöliittymän avulla käyttäjä hallinnoi ja visualisoi varastoimaansa tietoa. Palvelin, joka on REST-api rajapinta REQ06 vaatimuksen perusteella toimii tiedon välittäjänä käyttöliittymälle ja tietokannalle.



Kuvio 2 Tietovaraston kokonaisarkkitehtuuri.

6.2 Tiedon varastoiminen

Tietovarastoinnin avulla monen eri lähteen tiedot integroidaan yhteen kokonaisuuteen. Tietovaraston tarkoituksena on kerätä hyödyllistä ja tarpeellista dataa esimerkiksi yrityksen toiminnasta. Tietovarastoon tallennettu tieto on muuttumatonta ja eheää. (Törmänen 2017, 7–11.) Maanviljelijän tietovarastossa tarkoituksena on taulukossa 1 esitettyjen vaatimusten perusteella varastoida tietoa eri lähteistä, jotta maanviljelijällä on mahdollisuus varastoida omia tietojaan yrityksistä riippumattomassa tietovarannossa. Tietovaraston keskeinen ideana on myös mahdollisuus siirtää omat tiedot varastosta johonkin toiseen palveluun, joka pystyy hyödyntämään maanviljelijän dataa.

Integraatiot ja tiedon tallentamisoperaatioiden kohteet olivat projektissa Soil Scout -maasenso-reista saadut mittaustiedot ja lennokilla kuvatut lämpökamerakuvat. Näistä saatavat datat olivat erilaisissa muodoissa, joten niiden tallentaminen tietokantoihin eroaa huomattavasti. Integraatioita Soil Scoutin REST-api:sta tietovarastoon tehdessä täytyi selvittää minkälaista dataa Soil Scoutin -REST-api tarjoaa käyttäjälle.

Selvityksen jälkeen kirjoitettiin Sequelizen avulla tietokantataulut käyttäen Typescript-ohjelmointikieltä tavallisen SQL-kielen sijaan. (Kuvio 3) Sequelizen avulla määriteltiin myös muut tietokantataulut ja niiden relaatiot. (Kuvio 4) Tietokannan dokumentointi on tehty koodina vaatimuksen SF-REQ03 mukaisesti. Kuvion 5 tietokantakaaviosta voidaan huomata kaikki tietokantaan luodut relaatiot ja taulujen attribuutit. Lämpökamerakuvat tallennetaan Minio-objektivarastoon. Näiden integraatioiden kautta haetaan vastausta tutkimuskysymykseen RQ3.

```
import { DataTypes, IntegerDataType, RealDataType } from 'sequelize'
import {
  Table,
  Column,
  Model,
  PrimaryKey,
  Unique,
  HasMany,
  BelongsToMany,
  IsInt,
} from 'sequelize-typescript'
import { Measurement } from './Measurement'
import { Group } from './Group'
import { GroupDevice } from './GroupDevice'

@Table
export class Device extends Model {

  @PrimaryKey
  @IsInt
  @Column(DataTypes.BIGINT)
  deviceID!: number

  @IsInt
  @Unique
  @Column(DataTypes.BIGINT)
  serial_numberID!: number

  @Column(DataTypes.STRING)
  scoutname!: string

  @Column(DataTypes.STRING)
  soiltype!: string

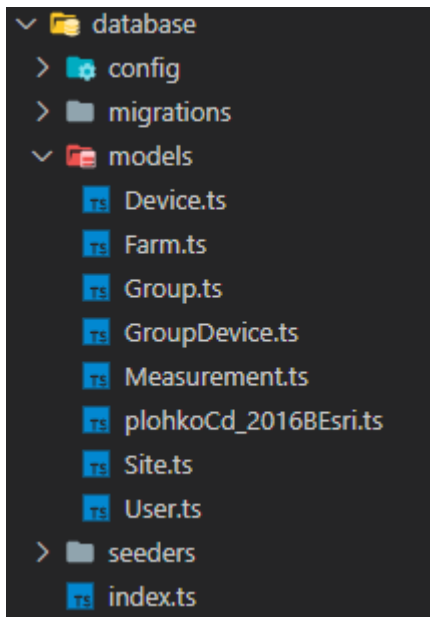
  @Column(DataTypes.REAL)
  latitude!: string

  @Column(DataTypes.REAL)
  longitude!: string

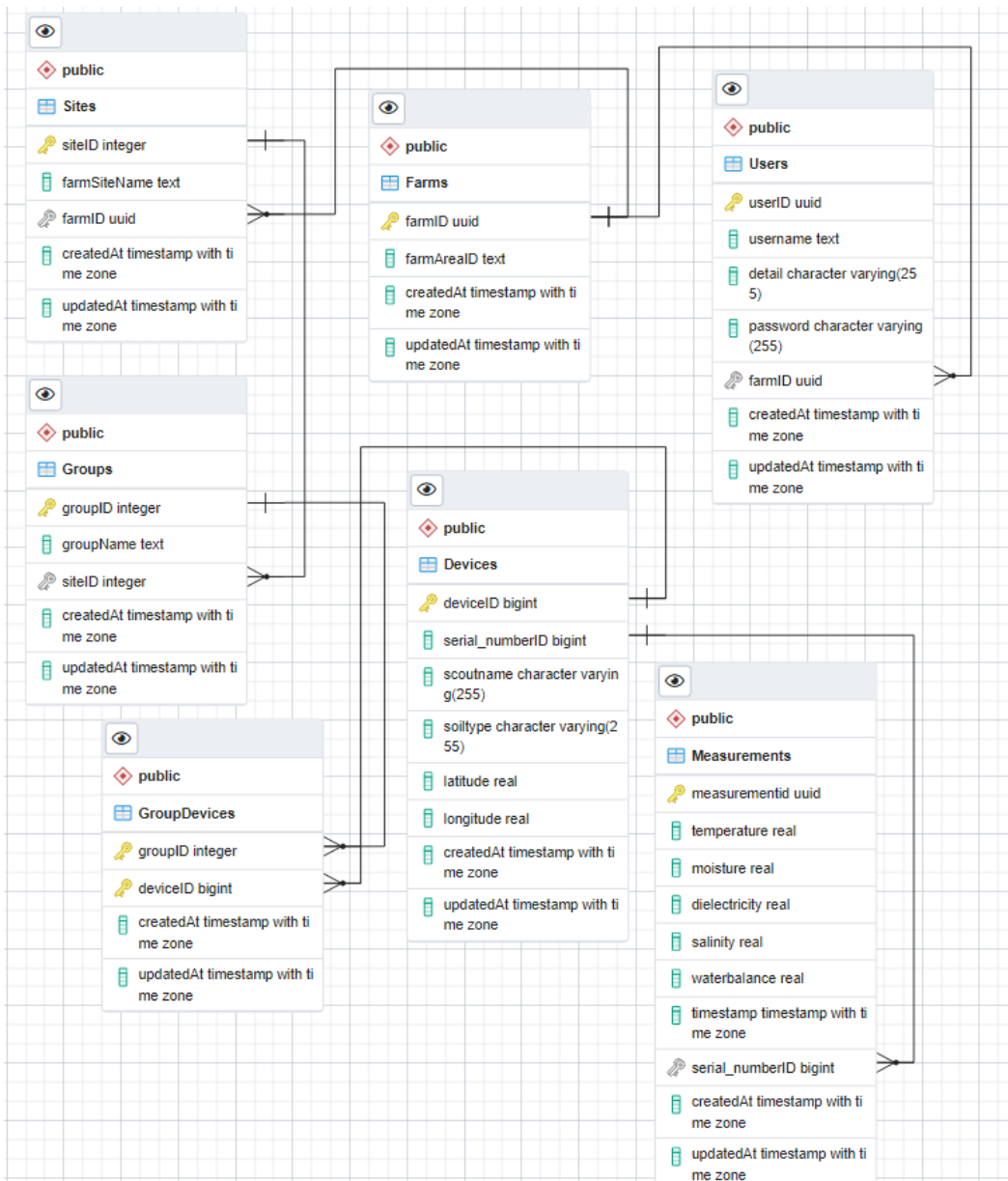
  @HasMany(() => Measurement, {sourceKey: 'serial_numberID', foreignKey: 'serial_numberID'})
  measurements!: Measurement[]

  @BelongsToMany(() => Group, () => GroupDevice)
  group!: Group[]
}
```

