

PELTO LIVINGLAB 1.0

Loppuraportti

2026
Oulun ammattikorkeakoulu Oy

SISÄLLYS

SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	3
1.1 Hankkeen tausta ja tarve	3
1.2 Hankkeen tavoitteet	3
1.3 Kytkeä Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelmaan	3
2 HANKKEEN PERUSTEIDOT JA TOTEUTUS	4
2.1 Hankkeen nimi, toteutusaika ja toteuttajaorganisaatio sekä muutokset toteutuksessa	4
2.2 Kohderyhmät ja maantieteellinen kohdealue	4
2.3 Ohjausryhmä ja sen kokoontuminen	4
3 TOIMENPITEET JA TUOTOKSET	6
3.1 Digitaaliset pelto- ja maatalousympäristöt Pohjois-Euroopassa	6
3.2 Teknologioita peltomaan monitorointiin ja Peltto Living Lab - ympäristön virtualisointiin	13
3.2.1 Maaperäsensorit ja IoT-teknologiat	13
3.2.2 Kaukokartoitus ja Copernicus-satelliittidata	14
3.2.3 Droonit ja UAV-teknologia peltomaan monitoroinnissa	15
3.2.4 Paikkatietoanalyysi ja dataintegraatio	16
3.2.5 Peltomaan monitorointitekniikoiden kokonaisjärjestelmä ja virtualisointi	17
3.3 Peltto Living Lab -mittaustulosten visualisointimahdollisuudet	18
3.4 Sidosryhmätilaisuuksissa tunnistetut kehittämisideat	20
3.4.1 Työpaja sidosryhmille	20
3.4.2 Opiskelijoiden osallistaminen Peltto Living Lab -ympäristön kehittämiseen	22
3.5 Yhteistyöverkoston kartoitus ja kuvaus jatkokehitystoimia varten	23
4 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

1.1 Hankkeen tausta ja tarve

Maatalousyritysten kehittäminen edellyttää tietoa kannattavista sekä resurssi- ja ilmastoviisaista viljelyratkaisuksista ja niitä tukevista teknologioista. Pohjois-Pohjanmaalla on tunnistettu tarve vahvistaa maatalousalan osaamista erityisesti uuden teknologian ja datan hyödyntämisessä sekä lisätä yhteistyötä yritysten ja oppilaitosten välillä. Älymaatalouden merkitys kasvaa muun muassa kannattavuuden parantamisessa sekä vastuullisuus- ja jäljitettävyyksivaatimusten lisääntyessä.

Samalla on tarve kehittää uusia yhteistyöverkostoja ja toimintamalleja, jotka tukevat teknologioiden käyttöönottoa maataloudessa. Peltomaan kasvukunnon seuranta ja olosuhdetiedon hyödyntäminen ovat keskeisiä tekijöitä tuottavuuden, kustannustehokkuuden ja ympäristövaikutusten hallinnassa.

Hanke vastaa näihin tarpeisiin edistämällä yhteistyötä maaseudun yrittäjien, teknologiatoimijoiden ja koulutusorganisaatioiden välillä sekä valmistelemalla Peltto Living Lab -tieto- ja oppimis-ympäristön kehittämistä.

1.2 Hankkeen tavoitteet

Peltto Living Lab 1.0 -hankkeen päätavoitteet olivat:

1. Kartoittaa Pohjois-Euroopassa toteutettuja digitaalisia pelto- ja maatalousympäristöjä ja tunnistaa niistä Peltto Living Lab -ympäristön kehittämiseen soveltuvia käytäntöjä.
2. Koota ajantasainen ja todennettu kokonaisuus teknisistä ratkaisuista, joilla on potentiaalia peltomaan monitorointiin ja Peltto Living Lab -ympäristön virtualisointiin.
3. Selvittää Peltto Living Lab -ympäristöstä saatavien mittaustulosten visualisointimahdollisuudet opetuksen, tutkimuksen ja kehittämistoiminnan näkökulmasta.
4. Kerätä ja dokumentoida sidosryhmien näkemyksiä ja kehittämisideoita Peltto Living Lab -tieto- ja oppimis-ympäristön kehittämisen tueksi.
5. Kartoittaa ja kuvata Peltto Living Lab -ympäristön kehittämiseen soveltuva yhteistyöverkosto sekä laatia verkoston kanssa suunnitelma jatkoyhteistyöstä.

1.3 Kytkeä Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelmaan

Hanke toteutti Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelman tavoitteita edistämällä älykästä elintarviketuotantoa, maatalouden uudistumista sekä digitaalisuuden ja TKI-toiminnan vahvistamista. Hanke tuki myös ympäristö- ja ilmastoviisaista viljelyä sekä maaseudun elinvoiman kehittämistä.

2 HANKKEEN PERUSTEIDOT JA TOTEUTUS

2.1 Hankkeen nimi, toteutusaika ja toteuttajaorganisaatio sekä muutokset toteutuksessa

Hankkeen nimi: Peltö Living Lab 1.0 – Uudet teknologiat reaaliaikaisen mitatun datan keräämisessä ja hyödyntämisessä maaperästä ja kasvustoista.

Toteutusaika: 1.1.2025–31.6.2026. Alkuperäinen toteutusaika oli 1.1.-31.12.2025, johon haettiin jatkoaikaa henkilöstömuutosten aiheuttamien viivästysten takia.

Hankkeen toteuttajana toimi Oulun Ammattikorkeakoulu Oy.

2.2 Kohderyhmät ja maantieteellinen kohdealue

Hankkeen keskeisiä kohderyhmiä olivat maatalous- ja maaseutuyrittäjät, viljelijöille palveluja tuottavat yritykset, teknologiayritykset, tutkimus- ja kehittämisorganisaatiot sekä maatalousalan opettajat ja opiskelijat korkeakouluissa ja toisen asteen oppilaitoksissa.

Hanke toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan maakunnan alueella.

2.3 Ohjausryhmä ja sen kokoontuminen

Hankkeelle nimetty ohjausryhmä ohjasi, tuki ja seurasi hankkeen etenemistä sekä edisti hankkeen tavoitteiden saavuttamista. Ohjausryhmä tuki hankkeen johtamista ja tarjosi asiantuntijanäkemyksiä hankkeen sisällölliseen toteutukseen. Ohjausryhmä ei vastannut hankkeen toiminnasta oikeudellisesti, vaan vastuu hankkeen toteutuksesta oli tuensaajalla.

Ohjausryhmän kokoonpano muodostettiin siten, että siinä oli mahdollisimman laaja-alaista asiantuntemusta hankkeen toimintaympäristöstä ja käytännön toiminnasta. Ohjausryhmään pyrittiin nimeämään myös hankkeen kohderyhmän edustaja, ja kokoonpanossa huomioitiin molempien sukupuolten edustus.

Ohjausryhmän kokouksista laadittiin pöytäkirjat. Ohjausryhmän toimintaan liittyvät tarkemmat ehdot määriteltiin hankkeen rahoituspäätöksessä.

Rooli	Nimi	Organisaatio
Yksikön edustaja (ja varajäsen)	Satu Välijärvi varajäsen Aleksi Kärnä	Oamk, TKI, vähähiilisyys ja Digitaaliset ratkaisut
Jäsen (ja varajäsen)	Olli Valtonen varajäsen Tero Avist	ProAgria Oulu
Jäsen (ja varajäsen)	Maarit Liimatainen varajäsen Timo Lötjönen	Luonnonvarakeskus
Jäsen (ja varajäsen)	Essi Saarinen varajäsen Emma Erkkilä	Kpedu
Jäsen (ja varajäsen)	Sami Nivala varajäsen Jaakko Tervakangas	MTK Pohjois-Suomi viljeli- jäedustus
Asiantuntija/Sihtööri	Maarit Partanen 1.1.2025-31.6.2025 Outi Holappa 1.8.2025-31.6.2026	Oamk
Asiantuntija	Raija Suomela	Oamk
Rahoittajan edustaja (valvoja)	Heikki Laukkanen	PPL

Ohjausryhmä kokoontui neljä kertaa hankkeen aikana:

1. 27.2.2025
2. 31.10.2025
3. 22.4.2026
4. 8.6.2026

3 TOIMENPITEET JA TUOTOKSET

Hankepäättöksessä on määritelty viisi keskeistä tuotosta, joiden tarkoituksena oli tukea Pelto Living Lab -ympäristön jatkokehitystä, verkostoitumista ja digitaalisten ratkaisujen hyödyntämistä.

1. Kartoitus Pohjois-Euroopasta löytyvistä digitaalisista pelto- ja maatalousympäristöistä kehitystyön tueksi.
2. Koonti uusimmista teknisistä ratkaisuista, joilla on potentiaalia soveltua peltomaan monitorointiin ja Pelto Living Lab -ympäristön virtualisointiin.
3. Pelto Living Lab -ympäristöstä saatavien mittaustulosten visualisointimahdollisuudet.
4. Sidosryhmätilaisuuksista dokumentoidut ideat Pelto Living Lab -tieto- ja oppimisympäristön kehittämistä varten.
5. Yhteistyöverkoston kartointi ja kuvaus jatkokehitystoimia varten. Sisältää myös verkoston kanssa tehdyn suunnitelman jatkoyhteistyöstä.

Hankkeen tuotokset esitellään luvuissa 3.1–3.5

3.1 Digitaaliset pelto- ja maatalousympäristöt Pohjois-Euroopassa

Hankkeessa toteutettiin kartointi Pohjois-Euroopassa olevista digitaalisista pelto- ja maatalousympäristöistä Pelto Living Lab -kehitystyön tueksi. Kartoituksen tavoitteena oli tunnistaa olemassa olevia digitaalisia alustoja, testialustoja sekä living lab -toimintamalleja, jotka mahdollistavat maatalouden innovaatioiden kehittämisen, pilotoinnin ja käyttöönoton todellisissa maatilaympäristöissä.

Kartointi toimi pohjana hankkeen muulle selvitystyölle ja tarjosi kontekstin teknologioiden, datan hyödyntämisen sekä yhteistyömallien tarkastelulle. Kartointi toteutettiin kirjallisuuskatsauksena sekä tarkastelemalla keskeisiä digitaalisia maatalousalustoja ja -ratkaisuja.

Maatalouden digitalisaatio perustuu yhä vahvemmin useiden datalähteiden yhdistämiseen, kuten maaperäantureihin, säädataan, koneiden tuottamaan dataan sekä paikkatietoon (Ahmed & Shakoory, 2025). Näiden datalähteiden yhdistämisen tavoitteena on tuottaa kokonaisvaltaisempi tilannekuva peltoympäristöstä ja tukea päätöksentekoa esimerkiksi viljelyn optimoinnissa.

Datan yhdistäminen on kuitenkin edelleen yksi älymaatalouden keskeisimmistä haasteista. Eri järjestelmät toimivat erillisissä ekosysteemeissä, joissa data tallentuu valmistajakohtaisille alustoille eikä yhteisiä rajapintoja ole riittävästi käytössä, mikä vaikeuttaa datan yhteiskäyttöä (Urdu ym., 2024).