Kuvio 3 Tietokantataulu ja sen relaatiot luotuna Sequelizen avulla.



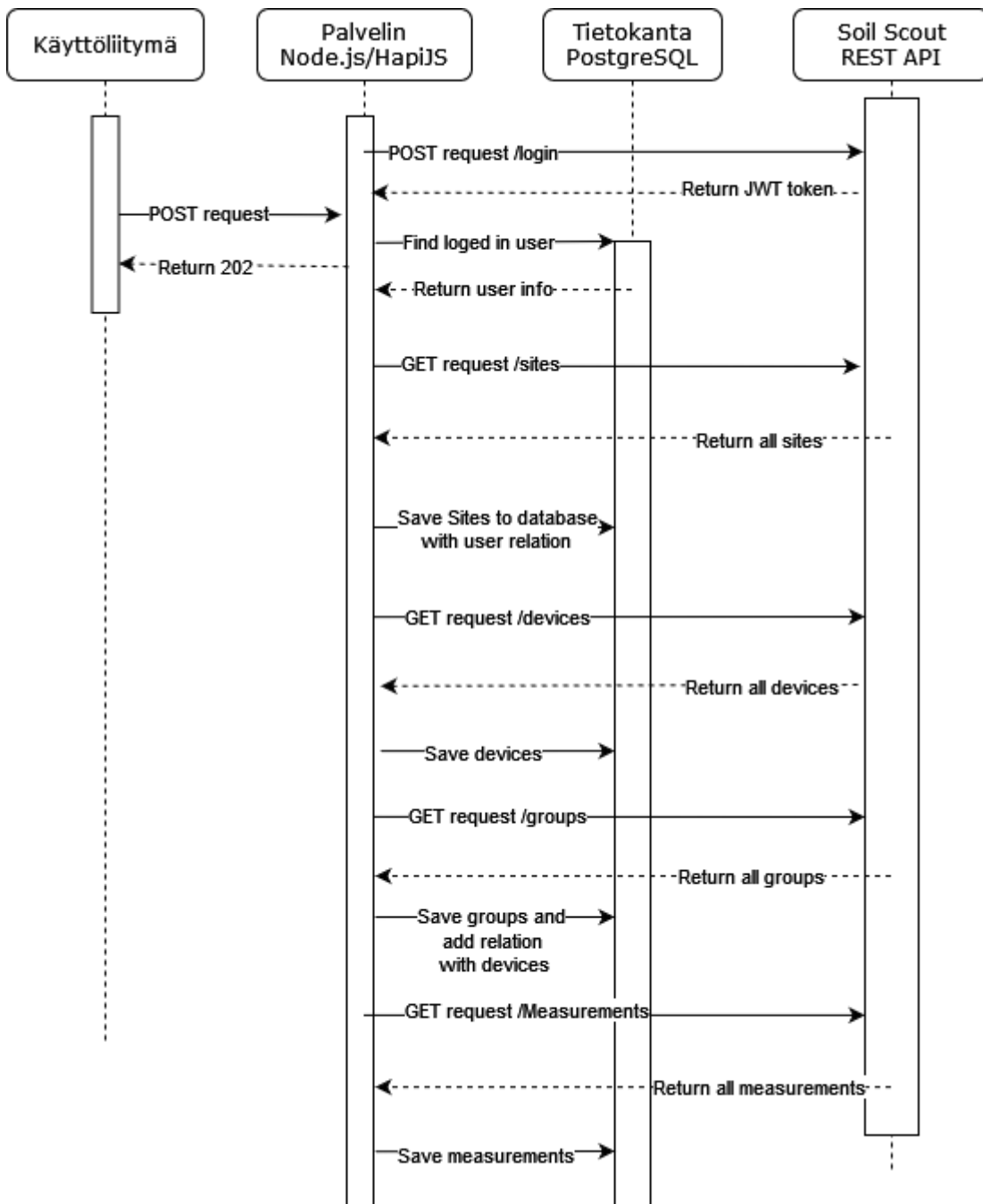
Kuvio 4 Tietokantataulut kansiorakenteessa.