Yhteentoimivuuden kehittäminen on keskeinen kehityssuunta, jonka tukemiseksi on esitetty avoimien rajapintojen, yhteisten datamallien ja alustapohjaisten ekosysteemien kehittämistä (Verdouw ym., 2021). Käytännössä integraatiot edellyttävät kuitenkin usein erillisiä integraatoratkaisuja sekä datan muokkaamista yhteensopivaan muotoon, mikä lisää järjestelmien monimutkaisuutta ja kustannuksia (Duguma & Bai, 2024). Kehitys suuntautuu kohti integroituneita dataekosysteemejä, joissa IoT-teknologiat, pilvipalvelut ja tekoäly muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. (Ahmed & Shakoory, 2025; Cravero ym., 2026).

Maatalouden digitalisaatio perustuu yhä vahvemmin sensori-, satelliitti- ja dataintegraatioihin, joiden avulla voidaan seurata peltojen tilaa, optimoida viljelytoimenpiteitä ja kehittää päätöksenteon tukijärjestelmiä. Digitaaliset ratkaisut ovat keskeinen osa Euroopan unionin maatalouspolitiikan

tavoitteita, joissa digitalisaation avulla pyritään parantamaan tuotannon tehokkuutta, kestävyyttä sekä resurssien käyttöä (European Commission, 2025).

Kartoituksessa tunnistettiin useita Pohjois-Euroopassa toimivia kehitysympäristöjä ja alustoja, jotka tukevat maatalouden digitalisaatiota ja living lab -toimintaa.

Pohjois-Euroopassa digitaalisia pelto- ja maatalousympäristöjä kehittävät tutkimusorganisaatiot, korkeakoulut, ammattioppilaitokset, yritykset sekä kansainväliset innovaatioverkostot. Näiden toimijoiden muodostama ekosysteemi mahdollistaa uusien teknologioiden kehittämistä ja pilotointia todellisissa viljelyolosuhteissa.

Tutkimusorganisaatioiden digitaaliset maatalousympäristöt

Tutkimuslaitokset ja yliopistot ovat keskeisessä roolissa digitaalisten maatalousympäristöjen kehittämisessä. Ne ylläpitävät tutkimusmaatilojen, testbed-ympäristöjen ja kokeilupeltojen infrastruktuuria, jossa tutkitaan esimerkiksi tarkkuusviljelyä, maatalousrobotiikkaa, sensoriteknologiaa sekä maatalousdatan analytiikkaa. Näissä ympäristöissä kerätään dataa muun muassa satelliittikuvista, sääasemista ja maaperäsensoreista, joita hyödynnetään viljelyjärjestelmien analysoinnissa ja uusien teknologioiden kehittämisessä (European Commission n.d.).

Suomessa Luonnonvarakeskus (Luke) kehittää digitaalisia maatalousratkaisuja esimerkiksi Digital Innovation Hub for Agriculture -toiminnan kautta. Toiminnan tavoitteena on tarjota tutkimus- ja pilotointiympäristöjä uusille maatalousteknologioille, kuten autonomisille työkoneille, dataratkaisuille ja älykkäille viljelyjärjestelmille (Luonnonvarakeskus n.d.). Lisäksi Luke on kehittänyt TwinYields-hankkeessa digitaalisen kaksosen (digital twin) peltoviljelystä, jossa yhdistetään sensori- ja satelliittidataa viljelyjärjestelmien mallintamiseen (Luonnonvarakeskus n.d.).

Yksi tutkimuslähtöisistä digitaalisista maatalousalustoista on Field Observatory, joka yhdistää peltojen sensori-, satelliitti- ja säädataa maatalousympäristöjen analysointiin. Alustan avulla voidaan seurata esimerkiksi kasvuston kehitystä, sadon määrän ennustetta sekä maaperän hiilen sidontaa lähes reaaliaikaisesti (Ilmatieteen laitos 2022; Nevalainen ym. 2022). Field Observatory on osa laajempaa Field Observatory Network (FiON) -tutkimusverkostoa, jossa kehitetään menetelmiä maaperän hiilen seurantaan, hiiliviljelyn vaikutusten arviointiin sekä kestävien viljelykäytäntöjen tutkimukseen (Nevalainen ym., 2022).

Myös muissa Pohjoismaissa on kehitetty tutkimusympäristöjä, jotka tukevat maatalouden digitalisaatiota sekä datan keräämistä, analysointia ja hyödyntämistä. Ruotsissa Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) ja Research Institutes of Sweden (RISE) ylläpitävät testbed-ympäristöjä, joissa tutkitaan muun muassa tarkkuusviljelyä, autonomisia maatalouskoneita, sensoriverkkoja sekä maatalousdatan hyödyntämistä päätöksenteossa. Toiminta perustuu pitkälti living lab- ja testbed-ajatteluun, jossa tutkimusorganisaatiot, yritykset ja loppukäyttäjät kehittävät ja testaavat uusia ratkaisuja todellisissa käyttöympäristöissä.

Tanskassa Aarhus Universityn Foulumin tutkimuskeskus tarjoaa laajan tutkimusinfrastruktuurin maatalousdatan keräämiseen ja analysointiin. Tutkimuksessa hyödynnetään esimerkiksi sensoreita, automaattisia mittausjärjestelmiä sekä digitaalisia seurantamenetelmiä, joiden avulla tuotetaan tietoa viljelyjärjestelmien, eläintuotannon ja ympäristövaikutusten tutkimukseen. Julkisesti saatavilla olevan tiedon perusteella Foulumin toiminta painottuu kuitenkin enemmän tutkimusinfrastruktuurin hyödyntämiseen kuin varsinaisiin living lab -ympäristöihin.

Norjassa Norwegian University of Life Sciences (NMBU) hyödyntää tutkimusmaatilojen infrastruktuuria maatalousdatan keräämiseen sekä kestävien viljelyjärjestelmien tutkimukseen. Julkisista lähteistä löytyy kuitenkin melko vähän tietoa laajoista, digitalisaatioon ja datan visualisointiin

keskittyvistä living lab- tai testbed-ympäristöistä verrattuna Ruotsin ja Tanskan ratkaisuihin. NMBU toiminta näyttäytyy ensisijaisesti tutkimusasemien ja tutkimushankkeiden ympärille rakentuvana tutkimusinfrastruktuurina.

Pohjoismaisten tutkimusympäristöjen yhteisenä tavoitteena on yhdistää tutkimus, teknologian kehittäminen ja käytännön maatalous. Erityisesti reaaliaikaisen datan kerääminen, sensoriteknologiat, automaatio sekä datan analysointi ovat keskeisiä kehityskohteita. Sen sijaan avoimia maatalousdatan visualisointiympäristöjä tai laajasti käytössä olevia digitaalisia alustoja, jotka kokoaisivat tutkimus-, yritys- ja maatiladataa yhteen paikkaan, on julkisten lähteiden perusteella tunnistettavissa vielä melko vähän.

Korkeakoulujen digitaaliset maatalousympäristöt

Yliopistot ja ammattikorkeakoulut ovat merkittäviä toimijoita maatalouden digitalisaation kehittämisessä erityisesti tutkimus- ja kehityshankkeiden kautta. Ne toimivat usein linkkinä tutkimusorganisaatioiden, yritysten ja maatilojen välillä sekä tarjoavat infrastruktuuria uusien teknologioiden pilotointiin.

Suomessa useat ammattikorkeakoulut osallistuvat maatalouden digitaalisten innovaatioympäristöjen kehittämiseen. Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK) kehittää living lab -ympäristöjä regeneratiivisen maatalouden ja digitaalisen tiedonhallinnan tueksi (Häme University of Applied Sciences, 2025). Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK) osallistuu agri-tech-hankkeisiin, joissa yritykset voivat testata teknologioitaan maataloilla yhteistyössä viljelijöiden ja tutkimusorganisaatioiden kanssa (Jamk University of Applied Sciences, 2024). Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK) osallistuu kansainvälisiin living lab -verkostoihin ja maatalousteknologioiden pilotointiin (Seinäjoen ammattikorkeakoulu, 2024), ja Savonia-ammattikorkeakoulussa kehitetään sensoriverkkoihin, IoT-ratkaisuihin ja digitaalisiin kaksosiin perustuvia tarkkuusviljelyn ratkaisuja (Savonia University of Applied Sciences, 2025).

Ammattioppilaitosten oppimis- ja pilotointiympäristöt

Ammattioppilaitokset muodostavat tärkeän osan maatalouden oppimis- ja kehitysympäristöjen verkostoa. Maatalousalan ammatillisessa koulutuksessa hyödynnetään koulutiloja ja oppimisympäristöjä, joissa opiskelijat harjoittelevat kasvinviljelyä, maatalouskoneiden käyttöä ja tuotannon suunnittelua käytännön viljelyolosuhteissa. Monissa oppilaitoksissa hyödynnetään digitaalisia teknologioita, kuten paikkatietojärjestelmiä, automaatiota, GPS-ohjattuja työkoneita sekä digitaalista tuotannonseurantaa. Suomessa tällaisia oppimisympäristöjä ylläpitävät esimerkiksi JEDU, Sedu, Ylä-Savon ammattiopisto sekä Kpedu (JEDU, 2025; Kpedu, 2025; Sedu, 2025; Ylä-Savon ammattiopisto, 2025).

Vaikka oppilaitosten koulutilat on ensisijaisesti suunniteltu opetuskäyttöön, niitä voidaan hyödyntää myös maatalousteknologian pilotointiympäristöinä sekä uusien viljelyratkaisujen demonstraatioalustoina.

Ammattioppilaitokset osallistuvat maatalouden digitalisaatioon, tarkkuusviljelyyn ja ilmastoviisaaseen tuotantoon liittyviin kehittämishankkeisiin, joissa hyödynnetään esimerkiksi sensoriteknologiaa, automaatiota, datanhallintaa ja älymaatalouden ratkaisuja. Hankkeissa yhdistyvät käytännön oppimisympäristöt, yritys yhteistyö sekä uusien teknologioiden pilointi maatilaympäristöissä (Kpedu, 2025; Sedu, 2025; Ylä-Savon ammattiopisto, 2025).

Digitaaliset maatalousalustat

Digitaaliset maatalousalustat ovat keskeinen osa täsmäviljelyä ja dataohjautuvaa maataloutta. Yritykset, kuten OneSoil, Climate FieldView ja John Deere Operations Center, hyödyntävät satelliittidataa, sensoriverkkoja, IoT-ratkaisuja, paikkatietoa sekä koneoppimista viljelypäästösten tukena. Alustojen tavoitteena on parantaa tuotannon tehokkuutta, resurssien käyttöä ja päätöksen-
teon laatua yhdistämällä useista eri lähteistä kerättyä dataa yhteen digitaaliseen ympäristöön.,
(2024).

Digitaalisille maatalousalustoille voidaan tuoda dataa useista eri lähteistä. Tyypillisiä tietolähteitä ovat satelliittikuvat, säädata, maaperä- ja kosteusanturit, IoT-laitteet, dronekuvaukset sekä maatalouskoneiden tuottama data. Lisäksi alustoihin voidaan siirtää esimerkiksi lohkorajoja, satokarttoja, lannoitus- ja kylvötietoja sekä koneiden työdataa rajapintojen ja API-integraatioiden avulla (OneSoil, n.d.). Datan yhdistäminen mahdollistaa peltojen tilan reaaliaikaisen seurannan, kasvuston vaihtelun analysoinnin sekä viljelytoimenpiteiden optimoinnin.

Esimerkiksi OneSoil hyödyntää Sentinel-satelliittidataa, koneoppimista ja paikkatietoa peltojen rajojen tunnistamiseen, kasvuston analysointiin ja viljelypäästösten tukemiseen. Alusta tukee myös integraatioita muiden maatalousjärjestelmien kanssa, mikä mahdollistaa tuotanto- ja konedatojen siirtämisen alustalle (Copernicus Programme, n.d.; OneSoil, n.d.).

Suomessa yksi laajimmin käytetyistä digitaalisista maatalousalustoista on Mtech Digital Solutions Oy:n kehittämä Minun Maatilani -kokonaisuus, jonka keskeinen osa on Wisu-viljelysuunnitteluohjelmisto. Wisu sisältää täsmäviljelyä tukevia Smart Farming -ominaisuuksia, joiden avulla voidaan hyödyntää satelliittikuvien kasvustoindeksejä, paikkatietoa, satokarttoja ja droneaineistoja viljelytoimenpiteiden suunnittelussa. Järjestelmä mahdollistaa myös paikkakohtaisten levitys- ja työohjauskarttojen laatimisen sekä ISOBUS-yhteensopivien tehtävätiedostojen tuottamisen maatalouskoneille (Mtech Digital Solutions, n.d.; Minun Maatilani, n.d.).

Wisulink-lisäosan avulla tehtävätiedostoja voidaan siirtää langattomasti agrirouter-yhteensopiviin traktoreihin ja tehtäväohjaimiin. Agrirouter toimii valmistajariippumattomana tiedonsiirtoalustana, jonka kautta tieto liikkuu maatalaohjelmistojen ja koneiden välillä. Mtech on toteuttanut integraatioita esimerkiksi AGCO-konsernin koneisiin (Valtra, Fendt ja Massey Ferguson) agrirouterin kautta sekä John Deere Operations Centeriin, jolloin viljelysuunnitelmat, lannoituskartat ja toteumatiedot voidaan siirtää suoraan viljelysuunnittelun ja konejärjestelmien välillä (Mtech Digital Solutions, 2021; Mtech Digital Solutions, 2024).

Vaikka digitaaliset maatalousalustat perustuvat useista lähteistä kerätyn datan hyödyntämiseen, käytännössä dataintegraatioihin liittyy edelleen merkittäviä haasteita. Monet maatalouskonevalmistajat käyttävät omia digitaalisia järjestelmiään ja pilvipalveluitaan, minkä vuoksi data ei aina siirry sujuvasti eri alustojen välillä. Yhteensopivuus riippuu usein valmistajien tarjoamista rajapinnoista, tiedostomuodoista ja yhteistyösopimuksista. Tämän seurauksena maataloilla syntyvä data voi jäädä hajautuneeksi useisiin erillisiin järjestelmiin, mikä vaikeuttaa tiedon yhdistämistä ja hyödyntämistä päätöksenteossa. Tutkimuksissa järjestelmien yhteentoimivuuden puute on tunnistettu yhdeksi maatalouden digitalisaation keskeisistä haasteista (Ahoa ym., 2025; Urdu ym., 2024).

Digitaalisten maatalousalustojen kehitys tukee maatalouden digitalisaatiota ja älymaatalouden kehitystä, jossa dataa hyödynnetään yhä enemmän tuotannon suunnittelussa, resurssien optimoinnissa ja kestävien viljelykäytäntöjen kehittämisessä.

Innovaatioverkostot ja yhteistyöekosysteemit

Digitaalisten maatalousympäristöjen kehittämistä tukevat myös kansainväliset innovaatioverkostot, jotka yhdistävät tutkimusorganisaatioita, yrityksiä, viljelijöitä sekä julkisen sektorin toimijoita yhteisiin kehitys- ja innovaatiohankkeisiin. Euroopan tasolla maatalouden digitalisaatiota on edistetty esimerkiksi SmartAgriHubs- ja EIT Food -verkostojen kautta. Verkostojen tavoitteena on nopeuttaa digitaalisten teknologioiden käyttöönottoa maataloudessa, vahvistaa innovaatioekosysteemejä sekä tukea tutkimuksen, yritysten ja maatalojen välistä yhteistyötä (European Commission, n.d.; EIT Food, n.d.).

Innovaatioverkostojen rinnalla maatalouden digitalisaatiota ja kestävien viljelyratkaisujen kehittämistä edistetään yhä useammin Living Lab -toimintamallien avulla. Living Labit tarjoavat käytännön toimintaympäristön, jossa viljelijät, tutkijat, yritykset, oppilaitokset ja muut sidosryhmät voivat yhdessä kehittää, testata ja arvioida uusia teknologioita sekä toimintamalleja todellisissa käyttöolosuhteissa. Kansainvälisissä maa- ja puutarhatalouden Living Lab -ympäristöissä painopisteitä ovat muun muassa agroekologia, uudistava viljely, maaperän kasvukunto, hiilensidonta sekä digitaalisten ratkaisujen hyödyntäminen viljelyn tukena. Taulukossa 1. esitetään esimerkkejä erilaisista maa- ja puutarhatalouden Living Lab -toimintamalleista.

Living Lab	Maa	Keskeinen tavoite	Päätoimijat	Erityispiirre
LLAEBIO (Living Lab Agroecologie en Biologische Landbouw)	Belgia	Agroekologisten ja luomutuotannon innovaatioiden kehittäminen	Viljelijät, tutkimuslaitokset, yritykset, neuvontaorganisaatiot, viranomaiset	Toiminnan teemat määritellään vuosittain osallistavissa työpajoissa, ja kokeiluja toteutetaan yhteisellä demonstraatiotilalla.
INES (Innovation Centre for Sustainable Food Systems)	Saksa	Käytännön maataloushaasteiden ratkaiseminen ja kestävien ruokajärjestelmien kehittäminen	Viljelijät, opiskelijat, tutkijat, yritykset ja asiantuntijaverkostot	Yhdistää tutkimuksen, koulutuksen ja käytännön kehittämistyön osallistavan tilatutkimuksen avulla.
Carbon Action	Suomi	Uudistavan viljelyn ja hiilensidonnän edistäminen	Viljelijät, tutkijat, opiskelijat, yritykset ja julkinen sektori	Laaja maatilaverkosto, jossa tutkitaan maaperän hiilensidontaa ja maan kasvukuntoa käytännön olosuhteissa.
Regenerative Alberta Living Lab (RALL)	Kanada	Regeneratiivisten viljelymenetelmien kehittäminen	Viljelijät, tutkijat, viranomaiset ja neuvontaorganisaatiot	Pitkäjänteinen yhteistyöverkosto, jossa kehitetään alueellisiin olosuhteisiin soveltuvia ratkaisuja.
Innovative Farmers	Iso-Britannia	Viljelijälähtöinen tutkimus ja innovaatioiden käyttöönotto	Viljelijät, tutkijat, neuvontaorganisaatiot	Viljelijät osallistuvat aktiivisesti tutkimuskysymysten määrittelyyn, kokeiden toteutukseen ja tulosten arviointiin.
ÖMKi On-Farm Network	Unkari	Luomu- ja agroekologisten viljelymenetelmien kehittäminen	Viljelijät, tutkijat, asiantuntijat, kansalaisjärjestöt ja yritykset	Osallistava tilatutkimusverkosto, jossa kehitetään mm. maan kasvukuntoa, täsmäviljelystä ja kasvinsuojelua.
Bio Danubius	Keskilä-Eurooppa	Luomutuotannon kehittäminen ja tiedonvaihto	Viljelijät, tutkijat, neuvonta ja koulutusorganisaatiot	Kansainvälinen verkosto, joka vahvistaa luomutuotannon tutkimus- ja kehittämissyhteistyötä.

Taulukko 1. Esimerkkejä maa- ja puutarhatalouden Living Lab -ympäristöistä

Tarkastelluista esimerkeistä voidaan tunnistaa useita yhteisiä piirteitä. Living Lab -toiminta perustuu vahvaan yhteistyöhön eri toimijoiden välillä, käytännön olosuhteissa toteutettaviin kokeiluihin sekä tutkimustiedon ja käytännön kokemusten yhdistämiseen. Useissa esimerkeissä korostuvat myös maaperän kasvukunnon parantaminen, resurssitehokkuus sekä datan hyödyntäminen päätöksenteon tukena. Näitä toimintaperiaatteita voidaan soveltaa myös Pelto Living Lab -ympäristön kehittämisessä.

Johtopäätökset Pohjois-Euroopan digitaalisista pelto- ja maatalousympäristöistä

Kartoitus osoittaa, että digitaalisten peltoympäristöjen kehittäminen perustuu laajaan monitoimijaiseen ekosysteemiin, jossa tutkimusorganisaatiot, oppilaitokset, yritykset ja viljelijät toimivat yhteistyössä.

Tutkimusorganisaatiot tuottavat uutta tietoa ja kehittävät uusia teknologioita, oppilaitokset tarjoavat oppimis- ja pilotointiympäristöjä, yritykset kehittävät digitaalisia ratkaisuja ja palveluja, ja maatilat ja tutkimuslaitosten maatilat toimivat käytännön testialueina uusille innovaatioille. Tällainen yhteistyömalli mahdollistaa uusien teknologioiden kehittämisen ja pilotoinnin käytännön viljelyolosuhteissa sekä tukee maatalouden digitalisaatiota.

Julkisesti saatavilla olevan tiedon perusteella eri toimijoiden digitaalisten peltoympäristöjen kokonaisuuteen on kuitenkin vaikea päästä käsiksi. Digitaalisista ratkaisuista ei aina ole selkeästi kuvattavissa, mitä muuttujia ja ilmiöitä tarkalleen ottaen mitataan, miten mittaus- ja tietojärjestelmät toimivat käytännössä tai miten eri datalähteet integroituvat toisiinsa. Myös järjestelmien kuvaukset jäävät usein suhteellisen yleiselle tasolle, jolloin niiden tekninen toteutus, toimintalogiikka ja käytännön hyödynnettävyys eivät avaudu konkreettisesti. Lisäksi tiedon virtualisointi ja visualisointi jää useimmiten epäselväksi, mikä vaikeuttaa ratkaisujen vertailua, skaalautuvuutta ja laajempaa hyödyntämistä.

Hankkeessa tehty kartoitus antoi vaikutelman laajasta mahdollisuuksien kentästä, jossa erilaisia digitaalisia ratkaisuja, datalähteitä ja toimintamalleja olisi mahdollista yhdistää entistä kokonaisvaltaisemmiksi ympäristöiksi. Käytännössä tällainen integraatio vaatii kuitenkin huomattavaa teknistä, taloudellista ja organisatorista panostusta, eikä yksittäisillä toimijoilla useinkaan ole käytössään kaikkia niitä resursseja, joilla eri digitaaliset maailmat saataisiin aidosti yhdistettyä toimivaksi kokonaisuudeksi. Siksi eteneminen perustuu usein vaiheittaiseen kehittämiseen ja verkostomaiseen yhteistyöhön.