Kuvio 5 Tietokantakaavio.

6.3 Maaperäsensoreiden integrointi

Maaperäsensoreiden tallentaminen aloitettiin käyttöliittymän puolella. Tietojen tallennus tapahtui tekemällä REST-api-kutsuja Soil Scoutin pilvipalveluun, joiden avulla mahdollistettiin kaikkien tietojen varastointi ja niiden relaatioiden säilyttäminen. Koko tiedonsiirto operaatio on esitetty kuviossa 6. Ensimmäisenä haettiin Soil Scoutin pilvipalvelun REST-apista käyttäjän tarjoamalla kirjautumistiedoilla saadaan JWT token. (Kuvio 7)



Kuvio 6 Sekvenssikaavio tiedonsiirto operaatiosta.

```
const login = await fetch('https://soilscouts.fi/api/v1/auth/login/', {
  method: 'POST',
  headers: {
    'Content-Type': 'application/json'
  },
  body: JSON.stringify(request.payload)
}).then(data => data.json()).then(response => response.access)
let bearer:string = 'Bearer ' + login
```

Kuvio 7 Soil Scout -kirjautumistietojen haku.

Kaikki tiedot haettiin ja lisättiin tiettyssä järjestyksessä käyttäen async-funktioita ja await-avainsanaa (Kuvio 7, Kuvio 8, Kuvio 9, Kuvio 10, Kuvio 11, Kuvio 12), jotta koodi suoritetaan järjestyksessä. Tämä mahdollistaa relaatioiden kunnollisen luomisen laitteiden ja mittaustulosten kesken. Seuraavaksi haettiin tietovarastojärjestelmään kirjautuneen käyttäjän tiedot (Kuvio 8), koska niitä tarvittiin tulevien relaatioiden luomisessa.

```
const user = await User.findOne({where: {username: request.auth.credentials.username}, raw: true})
```

Kuvio 8 Käyttäjätietojen haku viljelijän tietovarastossa.

Tämän jälkeen haettiin Soil Scoutin REST-apista nimetyt alueet, joihin maaperäsensorit liittyvät (Kuvio 9). Tietojen lisäämiseen käytettiin Sequelize-metodia "FindOrCreate", koska kun funktiota ajetaan myöhemmin toisen kerran, ei tietokantaan lisätä alueita kahteen kertaan. Tätä samaa logiikkaa hyödynnettiin muidenkin paitsi itse mittaustietojen lisäämisessä. Maaperäsensoreiden lisäämiseen käytettiin kuviossa 10 olevaa funktioita.

```

await fetch('https://soilscouts.fi/api/v1/sites',{
  method: 'GET',
  headers: {'Authorization': bearer},
}).then(data => data.json()).then((data) => {
  for (const datas of data){
    Site.findOrCreate({
      where: {siteID: datas.id },
      defaults: {
        farmSiteName: datas.name,
        siteID: datas.id,
        farmID: user?.farmID
      }
    })
  }
}),
(reason) => {console.error(reason)}

```

Kuvio 9 Soil Scout -maaperäsenserialueiden haku ja lisääminen tietokantaan.

```

await fetch('https://soilscouts.fi/api/v1/devices/', {
  method: 'GET',
  headers: {'Authorization': bearer},
}).then(data => data.json()).then((data) => {
  for (const datas of data){
    Device.findOrCreate({
      where: {deviceID: datas.id},
      defaults: {
        deviceID: datas.id,
        serial_numberID: datas.serial_number,
        scoutname: datas.name,
        soiltype: datas.location.soil_type,
        latitude: datas.location.latitude,
        longitude: datas.location.longitude
      }
    })
  }
}),
(reason) => {console.error(reason)}

```

Kuvio 10 Soil Scout -maaperäsensoreiden haku ja lisääminen tietokantaan.

Kaikille laitteille oli alkuperäisjärjestelmässä määritelty joukkio, mihin ne kuuluivat, joten ne lisättiin kuvion 11 tapaisella tavalla. Joukkion lisäämisen lisäksi luotiin yhteystauluun GroupDevice-tiedot, joiden avulla mahdollistettiin relaatio kuten kuviossa 5 on tietokantamalli esitetty.