3.2 Teknologioita peltomaan monitorointiin ja Peltto Living Lab -ympäristön virtualisointiin

Maatalouden digitalisaatio on viime vuosina kehittynyt nopeasti, ja uusia teknologioita hyödynnetään yhä laajemmin peltomaan tilan monitoroinnissa sekä viljelyjärjestelmien optimoinnissa. Euroopan komission mukaan digitaaliset teknologiat, kuten sensoriverkot, satelliittipohjainen kaukokartoitus sekä data-analytiikka, ovat keskeisiä työkaluja kestäväen ja resurssitehokkaan maatalouden kehittämisessä (European Commission, 2024). Näiden teknologioiden avulla voidaan kerätä tarkkaa tietoa maaperän tilasta, kasvuston kehityksestä sekä ympäristöolosuhteista.

Täsmäviljely (precision agriculture) perustuu paikkatietoon, sensoridataan ja analytiikkaan, joiden avulla viljelytoimenpiteitä voidaan kohdentaa tarkasti peltolohkojen sisällä. Kaukokartoitukseen perustuvat analyysimenetelmät mahdollistavat esimerkiksi kasvuston stressin, ravinnepuutosten ja biomassan vaihtelun havaitsemisen suurilla viljelyalueilla.

Samanaikaisesti maataloustutkimuksessa on kehitetty digitaalisen kaksosen (digital twin) kaltaisia ratkaisuja, joissa fyysisen viljelyjärjestelmän tilaa voidaan mallintaa digitaalisesti ja analysoida jatkuvasti päivittyvän sensoridatan avulla.

Tässä kappaleessa tarkastellaan keskeisiä teknologisia ratkaisuja peltomaan monitorointiin sekä niiden soveltuvuutta Peltto Living Lab -ympäristön virtualisointiin. Kartoituksessa tarkasteltiin erityisesti ratkaisujen soveltuvuutta pohjoisiin olosuhteisiin ja mahdollisuuksia datan visualisointiin ja hyödyntämiseen opetuksessa, tutkimuksessa sekä maatalousyrittäjien päätöksenteon tukena.

3.2.1 Maaperäsensarit ja IoT-teknologiat

Maaperäsensarit ja esineiden internetiin (Internet of Things, IoT) perustuvat mittausjärjestelmät ovat keskeisiä teknologioita nykyaikaisessa täsmäviljelyssä. IoT-järjestelmillä tarkoitetaan verkotuneita laitteita, jotka keräävät, siirtävät ja käsittelevät tietoa automaattisesti. Maataloudessa tällaisia laitteita ovat esimerkiksi maaperän kosteutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, pH-arvoa ja ravinnepitoisuuksia mittaavat sensarit. Sensorien tuottama tieto voidaan siirtää langattomasti pilvipalveluihin, joissa dataa analysoidaan ja hyödynnetään viljelypäästösten tukena (Duguma ym., 2024; Sheikh ym., 2025).

IoT-pohjaiset sensoriverkot mahdollistavat maaperän ja kasvuolosuhteiden jatkuvan seurannan lähes reaaliaikaisesti. Erityisesti maaperän kosteuden mittaus on yksi yleisimmistä sovelluskohteista. Useisiin syvyyyksiin sijoitetut sensarit tarjoavat tietoa veden liikkeistä maaprofiilissa ja kasvien juuriston käytettävissä olevasta vesimäärästä. Reaaliaikainen sensoriseuranta tukee resurssien tehokkaampaa käyttöä ja mahdollistaa tarkemman viljelyn ohjauksen kuin perinteisiin havaintoihin perustuva seuranta (Sheikh ym., 2025; Sharma, 2024).

Sensoriverkkojen tuottaman tiedon arvo kasvaa, kun sitä yhdistetään muihin tietolähteisiin, kuten sääasemien mittauksiin, satelliittikuviin ja dronien keräämään aineistoon. Eri lähteistä saatavan tiedon yhdistäminen mahdollistaa peltomaan sisäisen vaihtelun tarkemman tunnistamisen sekä kastelun, lannoituksen ja muiden viljelytoimenpiteiden kohdentamisen tarpeen mukaan. Datayhdistäminen ja analysointi ovat keskeisiä digitaalisen maatalouden tavoitteita, joiden avulla pyritään parantamaan tuotannon tehokkuutta ja kestävyyttä (FAO, 2025; ITU & FAO, 2025).

3.2.2 Kaukokartoitus ja Copernicus-satelliittidata

Satelliittipohjainen kaukokartoitus on keskeinen teknologia laajojen viljelyalueiden monitoroinnissa. Kaukokartoituksessa maanpinnan ominaisuuksia tarkastellaan etäältä satelliittien, dronien tai lentokoneiden avulla kerättyjen kuvien ja mittausten perusteella. Maataloudessa kaukokartoituksen avulla voidaan analysoida esimerkiksi kasvuston kehitystä, biomassaa, maaperän kosteutta sekä kasvuston stressiä. Euroopan Copernicus-ohjelma tuottaa avointa satelliittidataa, jota käytetään laajasti maatalouden seurannassa ja ympäristömonitoroinnissa (European Space Agency, 2024).

Copernicus-ohjelman Sentinel-satelliittisarja on yksi tärkeimmistä satelliittidatan lähteistä maatalouden monitoroinnissa. Erityisesti Sentinel-2-satelliitit tuottavat korkean spatiaalisen resoluution multispektrikuvia, joiden avulla voidaan tarkastella kasvillisuuden ominaisuuksia useilla eri aallonpituuksilla. Multispektrikuvien avulla voidaan laskea kasvillisuusindeksejä, kuten NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), joka kuvaa kasvillisuuden vihreyttä ja fotosynteesistä aktiivisuutta. NDVI-indeksiä käytetään laajasti kasvuston kunnon arvioinnissa sekä kasvien stressin ja ravinnepuutosten tunnistamisessa (European Environment Agency, 2023).

Satelliittipohjainen kaukokartoitus mahdollistaa myös viljelylohkojen sisäisen vaihtelun tarkastelun. Koska Sentinel-2-satelliittien spatiaalinen resoluutio on parhaimmillaan noin 10 metriä, voidaan niiden avulla tunnistaa pienialaisia eroja kasvuston kehityksessä saman peltolohkon sisällä. Tämä tieto on keskeistä täsmäviljelyn sovelluksissa, joissa viljelytoimenpiteet voidaan kohdentaa tarkemmin peltolohkon eri alueille.

Kaukokartoitus tarjoaa myös mahdollisuuden seurata viljelyalueiden kehitystä ajallisesti. Sentinel-satelliittien toistuva kuvaus mahdollistaa kasvuston kehityksen seuraamisen kasvukauden aikana. Aikasarjoihin perustuva analyysi voi auttaa tunnistamaan esimerkiksi kasvuston kehityksen poikkeamia, kuivuuden vaikutuksia sekä sadon muodostumisen kannalta kriittisiä vaihteita. Tällainen jatkuva monitorointi tukee viljelijöiden päätöksentekoa ja mahdollistaa nopeamman reagoinnin viljelyolosuhteiden muutoksiin (Khanal et al., 2020; Sishodia et al., 2020).

Satelliittidatan hyödyntäminen on erityisen tehokasta silloin, kun sitä yhdistetään muihin datalähteisiin. Paikalliset maaperäsensorit, sääasemat sekä dronimittaukset voivat täydentää satelliittihavaintoja tarjoamalla tarkempaa tietoa paikallisista olosuhteista. Tutkimukset osoittavat, että satelliittidatan ja kenttämittausten yhdistäminen parantaa viljelyolosuhteiden analyysiä ja mahdollistaa tarkemman päätöksenteon täsmäviljelyn sovelluksissa (Bogena et al., 2023; Zhang et al., 2024).

Lisäksi Copernicus-ohjelma tarjoaa useita maatalouteen liittyviä palveluja, kuten Copernicus Land Monitoring Service -palvelun, joka tuottaa tietoa maanpeitteestä, kasvillisuudesta ja maankäytöstä Euroopassa. Näitä tietoaineistoja voidaan hyödyntää esimerkiksi viljelyalueiden analysoinnissa, maatalousympäristöjen muutosten seurannassa sekä maatalouspolitiikan tukena (European Commission, 2024).

Kaukokartoituksen merkitys maatalouden digitalisaatiossa kasvaa jatkuvasti. Satelliittidatan avoin saatavuus sekä analyysimenetelmien kehittyminen mahdollistavat yhä tarkemman viljely-ympäristöjen monitoroinnin. Tulevaisuudessa satelliittidataa yhdistetään entistä enemmän tekoälyyn, koneoppimiseen sekä IoT-sensoriverkkoihin, mikä voi parantaa viljelyjärjestelmien analysointia ja tukea kestävästä maatalouden kehittämisestä (Ahmed & Shakoor, 2025; Sheikh et al., 2025).

3.2.3 Droonit ja UAV-teknologia peltomaan monitoroinnissa

Miehittämättömät ilma-alukset (UAV, Unmanned Aerial Vehicle), eli droonit, ovat nousseet merkittäväksi työkaluksi maatalouden monitoroinnissa ja täsmäviljelyssä. Droonien avulla voidaan tuottaa erittäin korkearesoluutioista kuvadataa viljelyalueista ja tarkastella kasvuston kehitystä sekä peltolohkojen sisäistä vaihtelua huomattavasti tarkemmin kuin pelkän satelliittidatan avulla. Droonipohjainen kaukokartoitus täydentää satelliittihavaintoja erityisesti silloin, kun tarvitaan tarkkaa paikallista tietoa kasvuston kunnosta, kasvun vaihtelusta tai mahdollisista ongelma-alueista peltolohkon sisällä (Sishodia ym., 2020).

Droonien tuottaman datan laatu riippuu käytettävistä sensoreista. RGB-kamerat tuottavat visuaalista kuvadataa, jonka avulla voidaan arvioida kasvuston väriä, peittävyyttä ja kasvun tasaisuutta. Multispektrikamerat mittaavat kasvuston heijastamaa säteilyä useilla eri aallonpituuksilla, mikä mahdollistaa kasvillisuusindeksien, kuten NDVI, laskennan. Hyperspektrikamerat puolestaan tuottavat tietoa kymmeniltä tai jopa sadoilta aallonpituuskaistoilta, minkä avulla voidaan havaita kasvien fysiologisia muutoksia, ravinnepuutoksia ja kasvitautilien aiheuttamia stressioireita jo varhaisessa vaiheessa (Sishodia ym., 2020).

Droonit voidaan varustaa myös lämpökameroilla, joiden avulla voidaan tarkastella kasvuston lämpötilavaihtelua. Kasvien lämpötila on yhteydessä vedenkäyttöön ja haihduntaan, minkä vuoksi lämpökuvauksen avulla voidaan tunnistaa vedenpuutteesta aiheutuvaa stressiä sekä arvioida kastelun tarvetta (Khanal ym., 2020).

Kerätty kuvadata käsitellään yleensä paikkatieto- ja kuvankäsittelyohjelmistoissa. Yksittäisistä kuvista muodostetaan georeferoitu ortokuva, jonka avulla voidaan tarkastella koko viljelyaluetta yhtenäisenä karttana. Samalla voidaan tuottaa digitaalisia korkeusmalleja ja kasvuston korkeusmalleja, joiden avulla voidaan arvioida esimerkiksi biomassan vaihtelua, pellon pinnanmuotoja sekä veden kertymiselle alttiita alueita (Sishodia ym., 2020).

Kasvuston analysoinnissa hyödynnetään usein kasvillisuusindeksejä, jotka kuvaavat kasvien elinvoimaisuutta ja fotosynteesistä aktiivisuutta. Esimerkiksi NDVI-indeksi perustuu lähi-infrapuna- ja punaisen valon heijastuksen suhteeseen. Poikkeavat indeksiarvot voivat viitata kasvuston stressiin, ravinnepuutoksiin, kasvitauteihin tai epätasaiseen kasvuun (Sishodia ym., 2020).

Viime vuosina droonien tuottaman kuvadatan analysoinnissa on hyödynnetty yhä enemmän tekoälyä ja koneoppimista. Koneoppimismallien avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi kasvitautilien oireita, rikkakasveja sekä kasvuston biomassan vaihtelua suurilta viljelyalueilta automaattisesti. Tämä nopeuttaa tiedon käsittelyä ja tukee viljelypäästösten tekemistä (Liakos ym., 2023).

Droonien tuottamaa dataa hyödynnetään harvoin yksinään. Sen sijaan kuvadata yhdistetään usein maaperäsensoreiden mittauksiin, satelliittihavaintoihin, sääasemadataan sekä historiallisiin viljelytietoihin. Useiden tietolähteiden yhdistäminen mahdollistaa tarkemman analyysin viljelyolosuhteista ja tukee täsmäviljelyn sovelluksia sekä digitaalisten viljelyjärjestelmien kehittämistä (Verdouw ym., 2021).

Drooniteknologian merkitys maatalouden monitoroinnissa kasvaa edelleen sensoriteknologian, analyysimenetelmien ja tekoälyratkaisujen kehittyessä. Tulevaisuudessa droonien tuottama data integroidaan entistä tiiviimmin muihin tietolähteisiin sekä digitaalisen kaksosen kaltaisiin analytiikkaympäristöihin, mikä tukee datalähtöistä päätöksentekoa ja kestäväen maatalouden kehittämistä (Verdouw ym., 2021).

3.2.4 Paikkatietoanalyysi ja dataintegraatio

Paikkatietojärjestelmät (GIS, Geographic Information Systems) ovat keskeinen osa täsmäviljelyä, koska niiden avulla voidaan yhdistää eri datalähteistä kerättyä tietoa yhteen analyysiympäristöön ja tarkastella viljelyalueiden spatiaalista vaihtelua. GIS-järjestelmien avulla voidaan analysoida peltolohkojen sisäisiä eroja esimerkiksi maaperän ravinnepitoisuuksissa, kosteudessa, kasvuston biomassassa ja kasvun kehityksessä. Euroopan komission mukaan paikkatietoon perustuvat analyysimenetelmät ovat keskeinen työkalu maatalouden digitalisaatiossa, koska ne mahdollistavat datalähtöisen päätöksenteon ja resurssien tehokkaamman kohdentamisen viljelyssä (European Commission, 2024).

Paikkatietoanalyysi mahdollistaa myös viljelyalueiden tarkemman kartoituksen ja peltolohkojen sisäisen vaihtelun tunnistamisen. Täsmäviljelyn näkökulmasta tämä on tärkeää, sillä peltolohkon eri osissa maaperän ominaisuudet voivat vaihdella merkittävästi esimerkiksi maaperän rakenteen, kosteuden tai ravinnepitoisuuksien osalta. GIS-pohjaisen analyysin avulla voidaan tuottaa karttoja, jotka kuvaavat näitä vaihteluita ja joita voidaan käyttää viljelytoimenpiteiden, kuten lannoituksen, kastelun tai kasvinsuojelun suunnittelussa.

Datalähteiden integrointi on keskeinen osa paikkatietopohjaista analyysiä. Modernit maatalouden tietojärjestelmät yhdistävät usein useita eri datalähteitä, kuten satelliittikuvia, maaperäsenso-rien mittauksia, sääasemadataa sekä historiallisia viljelytietoja. Kun nämä datalähteet yhdistetään samaan analyysiympäristöön, voidaan muodostaa kokonaisvaltainen kuva viljelyolosuhteista ja tunnistaa tekijöitä, jotka vaikuttavat kasvien kasvuun ja sadon muodostumiseen (Verdouw ym., 2021).

Dataintegraatio mahdollistaa myös niin sanottujen päätöksenteon tukijärjestelmien (Decision Support Systems, DSS) kehittämisen maataloudessa. Tällaiset järjestelmät analysoivat eri datalähteistä kerättyä tietoa ja tuottavat viljelijöille suosituksia esimerkiksi kastelun ajoittamisesta, lannoituksen optimoinnista tai kasvuston stressin tunnistamisesta. Tutkimusten mukaan dataintegraatioon perustuvat DSS-järjestelmät voivat parantaa viljelyn resurssitehokkuutta ja vähentää ympäristökuormitusta (Verdouw ym., 2021).

Viime vuosina paikkatietoanalyysiä on täydennetty koneoppimiseen ja tekoälyyn perustuvilla analyysimenetelmillä. Koneoppimismallit voivat käsitellä suuria datamääriä ja tunnistaa viljelyolosuhteisiin liittyviä monimutkaisia riippuvuussuhteita, joita perinteisillä analyysimenetelmillä voi olla vaikea havaita. Esimerkiksi koneoppimista voidaan käyttää satelliittikuvien analysointiin, sadon ennustamiseen sekä kasvien stressitekijöiden tunnistamiseen (Liakos et al., 2023).

Lisäksi paikkatietoon perustuvat analyysimenetelmät mahdollistavat viljely-ympäristöjen ajallisen seurannan. Kun eri ajankohtina kerättyjä satelliittikuvia ja sensorimittauksia analysoidaan yhdessä, voidaan tarkastella viljelyolosuhteiden muutoksia kasvukauden aikana. Tällainen aikasarja-analyysi auttaa tunnistamaan esimerkiksi kuivuuden vaikutuksia, kasvuston kehityksen poikkeamia tai ravinnepuutoksia, jotka voivat vaikuttaa sadon muodostumiseen (Sishodia ym., 2020).

Paikkatietoanalyysi ja dataintegraatio ovat myös keskeisiä komponentteja digitaalisen kaksosen (digital twin) kehittämisessä maataloudessa. Digitaalinen kaksonen perustuu useiden datalähteiden yhdistämiseen yhdeksi digitaalseksi malliksi, joka kuvaa fyysisen viljelyjärjestelmän tilaa. GIS-pohjainen analyysi mahdollistaa näiden datalähteiden yhdistämisen ja visualisoinnin, mikä tukee viljelyjärjestelmien simulointia ja optimointia (Verdouw ym., 2021).

Paikkatietoon, antureihin ja dataintegraatioon perustuvat digitaaliset teknologiat mahdollistavat viljelyolosuhteiden seurannan, resurssien käytön optimoinnin sekä kestäväen maatalouden kehittämisen. Täsmäviljely hyödyntää näitä teknologioita tuotannon tehokkuuden ja ympäristövaikutusten hallinnan parantamiseksi (European Commission, 2024).

3.2.5 Peltomaan monitorointitekniikoiden kokonaisjärjestelmä ja virtualisointi

Moderni peltomaan monitorointi perustuu useiden tekniikoiden yhdistämiseen yhdeksi integroiduksi tietojärjestelmäksi. Tavoitteena on muodostaa kattava tilannekuva viljelyolosuhteista hyödyntämällä useista lähteistä kerättyä dataa. Keskeisiä datalähteitä ovat satelliittipohjainen kaukokartoitus, maaperä- ja sääsensorit sekä dronien tuottama kuvaruudut. Näiden tekniikoiden yhdistäminen mahdollistaa viljelyolosuhteiden seurannan aiempaa tarkemmin ja tukee datalähteistä päätöksentekoa maataloudessa (European Commission, 2024).

Satelliittidata tarjoaa laajamittaisen näkymän viljelyalueisiin ja mahdollistaa kasvuston kehityksen seurannan koko kasvukauden ajan. Euroopan Copernicus-ohjelman Sentinel-satelliitit tuottavat multispektrikuvaruudut, joiden avulla voidaan analysoida esimerkiksi kasvillisuusindeksejä, biomassaa sekä kasvuston stressiä (European Space Agency, 2024). Satelliittihavainnot täydentävät IoT-pohjaiset sensoriverkot, jotka mittaavat paikallisia olosuhteita, kuten maaperän kosteutta, lämpötilaa ja sähkönjohtavuutta. Sensoridatan avulla voidaan tarkastella maaperän tilaa ja kasvien käytettävissä olevia resursseja huomattavasti tarkemmin kuin pelkkien kaukokartoitusmenetelmien avulla (Bogena ym., 2023).

Dronit täydentävät satelliitti- ja sensoridataa tarjoamalla erittäin korkearesoluutioista kuvaruudut viljelylohkoista. Multispektrikuvaruudun avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi kasvuston stressiä, ravinnepuutoksia ja kasvitautia sekä analysoida peltolohkojen sisäistä vaihtelua tarkasti (Zhang ym., 2024). Kun eri datalähteistä tuotettu tieto yhdistetään paikkatietojärjestelmiin (GIS), voidaan aineistoja tarkastella samassa koordinaatistossa ja muodostaa yhtenäinen kuva viljelyympäristön tilasta. Paikkatietoanalyysi tukee muun muassa täsmäviljelyn sovelluksia, kuten muuttuvan lannoituksen ja kastelun suunnittelua (Zhang ym., 2024).

Dataintegraation jälkeen tietoa voidaan hyödyntää analytiikassa ja mallinnuksessa. Koneoppimisen, tilastollisten analyysimenetelmien ja simulointimallien avulla voidaan tunnistaa viljelyolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä, ennakoita muutoksia sekä tuottaa tietoa viljelypäättösten tueksi (Liakos ym., 2018). Samalla monilähteisen datan visualisointi mahdollistaa ilmiöiden havainnollisen tarkastelun ja helpottaa tiedon hyödyntämistä opetuksessa, tutkimuksessa ja kehittämistoiminnassa.

Peltomaan monitoroinnin näkökulmasta virtualisointi tarkoittaa fyysisestä viljelyjärjestelmästä/-ympäristöstä muodostettavaa digitaalista vastinetta, jossa eri mittaus- ja havaintolähteistä kerätty data yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Edistyneimmissä ratkaisuissa tämä toteutetaan digitaalisen kaksosen (digital twin) avulla. Digitaalinen kaksoinen on reaaliaikaisesti päivittyvä digitaalinen malli fyysisestä viljelyjärjestelmästä, joka yhdistää sensoridatan, satelliittihavainnot ja dronimittaukset yhteiseksi analyysi-, visualisointi- ja kehittämisalustaksi. Digitaalisen kaksosen avulla voidaan tarkastella viljely-ympäristön tilaa, simuloida viljelytoimenpiteiden vaikutuksia sekä arvioida vaihtoehtoisia kehittämisratkaisuja ilman välittömiä toimenpiteitä fyysisessä ympäristössä (Verdouw ym., 2021).