Mittaustuloksien haku kuviossa 12 erosi edellä mainituista tavoista, koska mittaustuloksien REST-api-kutsu palautti tulokset csv-tiedostona JSON-muodon sijaan. Tämän takia käytettiin NPM-pakettia nimeltä "csvtojson", jonka avulla muutettiin saadut mittaustulokset JSON-muotoon, jolloin niiden lisääminen oli mahdollista. Mittausten lisäämisen jälkeen tiedonsiirto loppuu.

```
await fetch('https://soilscouts.fi/api/v1/groups/', {
  method: 'GET',
  headers: {'Authorization': bearer},
}).then(data => data.json()).then((data) => {
  for (const datas of data){
    Group.findOrCreate({
      where: {groupID: datas.id},
      defaults: {
        groupID: datas.id,
        groupName: datas.name,
        siteID: datas.site
      }
    })
    for (const device of datas.devices)
      GroupDevice.findOrCreate({
        where: {groupID: datas.id},
        defaults: {
          groupID: datas.id,
          deviceID: device
        }
      })
  }
},
(reason) => {console.error(reason)})
```

Kuvio 11 Soil Scout -maaperäensensoreiden joukkioiden haku ja tallennus tietokantaan.

```

const results = await fetch("https://soilscouts.fi/api/v1/measurements/csv/?" + new URLSearchParams({
  since: since,
  until: until,
  site: site
})),{
  method: 'GET',
  headers: {'Authorization': bearer},
}
)
.then(response => response.text())
.then(result => csv({noheader: false,
  headers: ['timestamp', 'site_name', 'IMEI', 'scout_ID',
  'scout_name', 'lat', 'lon', 'depth', 'soil_type',
  'dry_bulk_density', 'moisture', 'temperature', 'dielectricity',
  'salinity', 'field_capacity', 'wilting_point', 'water_balance']}).fromString(result))
.catch(error => console.log('error', error));
for (const result of results) {
  await Measurement.create({
    temperature: result.temperature,
    serial_numberID: result.scout_ID,
    moisture: result.moisture,
    dielectricity: result.dielectricity,
    salinity: result.salinity,
    waterbalance: result.water_balance,
    timestamp: result.timestamp
  })
}
}
catch(err){console.error(err)}
}

```

Kuvio 12 Soil Scout -maaperäsensoreiden mittaustulosten haku ja lisääminen tietokantaan.

6.4 Lämpökamerakuvien tallentaminen

Lämpökamerakuvien tallentamista varten luotiin tietojärjestelmään kuvan 13 mukainen REST-api-reitti. Kuvat ladattiin multipart/form-data-formaatissa. Minion tarjoaman kehitystyökalun avulla eri operaatioiden tekeminen oli vaivatonta. Kuviossa 13 käytetään putObject-metodia, jonka avulla lisättiin ladattu kuva Minioon käyttäjän kansioon. Käyttäjän kansio luotiin rekisteröitymisen yhteydessä (Kuvio 13). Käyttäjän kansio luotiin käyttäjänimen mukaan makeBucket-metodin avulla.

```

export const uploadPicture:ServerRoute = {
  method: 'POST',
  path: '/api/minio',
  options: {
    payload: {
      parse: true,
      multipart: { output: 'stream' },
      allow: 'multipart/form-data',
      maxBytes: 10485760
    }
  },
  handler: async (request: any, h: any) => {
    try{
      minioClient.putObject(request.auth.credentials.username, request.payload.file.hapi.filename, request.payload.file, function(err:any, objInfo:any) {
        if(err) {
          return console.log(err) // err should be null
        }
        console.log("Success", objInfo)
      })
    }
    catch(err){console.error(err)}
    return h.response().code(200)
  }
}

```

Kuvio 13 REST-api reitti kuvien tallentamista varten.

```

export const createUser:ServerRoute = {
  method: 'POST',
  path: '/api/user',
  options: {
    auth: false,
    validate: {
      payload: IUser
    },
    response: {
      status: {
        201: IUser,
      }
    }
  },
  handler: async (request: any, h:any) => {
    try{
      const farm = await Farm.create({farmAreaID: request.payload.farmNumber}).then(farm => farm.toJSON())

      const password:string = await bcrypt.hash(request.payload.password,10)

      minioClient.makeBucket(request.payload.username, 'us-east-1', function(err:any) {
        if (err) return console.log('Error creating bucket.', err)
        console.log('Bucket created successfully'.)
      })

      return await User.create({
        username: request.payload.username,
        detail: request.payload.detail,
        password: password,
        farmID: farm.farmID
      })
    }
    catch(err){console.error(err)}
  }
}

```

Kuvio 14 REST-api reitti käyttäjän rekisteröitymiseen.