Pelto Living Lab -ympäristön näkökulmasta virtualisoinnin merkitys liittyy erityisesti eri tietolähteistä tuotetun datan integrointiin, visualisointiin ja hyödyntämiseen. Virtuaalinen toimintaympäristö voi tukea ilmiöpohjaista oppimista, tutkimusta ja kehittämistoimintaa tarjoamalla käyttäjille

mahdollisuuden tarkastella viljelyjärjestelmässä tapahtuvia muutoksia sekä ymmärtää eri tekijöiden välisiä yhteyksiä. Tällöin virtualisointi toimii siltana fyysisen peltoympäristön ja digitaalisen oppimis- ja kehittämisympäristön välillä.

Johtopäätökset teknologioista peltomaan monitorointiin ja virtualisointiin

Edellä kuvatusista teknologisista kehityksestä huolimatta täysin toimivaa, laajasti käytönotettua ja saumattomasti integroitua peltomaan monitoroinnin kokonaisjärjestelmää ei toistaiseksi ole olemassa. Käytännössä sensoriverkot, satelliitti- ja droonidata, paikkatietoanalyysi ja päätöksenteon tukijärjestelmät toimivat usein erillisinä tai vain osittain yhteen sovitettuina ratkaisuuina. Useissa tutkimuksissa on todettu, että erityisesti yhteen toimivuuden puute, hajanaiset kokonaisarkkitehtuurit sekä vastuut operoinnista ja ylläpidosta muodostavat merkittäviä esteitä digitaalisten viljelyjärjestelmien laajamittaiselle käytönotolle (Verdouw ym., 2021; Urdu ym., 2024). Näiden haasteiden ratkaiseminen on keskeinen edellytys myös Pelto Living Lab -ympäristön toteuttamiselle.

Pelto Living Lab -ympäristössä virtualisointi tarkoittaa eri tietolähteistä tuotetun datan yhdistämistä digitaalseksi kokonaisuudeksi, joka mahdollistaa viljely-ympäristön havainnollisen tarkastelun, analysoinnin ja kehittämisen. Virtuaalinen toimintaympäristö voi tukea ilmiöpohjaista oppimista, tutkimusta ja kehittämistoimintaa tarjoamalla käyttäjille mahdollisuuden tarkastella viljelyjärjestelmässä tapahtuvia muutoksia sekä ymmärtää eri tekijöiden välisiä yhteyksiä. Tällöin virtualisointi toimii siltana fyysisen peltoympäristön ja digitaalisen oppimis- ja kehittämis-ympäristön välillä.

3.3 Pelto Living Lab -mittaustulosten visualisointimahdollisuudet

Pelto Living Lab -ympäristöissä kerätään tyypillisesti suuria määriä dataa erilaisista mittausjärjestelmistä, kuten maaperäensensoreista, sääasemista, drooneista ja satelliittipohjaisista kaukokartoitusjärjestelmistä. Näiden datalähteiden tuottaman tiedon tehokas hyödyntäminen edellyttää selkeitä visualisointimenetelmiä, joiden avulla mittaustulokset voidaan esittää helposti tulkittavassa muodossa. Visualisointi tukee datan analysointia, viljelyolosuhteiden seurantaan sekä päätöksenteon tueksi tarvittavan tiedon muodostamista maatalouden digitaalisissa ympäristöissä (European Commission 2024).

Yksi keskeinen visualisointimenetelmä maatalouden digitaalisissa järjestelmissä on paikkatietopohjainen karttavisualisointi. Paikkatietojärjestelmien (GIS) avulla voidaan yhdistää sensoridataa, satelliittikuvia sekä droonimittauksia samaan karttanäkymään. Karttavisualisoinnin avulla voidaan tarkastella esimerkiksi maaperän kosteuden vaihtelua, kasvuston biomassaa tai kasvillisuusindeksejä peltolohkojen eri osissa. Tällaiset visualisointiratkaisut ovat keskeisiä täsmäviljelyn sovelluksissa, koska niiden avulla voidaan tunnistaa peltolohkojen sisäistä vaihtelua ja kohdentaa viljelytoimenpiteitä tarkemmin.

Toinen tärkeä visualisointimenetelmä on aikasarjavisualisointi, jossa mittausdataa tarkastellaan ajan funktiona. Esimerkiksi maaperän kosteuden, lämpötilan tai sääolosuhteiden muutoksia voidaan esittää graafisesti ajan suhteen. Aikasarjavisualisointi tukee viljelyolosuhteiden muutosten seurantaan kasvukauden aikana sekä arvioimaan esimerkiksi kastelun tai sademäärän vaikutuksia maaperän kosteuteen. Tällaiset visualisoinnit voivat tukea viljelypäätöksiä ja parantaa viljelyjärjestelmien resurssitehokkuutta (Bogena ym. 2023).

Living Lab -ympäristöissä visualisointia voidaan toteuttaa myös interaktiivisten käyttöliittymien avulla. Verkkopohjaiset analytiikka-alustat mahdollistavat erilaisten datalähteiden tarkastelun samassa käyttöliittymässä, jossa käyttäjä voi tarkastella esimerkiksi karttoja, mittausgraafeja ja analyysituloksia rinnakkain. Interaktiiviset visualisointiratkaisut helpottavat datan tulkintaa ja tukevat eri käyttäjäryhmien, kuten tutkijoiden, opiskelijoiden, viljelijöiden ja yritysten, osallistumista datan analysointiin ja yhteiskehittämiseen (Schroeder ym., 2024).

Edistyneemmissä ratkaisuissa visualisointi voidaan yhdistää digitaalisen kaksosen (digital twin) kaltaisiin mallinnusratkaisuihin. Digitaalinen kaksonen tarkoittaa fyysisen viljely-ympäristön digitaalista mallia, jossa voidaan yhdistää sensoridataa, satelliittihavaintoja ja droonimittauksia samaan analyysiympäristöön. Tällaisissa ratkaisuissa mittaustuloksia voidaan visualisoida esimerkiksi kolmiulotteisina malleina tai karttanäkymiin perustuvina simulaatioina, joiden avulla voidaan tarkastella viljelyjärjestelmien tilaa sekä arvioida eri viljelytoimenpiteiden vaikutuksia (Verdouw ym., 2021).

Visualisointi toimii Peltto Living Lab -ympäristössä yhteisenä rajapintana, joka yhdistää mittausdataa, analyysin ja eri käyttäjäryhmien toiminnan. Selkeät visualisointiratkaisut tukevat opetusta, tutkimusta, teknologioiden pilotointia sekä käytännön viljelytoimintaa. Visualisoinnin avulla mittaustiedon voidaan esittää helposti tulkittavassa muodossa, mikä tukee tiedon hyödyntämistä ja uusien digitaalisten maatalousratkaisujen kehittämistä käytännön toimintaympäristöissä.

Johtopäätökset mittaustulosten visualisointimahdollisuuksista

Visualisointiratkaisuihin liittyy myös haasteita. Peltto Living Lab -ympäristöissä dataa kerätään useista eri lähteistä, jolloin datan määrä, erilaiset tiedostomuodot ja järjestelmien yhteensopivuus vaikeuttavat visualisoinnin toteuttamista. Lisäksi **eri käyttäjäryhmillä on erilaiset tarpeet tiedon esittämiseksi, mikä asettaa vaatimuksia käyttöliittymien selkeydelle ja käytettävyydelle. Reaaliaikaisen datan käsittely, visualisointien päivittäminen ja suurten datamäärien hallinta lisäävät järjestelmien teknistä monimutkaisuutta sekä ylläpitokustannuksia.**

Oppimisympäristön näkökulmasta visualisointien keskeinen tehtävä on tehdä näkyväksi peltokasvin kasvun sekä maaperä- ja säätekijöiden väliset yhteydet. Opiskelijalle pelkkä mittausdata ei sellaisenaan tuota ymmärrystä, vaan tiedon tulee havainnollistaa, miten esimerkiksi maan kosteus, lämpötila, ravinteiden saatavuus, sademäärä, lämpösumma ja muut ympäristötekijät vaikuttavat kasvin kasvuun ja sadon muodostumiseen kasvukauden eri vaiheissa. Visualisointien avulla voidaan yhdistää mittausdataa, kuva-aineistoja ja kasvuston kehityksen ilmiöpohjaiseksi kokonaisuudeksi, joka tukee oppimista, tiedon tulkintaa ja syy-seuraussuhteiden ymmärtämistä.

Tutkimuksen näkökulmasta visualisointien tehtävänä on mahdollistaa eri datalähteiden yhdistäminen, analysointi ja ilmiöiden tarkastelu pitkällä aikavälillä. Visualisointien avulla voidaan tunnistaa maaperän, sääolosuhteiden ja kasvuston kehityksen välisiä riippuvuuksia, vertailla eri mittausmenetelmien tuottamaa tietoa sekä mahdollisesti muodostaa uusia tutkimuskysymyksiä. Samalla ne tukevat tutkimustulosten viestintää ja tulosten jakamista eri sidosryhmille.

Viljelijän näkökulmasta visualisointien tulee puolestaan tarjota helposti tulkittavaa ja käytännön päätöksentekoa tukevaa tietoa. Keskeistä on, että mittausdata voidaan jalostaa havainnolliseen muotoon, joka auttaa tunnistamaan esimerkiksi kasvuston kehitykseen vaikuttavia tekijöitä, maan kosteusolosuhteita, ravinteiden saatavuutta tai sääolosuhteiden vaikutuksia. Tavoitteena on tukea viljelytoimenpiteiden suunnittelua ja ajoitusta sekä lisätä ymmärrystä siitä, miten erilaiset olosuhteet ja toimenpiteet vaikuttavat sadon muodostumiseen.

Peltto Living Lab -ympäristössä visualisointi toimisi yhteisenä rajapintana oppimisen, tutkimuksen ja käytännön viljelyn välillä. Sen tavoitteena ei ole ainoastaan esittää dataa, vaan **tehdä pellolla tapahtuvat ilmiöt näkyviksi, ymmärrettäviksi ja hyödynnettäviksi eri käyttäjäryhmien tarpeisiin.**

3.4 Sidosryhmätilaisuuksissa tunnistetut kehittämisideat

3.4.1 Työpaja sidosryhmille

Hankkeessa järjestettiin sidosryhmille suunnattu etätyöpaja 30.5.2025. Työpajan tavoitteena oli kerätä näkemyksiä peltoviljelyn, teknologian ja tiedon hyödyntämisen kehittämistarpeista sekä kartoittaa kiinnostusta Living Lab -tyyppiseen toimintamalliin. Työpaja toteutettiin verkkoympäristössä, ja siihen osallistui eri toimijoita luonnonvara-alan koulutuksesta, tutkimuksesta, neuvonnasta sekä maatalousyrityksistä.

Työpaja eteni ennakkoon laadittujen teemakysymysten pohjalta ja painottui vuorovaikutteiseen keskusteluun. Osallistujia kannustettiin jakamaan kokemuksiaan, näkemyksiään ja kriittisiäkin huomioita kehittämistyön tueksi. Ajan rajallisuuden vuoksi kaikkia teemoja ei ehditty käsitellä yhtä syvällisesti.