6.5 Sensoridatan hyödyntäminen

Tallennettua maaperäsensordataa haluttiin hyödyntää projektissa vaatimuksien REQ03, REQ06 ja DB-REQ05 mukaisesti. Käyttöliittymän puolella dataa haluttiin esittää kartalla ja jokaiseen laitteeseen haluttiin liittää viimeisimmät mittaustiedot. Lisäksi tiedot piti lähettää GeoJSON-muodossa ja muunnettuna oikeaan koordinaattijärjestelmään. Vaatimuksen DB-REQ05 perusteella tiedon hyödyntäminen aloitettiin kuviossa 15 esitetyllä tavalla. Tiedon hyödyntäminen aloitettiin etsimällä kirjautuneen käyttäjän tiedot tietokannasta. Seuraavaksi etsittiin käyttäjään liittyvät maatilat ja alueet joihin laitteet on liitetty. Laitteiden etsiminen tapahtui liittämällä joukkiotaulusta ne kohdat, jotka liittyvät käyttäjän alueet -tauluun.

```
const user = await User.findOne({
  where: {
    username: request.auth.credentials.username
  },
  raw: true
})

const farm = await Farm.findOne({
  where: {
    farmID: user?.farmID
  },
  raw: true
})

const sites = await Site.findAll({
  where: {
    farmID: farm?.farmID
  },
  raw: true
})

const sitesReform = sites.map(({siteID}) => (siteID))

const devices = await Device.findAll({
  include: {
    model: Group,
    where: {
      siteID: sitesReform
    }
  },
  raw: true
})
```

Kuvio 15 Tietokantahakuja Sequalizen avulla.

Vaatimusten mukaan jokaiseen laitteeseen pitää liittää viimeisimmät mittaustiedot, joten seuraavaksi suoritettiin mittaustulosten haku tietokannasta (

Kuvio 16). Aluksi luotiin ISO-standardin mukainen tämän hetken päivämäärä. Seuraavaksi iteroitiin kaikkien edellisessä kohdassa haettujen laitteiden mukaan. Mittaustulokset haettiin aina jokaisen laitteen vuorolla tietokannasta, jonka jälkeen ne lisättiin aikaisemmin luotuun tyhjiin taulukkoon omana objektinaan.

```
const date = new Date()
const date_now = date.toISOString()
let deviceMeasurements:any = []

for(const device of devices){
  const properties = await Measurement.findOne({
    where: {serial_numberID: device.serial_numberID,timestamp: {[Op.lt]: date_now}}
  })
  deviceMeasurements.push({device,properties})
}
```

Kuvio 16 Mittaustulosten haku ja lisääminen uuteen taulukkoon.

Kaiken tarvittavan tiedon hakemisen jälkeen se muunnettiin GeoJSON-muotoon sekä laitteiden koordinaatit muunnettiin vastaamaan karttaprojektiota, joka oli käytössä käyttöliittymän puolella. Kuviossa 17 muunnetaan edellistä taulukko deviceMeasurements vastaamaan GeoJSON-muotoa map-metodin avulla. Karttaprojektion muutos toteutettiin proj4-kirjaston avulla, jolloin alkuperäiset koordinaatit muuttuivat EPSG:4326-muodosta EPSG:3857-muotoon. Kaikkien vaatimusten täyttämisen jälkeen valmis GeoJSON lähetetään käyttöliittymään. Postman-sovelluksella lähetetyn kokeilu REST-api-kutsun vastaus kuviossa 18 todentaa GeoJSON-vastauksen toimivaksi ja vaatimuksen REQ03 toteutuneeksi.

```
const reform = deviceMeasurements.map((
  {device,properties}: {device: {longitude: number, latitude: number}, properties: Measurement}) =>
  ({ 'type': 'Feature', 'geometry':
    { 'type': 'Point', 'coordinates': proj4('EPSG:4326', 'EPSG:3857',[device.longitude, device.latitude]) }, properties}
  ))
```

Kuvio 17 Mittaustulosten muuntaminen GeoJSON-muotoon.

```

"type": "FeatureCollection",
"crs": {
  "type": "name",
  "properties": {
    "name": "EPSG:3857"
  }
},
"features": [
  {
    "type": "Feature",
    "geometry": {
      "type": "Point",
      "coordinates": [
        2816153.2423213334,
        9019787.64119605
      ]
    },
    "properties": {
      "measurementid": "90746598-fde1-4108-a61a-2d80044dde5a",
      "temperature": 9,
      "moisture": 0.468,
      "dielectricity": 29.8,
      "salinity": 0,
      "waterbalance": 2.282,
      "timestamp": "2022-06-06T21:59:30.000Z",
      "serial_numberID": "14666",
      "createdAt": "2023-02-03T20:08:42.249Z",
      "updatedAt": "2023-02-03T20:08:42.249Z"
    }
  }
],

```

Kuvio 18 REST-api-kutsun GeoJSON-vastaus.