Työpajan keskeiset tulokset

Työpajassa nousi esiin selkeä tarve koota peltoviljelyyn liittyvää tietoa yhteen ja parantaa sen hyödynnettävyyttä. Osallistujat pitivät tärkeänä erityisesti peltolohkokohtaista maaperä- ja viljavuustietoa, kasvien ravinnetilaa, maan kosteuden ja lämpötilan seurantaa sekä säädataa. Myös satelliitti- ja droonikuvien, kasvustoindeksien sekä visuaalisen seurannan (esim. timelapse-kuvat) nähtiin tarjoavan lisäarvoa viljelyn kehittämiseen. Juuriston kasvun ja kaasupäästöjen mittaaminen tunnistettiin kiinnostaviksi, mutta samalla teknisesti haastaviksi ja kustannuksiltaan vaativiksi ratkaisuiksi.

Keskustelussa korostui realismi: kehittämistä ei tulisi aloittaa liian kunnianhimoisesti, vaan pienistä, selkeästi rajatuista kokonaisuuksista. Jatkuvatoimisten mittausten kustannukset, ylläpito ja vastuunjako nähtiin merkittävänä haasteina. Erityistä huomiota vaativat myös datan omistajuus, viljelijöiden yksityisyys sekä pitkäjänteisen toiminnan varmistaminen hankerahoituksen ulkopuolella.

Living Lab -toimintamallin osalta osallistujat näkivät yhteistyön useiden organisaatioiden välillä keskeisenä edellytyksenä onnistumiselle. Selkeät roolit, riittävä tekninen osaaminen ja pysyvä, luotettava alusta tiedon kokoamiselle ja jakamiselle nousivat tärkeiksi kehittämiskohteiksi. Alustojen osalta painotettiin niiden pitkäikäisyyttä ja käytännön hyötyä.

Työpaja tuotti tietoa peltoviljelyn, teknologian ja tiedon hyödyntämisen kehittämistarpeista eri toimijoiden näkökulmista. Keskusteluissa korostuivat erityisesti tiedon hallinnan ja hyödyntämisen merkitys, teknologisten ratkaisujen tarkoituksenmukainen käyttö sekä pitkäjänteisen ja yhteistyöhön perustuvan toimintamallin edellytykset. Esiin nousseet näkemykset perustuivat osallistujien käytännön kokemuksiin ja toivat esille sekä kehittämismahdollisuuksia että toimintaan liittyviä reuna-ehdoja. Seuraavassa on esitetty työpajassa tunnistetut keskeiset ideat teemoittain jäsenellään.

Sidosryhmätyöpajan keskeiset ideat teemoittain

1. Data

- Peltoviljelyyn liittyvän tiedon kokoaminen yhteen paikkaan ja sen parempi hyödynnettävyys
- Peltolohkokohtainen maaperä- ja viljavuustieto keskeisessä roolissa
- Kasvien ravinnetila, kasvilajisuhteet ja kasvutiheys tärkeää päätöksenteon tueksi
- Maan kosteus ja lämpötila sekä routatiedot viljelyn seurannassa
- Sääasemien tuottaman datan hyödyntäminen osana kokonaisuutta
- Panos–tuotos-suhteiden tarkastelu pellolla
- Kiinnostus KHK-päästöihin ja kaasuvuomittauksiin (tiedostaen toteutuksen vaativuuden)

2. Teknologia ja mittaaminen

- Satelliitti- ja droonikuvien hyödyntäminen viljelyn ja kasvuston seurannassa
- Kasvustoindeksit, RGB-kuvat ja muut visuaaliset mittaamenetelmät
- Aikajaksollinen seuranta (esim. timelapse-kuvat pellon pinnantasolta)
- Juuriston kasvun ja maan sisäisten prosessien seuranta kiinnostavaa mutta työlästä
- Jatkuva toimimisen mittausten korkeat kustannukset ja ylläpidon vaatimukset
- Tarve teknisesti realistisille ja kustannustehokkaille ratkaisuille

3. Toimintamalli ja yhteistyö

- Living Lab -toimintamallin kehittäminen ensisijaisesti pienimuotoisena ja vaiheittain laajentuvana
- Usean organisaation ja toimijan välinen yhteistyö edellytys onnistumiselle
- Selkeät roolit ja vastuut määriteltävä jo suunnitteluvaiheessa
- Riittävä tekninen osaaminen varmistettava etukäteen
- Koulutilojen ja tutkimusympäristöjen hyödyntäminen datan keruussa
- Opiskelijoiden harjoitustyöt osaksi kehittämistä
- Työpajamainen yhteiskehittäminen toimivana tapana edistää kehitystyötä

4. Riskit ja reunaehdot

- Datan omistajuus ja viljelijöiden yksityisyys keskeisiä kysymyksiä
- Toiminnan ei tulisi perustua pelkästään hankerahoitukseen
- Mittausten ylläpidon, datasiirron ja sopimusten kustannukset
- Liiallinen kunnianhimo alkuvaiheessa lisää epäonnistumisen riskiä
- Alustan pysyvyys ja pitkäikäisyys (ei irrallisia tai lyhytikäisiä ratkaisuja)

3.4.2 Opiskelijoiden osallistaminen Pelto Living Lab -ympäristön kehittämiseen

Pelto Living Lab -kokonaisuutta kehitettiin hankkeessa yhteistyössä luonnonvara-alan opiskelijoiden kanssa. Opiskelijat osallistuivat ideointiin osana opintojaan ja toivat hankkeeseen käyttäjälähtöisiä, tulevien viljelijöiden näkökulmasta relevantteja ideoita. Ideoinnin lähtökohtana oli pellon kunnon ja kasvun havainnoinnin kehittäminen hyödyntämällä reaaliaikaista dataa, mittausteknologioita ja visuaalisia ratkaisuja.

Opiskelijoiden työssä korostui ajatus pellostä virtualisoituna oppimis- ja kehittämisympäristönä, jota voidaan seurata ajasta ja paikasta riippumatta. Keskeisinä kehittämisideoina nousivat esiin reaaliaikaisen mittaus- ja kameradatan hyödyntäminen opetuksessa, viljelijöiden päätöksenteon tukena sekä eri toimijoiden yhteisenä oppimisympäristönä. Erityisesti kasvutapahtumien ajallinen seuranta, maaperän prosessien havainnollistaminen ja datan visualisointi nähtiin keinoina lisätä ymmärrystä pellon toiminnasta ja viljelytoimenpiteiden vaikutuksista

Opiskelijat ideoivat myös konkreettisia teknologisia ratkaisuja, kuten sensorien, kameroiden, säädatan ja muiden ulkoisten tietolähteiden yhdistämistä yhdeksi käyttäjäystävälliseksi kokonaisuudeksi. Ideoinnissa painotettiin teknologian realistista käyttöä, pilotointia pienessä mittakaavassa sekä mahdollisuutta laajentaa toimintaa vaiheittain. Lisäksi opiskelijat nostivat esiin datan hallintaan, visualisointiin ja pitkäaikaiseen tallentamiseen liittyviä kysymyksiä osana Living Lab -toimintamallia.

Yhteistyöverkoston osalta opiskelijat tunnistivat useita potentiaalisia kumppaneita, kuten Luonnonvarakeskuksen koeasemat, toisen asteen oppilaitokset, korkeakoulujen teknologiaosaajat sekä neuvonta- ja asiantuntijaorganisaatiot. Opiskelijoiden laatimissa hankesuunnitelmaluonnoksissa korostui monitoimijainen yhteistyö, käyttäjien aktiivinen osallistaminen sekä opiskelijoiden rooli testikäyttäjinä ja kehittämistyön toteuttajina. Kokonaisuutena opiskelijoiden ideointi toi hankkeeseen tuoretta näkökulmaa, konkretisoi Pelto Living Lab -toimintamallia ja tarjosi hyödynnettävää sisältöä hankkeen jatkovalmisteluun.

3.5 Yhteistyöverkoston kartoitus ja kuvaus jatkokehitystoimia varten

Hankkeen aikana kontaktoitiin Peltö Living Lab -toimintamallin kannalta keskeisiä toimijoita yhteistyöverkoston kartoittamiseksi. Kartoitus toteutettiin suorina puhelinkeskusteluina, tapaamisina sekä työpajatyöskentelynä alla olevassa taulukossa lueteltujen organisaatioiden edustajien kanssa.

Organisaatio / toimija	Organisaatiotyyppi	Yhteydenpito
Luonnonvarakeskus, Ruukki (Pohjois-Pohjanmaan tutkimusinfra ja sen mahdollisuudet)	tutkimusorganisaatio	2/2025–6/2026
Luonnonvarakeskus, Jokioinen (älymaatalous)	tutkimusorganisaatio	8/2025
SLU Swedish University of Agricultural Sciences	korkeakoulu	3/2025
Kpedu	koulutusorganisaatio	2/2025–6/2026
ProAgria Pohjois-Suomi	asiantuntijaorganisaatio	2/2025–6/2026
MTK Pohjois-Suomi	järjestö	2/2025–6/2026
Oulun yliopisto	korkeakoulu	4–6/2026
Savonia-ammattikorkeakoulu Oy	korkeakoulu	3/2025
Seinäjoen koulutuskuntayhtymä Sedu	koulutusorganisaatio	5/2025
Kajaanin yliopistokeskus	tutkimus- ja kehittämisorganisaatio	2/2025
Nivalan kaupunki	kaupunki / kunta	5/2025
Ammeenmäki Oy	yritys	2/2025 ja 5/2025
Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy	korkeakoulu	5/2025
Rehux Oy	yritys	2/2025
Greenfarmer	yritys	1/2025
Seilab Oy	yritys	1/2025
Hankkija Oy	yritys	4/2026
Mtech Digital Solutions Oy	yritys	7/2026 ja 10/2026

Hankkeen aikana osallistuttiin alla olevassa taulukossa lueteltuihin alan tapahtumiin, tutkimus- ja kehittämistoimintaa esitteleviin tilaisuuksiin sekä messuille. Lisäksi verkostoiduttiin digitaalisen maatalouden asiantuntijoiden, tutkimusorganisaatioiden ja muiden sidosryhmien kanssa sekä kartoitettiin yhteistyömahdollisuuksia kotimaassa ja Ruotsissa (SLU). Toimenpiteiden tavoitteena on ollut koota tietoa älymaatalouden kehityksestä, tunnistaa hyviä käytäntöjä sekä luoda pohjaa digitaalisten maatalousympäristöjen ja Living Lab -toiminnan kehittämiseksi.

Päivämäärä	Paikka	
27.–28.3.2025	Ylivieska	Ryskypäivät – verkostot ja tiedonhankinta
18.–20.3.2025	Uumaja (SLU)	Tutustuminen ja yhteistyömahdollisuuksien kartoitus Ruotsin maataloustutkimukseen
23.4.2025	Nivala	Drooni-päivä, hivenlannoitus
14.8.2025	Luke Ruukki	Tutkimusasemapäivä
23.8.2025	Kannus	Messut – PLL-hanke mukana tulevaisuusteltassa OAMK:n ständillä
8.-9.1.2026	Helsinki	Abstrakti ja posterit maataloustieteenpäivillä

Keskustelujen ja vierailujen tavoitteena oli tunnistaa Peltto Living Lab -toimintamallin kehittämiin liittyviä tarpeita, mahdollisia yhteistyökumppaneita, teknologiaratkaisuja sekä käytännön toteutuksen edellytyksiä. Keskustelut eri toimijoiden kanssa vahvistavat käsitystä, että Pohjois-Suomesta löytyy osaamista ja toimintaympäristöjä Peltto Living Lab -toimintamallin jatkokehittämisen tueksi. Samalla keskusteluissa vahvistuivat teknologiakartoituksessa esiin nousseet haasteet, jotka liittyvät eri kaupallisten toimijoiden järjestelmien rajapintoihin ja järjestelmien yhteentoimivuuteen.