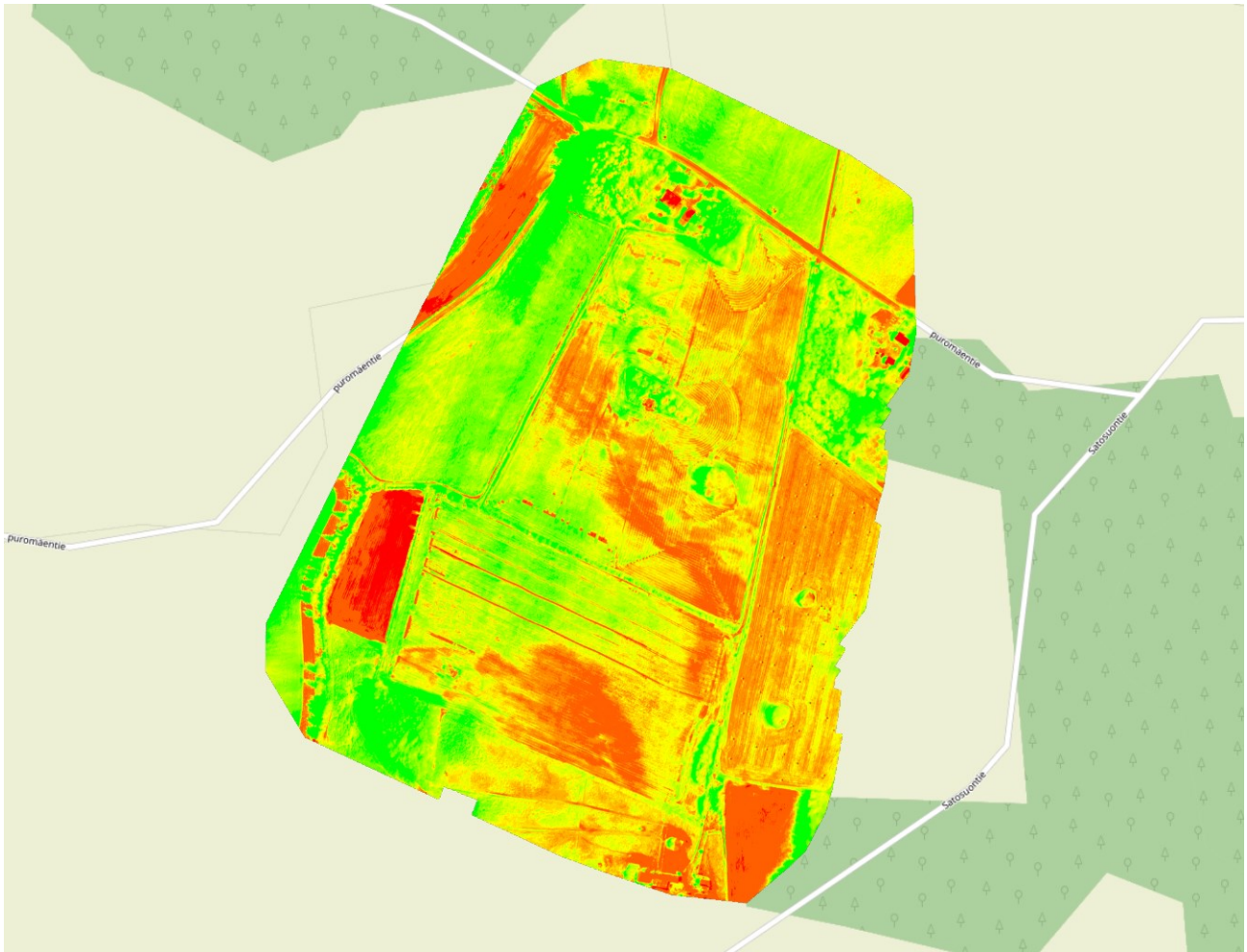
6.6 Lämpökamerakuvien hyödyntäminen

Vaatimuksien REQ04, REQ06 ja DB-REQ04 perusteella asetettiin rajoitteet, kuinka lämpökamerakuvia tulee hyödyntää. Lämpökamera kuvat haluttiin näyttää WebGL-tasona Openlayers karttakirjaston avulla käyttöliittymän puolella. Vaatimusten takia Openlayers-karttakirjastoon tutustuminen oli hyödyllistä, jotta kuvien lähettäminen onnistuisi mahdollisimman helposti. Tutkimuksen perusteella määriteltiin tekniikat, joiden avulla kuvia voitaisiin hyödyntää.

Lämpökamerakuvien näyttämistä varten Openlayers-kirjasto tarvitsee URL-linkin, jonka kautta kuva on mahdollista ladata. Kuviossa 19 linkki luodaan Minion kehittäjätyökalujen avulla kutsuamalla `presignedUrl`-metodia. Linkki lähetetään pyynnöstä käyttöliittymän puolelle, missä Openlayers hyödyntää linkkiä kuvan lataamiseen kartalle. Tällä tekniikalla oli kuitenkin vielä yksi vaatimus sen toimintaan, kuvien tuli olla Cloud Optimized GeoTIFF (COG) -muodossa. Kuvan ollessa normaali GeoTIFF, Openlayers ei pystynyt lataamaan ja näyttämään kuvaa kartalla. COG-formaatti mahdollistaa kuvan lataamisen vain siinä määrin kuin on tarvetta. Esimerkiksi laajalla alalla otettu lämpökamerakuva saattaa olla kooltaan todella iso ja korkea resoluutioinen. Käyttäjä ei tarvitse kuvan kaikkia pikseleitä kartalla, joka on loitonnettu kauas. COG lataa vain tarpeellisen määrän dataa Miniosta kuvan näyttämiseen. Käyttäjän lähentyessä kuvaa kohden kartalla lisätään pikseleitä tarpeellinen määrä. Lopullinen tulos käyttöliittymän puolella havainnoitu kuviossa 20.

```
export const downloadPicture:ServerRoute = {
  method: 'GET',
  path: '/api/minio',
  options: {
    auth: false
  },
  handler: async (request: any, h: any) => {
    const results = await minioClient.presignedUrl('GET', 'testi', 'output_cog.tif', 24*60*60)
    return h.response(results)
  }
}
```

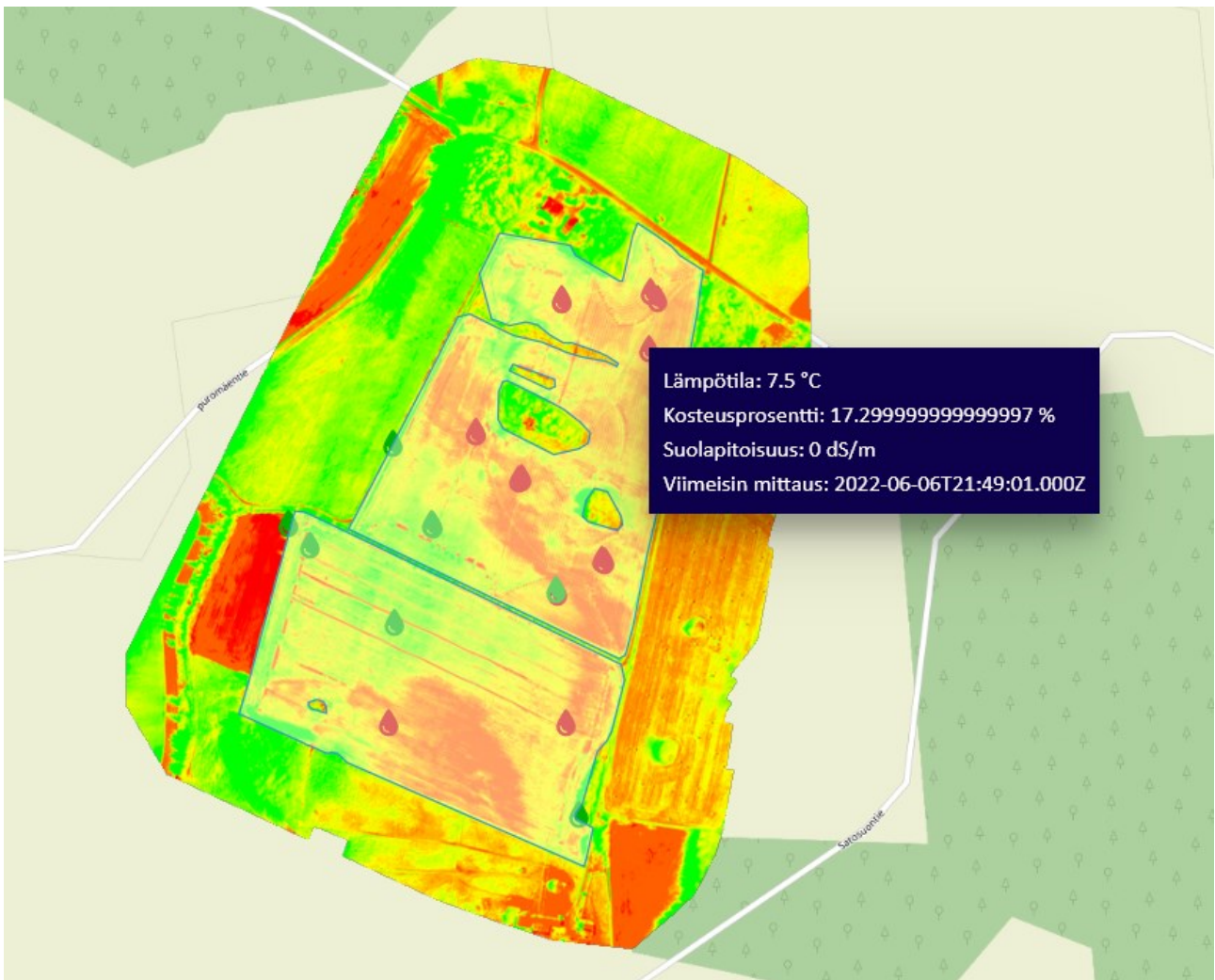
Kuvio 19 REST-api -reitien luominen kuvien käyttöä varten käyttöliittymän puolella.



Kuvio 20 Kuva esitettynä käyttöliittymän puolella.

7 Analyysi ja tulokset

Tutkimuksellisen kehittämistyön lopputuloksena saatiin aikaiseksi viljelijän tietojärjestelmä, johon sisältyi tässä opinnäytetyössä esitelty tietokanta ja backend sekä toisen henkilön toteuttama front-end visualisointia varten. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin datan säilömiseen ja tiedonsiirtoon sekä eri datalähteiden yhdistämiseen. Tärkein tavoite oli saada yhdistettyä eri muotoista dataa. Datan yhdistäminen onnistui kuten kuviosta 21 voidaan huomata, joten tavoitteeseen päästiin.



Kuvio 21 Maaperäsensorit, peltolohkot ja lennökkokuva esitettynä käyttöliittymässä.

Opinnäytetyössä tutkittiin kolmea tutkimuskysymystä, joista jokaiseen löydettiin vastauksia. Ensimmäinen tutkimuskysymys RQ1 koski tietovaraston rakentamista ja siihen liittyviä haasteita. Ratkaisu löydettiin hyödyntämällä kahta erilaista tietokantaa yhdessä. Minio mahdollistaa isojen tietojen säilömistä, kun taas PostgreSQL tarjoaa relaatiotietokannan ominaisuuksia. Tämä yhdistelmä antoi mahdollisuuden vastata tietovarastolle annettuihin vaatimuksiin.

Toinen tutkimuskysymys RQ2 käsitteli teknologiavalintoja ja kuinka ne vaikuttavat jatkokehitykseen. Vaatimusten perusteella voitiin valita sopivat teknologiat tulevaisuutta ajatellen. Esimerkiksi Node.js valittiin, koska se on suosittu ja siihen on paljon erilaisia lisäosia, jotka mahdollistavat uusien tietolähteiden lisäämisen riippumatta älymaatilan tietojärjestelmässä käytetystä tekniikasta. Tietokannan dokumentointikoodina auttaa erityisesti kehittäjiä jatkokehityksen saralla.

Kolmas tutkimuskysymys RQ3 koski älymaailan tietojärjestelmien integrointia tietovarastoon. Tämä onnistui hyvin ja varastoituja tietoja pystyttiin hyödyntämään käyttöliittymässä. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että tietovaraston rakentaminen on monimutkainen prosessi, joka vaatii huolellista suunnittelua ja teknologisten ratkaisujen harkintaa. Käytettyjen teknologioiden ja tietokantojen yhdistelmä mahdollisti tietovaraston toimivuuden ja integroinnin älymaailan tietojärjestelmiin.

Tulevaisuutta ajatellen, jos tämänkaltainen tietovarasto saisi muun muassa luvituksien avulla suuremman käyttäjäkunnan, voisi erilainen tietokantaratkaisu tulla ajankohtaiseksi. Tämänhetkiseen käyttöön tutkimusmielessä ratkaisu on erittäin hyvä ja selkeyttää myös datan visualisointia. Kuitenkin erilaiset mittauslaitteet ja muut dataa tuottavat välineet yleistyvät valtavaa vauhtia ja tulevaisuudessa tämänkaltaisessa järjestelmässä voisi olla erilaisia datalähteitä satoja, jolloin erilaiset automatisoinnit voivat tulla kyseeseen.

Lähteet

Erkinheimo, T. 2015. Tietovarastoratkaisun valintakriteeristö. Opinnäytetyö, AMK. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu, tietojärjestelmäosaamisen koulutusohjelma. Viitattu 19.2.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015113018465>

Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman hankkeen kuvaus. N.d. Euroopan aluekehitysrahaston verkkosivu. Rakennerrahastotietopalvelu. Viitattu 26.12.2022. <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektkoodi=A77874>

Fraser, A. 2021. 'You can't eat data?': Moving beyond the misconfigured innovations of smart farming. Julkaisussa *Journal of Rural Studies*. Alankomaat: Elsevier Ltd., 200–207. Viitattu 11.1.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016721001856>

Gupta, M., Abdelsalam, M., Khorsandroo, S, & Mittal, S. 2020. Security and Privacy in Smart Farming: Challenges and Opportunities. Julkaisussa *IEEE Access*. Toim. D. Abbot, 34564-34584. Viitattu 8.2.2023 www.janet.finna.fi, *IEEE Xplore*.

Haapala, H. 2023. Datan avulla lisää euroja maatalousalalle – miten? Blogiteksti Jamkin verkkosivuilla. Julkaistu 16.1.2023. Viitattu 1.2.2023. <https://blogit.jamk.fi/tarvaalantari-noita/2023/01/16/datan-avulla-lisaa-euroja-maatalousalalle-miten/>

Inoue, Y. 2020. Satellite- and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming - a review. Julkaisussa *Soil science and plant nutrition*. Toim. H. Koyama, 66, 6, 798-810. www.janet.finna.fi, *Soil science and plant nutrition*.

Kernecker, M., Knierim, A., Wurbs, A., Kraus, A. & Borges, F. 2019. Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. Julkaisussa *Precision Agriculture*. Dordrecht: Springer Nature B.V., 34–50. Viitattu 17.1.2023. <https://janet.finna.fi/>, *ProQuest*.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2018. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 3.–5. p. Helsinki: Sanoma Pro.

Pesonen, L., Haapala, H., Hyväluoma, J., Kallio, K., Karjalainen, S., Linna, P. & Ruponen, O. N.n. Älymaatalous 2030 tiekartta. Asiantuntijaraportti-pdf maaseutuverkoston verkkosivuilla. Viitattu 1.2.2023. <https://projects.luke.fi/agrihubi/wp-content/uploads/sites/52/2022/02/Alymaatalous-2030-tiekartta-.pdf>

Rehman, A., Saba, T., Kashif, M., Fati, S., Bahaj, S. & Chaudhry, H. 2022. A Revisit of Internet of Things Technologies for Monitoring and Control Strategies in Smart Agriculture. Julkaisussa *Agronomy*. Sveitsi: MDPI, 12, 1, 127. Viitattu 8.2.2023. www.janet.finna.fi, *Agronomy*.

Smart Farming: The Future of Agriculture. 2020. Artikkelit iotforall verkkosivuilla. Muokattu 25.1.2023. Viitattu 8.2.2023. <https://www.iotforall.com/smart-farming-future-of-agriculture>

Soil Scout REST API. 2020. REST-api Soil Scoutin verkkosivuilla. Viitattu 14.3.2023. <https://soilscouts.fi/api/v1/>

Taavitsainen, M. 2023. Viljelijän datavaraston visualisointi. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 1.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202302092215>

Törmänen, A. 2017. Johdanto tietovarastointiin. North Charleston: CreateSpace.

Walter, A., Finger, R., Huber, R. & Buchmann, N. 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences. 114, 24, 6148-6150. Viitattu 8.2.2023. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>

What are ACID Properties in Database Management Systems?. N.d. MongoDB verkkosivut. Viitattu 19.2.2023. <https://www.mongodb.com/basics/acid-transactions>

What is object storage?. N.d. Amazon Web Service verkkosivut. Viitattu 19.2.2023. <https://aws.amazon.com/what-is/object-storage/>

Wireless Soil Moisture Sensor For Agriculture. N.d. Artikkelit Soil Scoutin verkkosivuilla. Viitattu 14.3.2023. <https://soilscout.com/applications/agriculture>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. & Bogaardt, M. 2017. Big Data in Smart Farming – A review. Julkaisussa Agricultural Systems. Alankomaat: Elsevier Ltd., 69–80. Viitattu 10.1.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754?via%3Dihub>

Liitteet

Liite 1. Liitteen otsikko