Keskusteluissa teknologian edustajien kanssa vahvistui käsitys siitä, että älymaataloudessa teknologian valmistajat, ohjelmistoalustat ja palveluntarjoajat tekevät yleisesti yhteistyö- ja integraatiosopimuksia, joiden avulla dataa voidaan siirtää eri järjestelmien välillä. Esimerkiksi traktoreiden, työkonien, sääasemien, antureiden ja maatalaohjelmistojen tuottamaa dataa voidaan yhdistää yhteisten rajapintojen ja tiedonsiirto-standardien avulla.

Keskusteluissa korostui kuitenkin myös, että datan liikkuvuuteen liittyy edelleen merkittäviä haasteita. Kaikki järjestelmät eivät ole keskenään yhteentoimivia, ja tiedon siirtäminen riippuu usein valmistajien välisistä sopimuksista sekä käytettävissä olevista rajapinnoista. Lisäksi datan omistajuus, käyttö- ja jakamisoikeudet vaihtelevat palveluntarjoajittain. Osa toimijoista hyödyntää suljettuja ekosysteemejä, mikä voi rajoittaa datan siirtämistä järjestelmästä toiseen.

Eri toimijoiden kanssa käytyjen keskustelujen sekä työpajatyöskentelyn perusteella muodostui käsitys siitä, että Peltto Living Lab -toimintamallin kehittäminen kannattaa käynnistää rajatusta kokonaisuudesta, jossa keskitytään ensin olemassa olevien datalähteiden, mittausympäristöjen ja yhteistyöverkostojen yhdistämiseen ennen laajempien teknisten ratkaisujen toteuttamista.

Peltto Living Lab -ympäristössä eri toimijoiden yhteistyötä haastavat myös toisistaan poikkeavat tavoitteet, toimintalogiikat sekä dataintegraatioon liittyvät vaatimukset.

- 1) Oppilaitokset ja opiskelijat painottavat oppimista, kokeilua ja ilmiöiden ymmärtämistä todelliseen dataan perustuen.
- 2) Tutkimuslaitoksille keskeistä on pitkäaikainen ja laadukas aineisto analyysiä ja mallinnusta varten.
- 3) Viljelijät odottavat nopeasti hyödynnettävää, luotettavaa ja helposti tulkittavaa tietoa viljelypäätösten tueksi.
- 4) Kaupalliset toimijat tavoittelevat testausympäristöä tuotteiden ja palveluiden kehittämiseen ja kaupallistamiseen.

Näitä erilaisia tavoitteita korostaa dataintegraation haasteellisuus: mittausdataa tuotetaan useista lähteistä, jotka eroavat toisistaan formaattien, ajallisen ja spatiaalisen tarkkuuden, laadun sekä käyttöoikeuksien osalta. Lisäksi Living Lab -toiminnan jatkuvuus edellyttää ratkaisuja, jotka ovat ylläpidettäviä myös hankerahoituksen jälkeen.

Hankkeessa kootun, edellä esitetyn tiedon ja työpajatyöskentely sekä ohjausryhmässä käytyjen keskustelujen ja muiden sidosryhmäkeskustelujen perusteella **yhteistyötä on tarkoituksenmukaista rakentaa ensisijaisesti olemassa olevan infrastruktuurin ja toimintamallien päälle sekä käynnistää toiminta pienimuotoisesti, rajatuilla piloteilla ja selkeästi määritellyillä käyttötapauksilla.** Vaiheittainen eteneminen mahdollistaa luottamuksen rakentamisen, tavoitteiden yhteensovittamisen ja dataintegraation kehittämisen hallitusti ennen laajempaa käyttöönottoa.

Hankkeen aikana kerätyn aineiston, käytyjen keskustelujen sekä tunnistettujen kehittämistarpeiden pohjalta Oamk kutsui Oulun yliopiston, Luken ja Kpedun yhteiseen keskusteluun mahdollisen yhteistyöverkoston muodostamiseksi ja jatkokehityksen suuntaviivojen määrittelemiseksi sekä yhteistyön syventämiseksi.

Näillä organisaatioilla on jo Peltto Living Lab-toimintaympäristöön soveltuvat tutkimusalustat sekä aiempaa yhteistä kokemusta peltomittauksista ja maatalouden tutkimus- ja kehitysyhteistyöstä. Tämä tarjoaa selkeän lähtökohdan yhteisen Peltto Living Lab -toimintamallin rakentamiselle ja käyttönotolle.

Alustava suunnitelma jatkoyhteistyöstä

Keskustelujen perusteella jatkoyhteistyön tavoitteena on suunnitella vaiheittain kehittyvä Peltto Living Lab -toimintamalli, joka hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti alueella jo olemassa olevaa tutkimus-, koulutus- ja mittausinfrastruktuuria, osaamista sekä yhteistyöverkostoja. Tavoitteena ei ole rakentaa rinnakkaisia ympäristöjä, vaan yhdistää nykyiset resurssit yhteiseksi kokonaisuudeksi, joka palvelee samanaikaisesti tutkimusta, opetusta, neuvontaa, pilotointia ja viljelijöiden käytännön päätöksentekoa.

Jatkoyhteistyön kehittämisen keskeisiksi periaatteiksi työpajassa nousivat:

1. Olemassa olevan infrastruktuurin ja osaamisen hyödyntäminen

Jatkokehityksessä hyödynnetään alueella jo olemassa olevia tutkimus-, koulutus- ja mittausympäristöjä sekä niihin liittyvää osaamista. Keskeisessä roolissa ovat Luken Ruukin koeaseman tutkimusympäristöt ja mittausaineistot sekä Kpedun oppimisympäristöt. Tavoitteena on lisätä nykyisten resurssien käyttöastetta ja yhdistää ne yhteiseksi kehittämisympäristöksi.

2. Datat integrointi ja yhteentoimivuus sekä ilmiöiden visualisointi

Jatkokehityksen tavoitteena on havainnollistaa peltoviljelyn keskeisiä ilmiöitä ja niiden muutoksia kasvukauden aikana hyödyntämällä mittausdataa, sensoreita, satelliitti- ja timelapse-kuvia. Tavoitteena on tukea ilmiöpohjaista oppimista havainnollistamalla kasvien kasvua, maaperän olosuhteita sekä sää- ja ympäristötekijöiden vaikutuksia mittausdatan ja kuva-aineiston avulla.

Tämän toteuttaminen edellyttää dataintegraatio- ja visualisointiosaamista. Eri lähteistä saatava tieto pyritään yhdistämään helposti hyödynnettäväksi kokonaisuudeksi, joka tukee tutkimusta, opetusta, neuvontaa ja käytännön päätöksentekoa.

3. Kokeilu-, pilotointi- ja innovaatioympäristön kehittäminen

Kun yhteistyömallit, dataintegraatio ja tiedon visualisointi on saatu toimimaan tarkoituksenmukaisesti, toimintaa voidaan laajentaa uusille käyttäjäryhmille. Alun perin mahdollisimman selkeänä ja yksinkertaisena perustettuun Peltto Living Labiin voidaan myöhemmin liittää uusia digitaalisia ratkaisuja. Myös palveluiden ja toimintamallien kehittämistä sekä testaamista vuorovaikutuksessa tutkimuksen, koulutuksen, yritysten ja viljelijöiden kanssa voidaan laajentaa hallitusti.

4. Osaamisen, viestinnän ja verkostoyhteistyön vahvistaminen

Jatkokehityksen onnistuminen edellyttää tiedeviestinnän, digitaalisen sisällöntuotannon sekä verkosto- ja hankekehitysosaamisen vahvistamista. Kerättyä tietoa ja kehittämistyön tuloksia tulee pystyä viestimään ymmärrettävästi ja kiinnostavasti eri kohderyhmille. Lisäksi yhteistyön jatkuvuus edellyttää verkoston aktiivista koordinoitua, yhteistä kehittämistä sekä uusien hankekoko-
naisuuksien valmistelua.

5. Alueellisen vaikuttavuuden vahvistaminen

Pitkän aikavälin tavoitteena on vahvistaa Pohjois-Suomen asemaa valtakunnallisesti merkittävänä maatalouden osaamisen, kehittämisen ja vaikuttavuuden alueena. Yhteistyöllä tehdään näkyväksi alueen toimijoiden asiantuntemusta, tutkimus- ja kehittämistyön tuloksia sekä niiden yhteiskunnallista merkitystä. Samalla lisätään alueen tunnettuutta kansallisissa ja kansainvälisissä verkostoissa sekä luodaan edellytyksiä uusille yhteistyöavauksille.

Jatkokehitys etenee vaiheittain ja hyödyntää ensisijaisesti olemassa olevia resursseja. Yhteisenä tavoitteena on luoda kustannustehokas, pitkäjänteinen ja laajasti hyödynnettävä toimintamalli, joka tukee Pohjois-Suomen maatalouden digitalisaatiota, osaamisen kehittämistä, tutkimuksen vaikuttavuutta ja innovaatiotoimintaa.

4 YHTEENVETO

Pelto Living Lab 1.0 – Uudet teknologiat reaaliaikaisen mitatun datan keräämisessä ja hyödyntämisessä maaperästä ja kasvustoista -hankkeen tavoitteena oli valmistella Pohjois-Pohjanmaalle Pelto Living Lab -tieto- ja oppimisympäristön kehittämistä sekä koota toimijoita yhteiseen kehittämistyöhön. Hanke toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun koordinoimana yhteistyössä alueen tutkimus-, koulutus- ja maataloustoimijoiden kanssa.

Hankkeen tavoitteet toteutuivat pääosin suunnitellusti. Hankkeen aikana:

- kartoitettiin Pohjois-Euroopassa toteutettuja digitaalisia pelto- ja maatalousympäristöjä sekä niiden toimintamalleja,
- tunnistettiin peltomaan monitorointiin ja Pelto Living Lab -ympäristön virtualisointiin soveltuvia teknologioita,
- arvioitiin mittaustietojen visualisointimahdollisuuksia opetuksen, tutkimuksen ja kehittämis-toiminnan näkökulmasta,
- kerättiin sidosryhmien näkemyksiä ja kehittämisideoita Pelto Living Lab -ympäristön suunnittelun tueksi sekä
- kartoitettiin yhteistyöverkostoa ja valmisteltiin suuntaviivoja jatkokehitykselle.

Kartoitusten perusteella maatalouden digitalisaatio perustuu yhä vahvemmin useiden datalähteiden, kuten maaperäsensoreiden, sääasemien, satelliittidatan, droonimittausten ja paikkatietoanalyysien yhdistämiseen. Selvitystyö osoitti, että teknologisia ratkaisuja on saatavilla runsaasti, mutta niiden yhteentoimivuuteen, dataintegraatioon ja käytännön ylläpitoon liittyy edelleen merkittäviä haasteita. Erityisesti eri järjestelmien välinen tiedonsiirto sekä datan tehokas hyödyntäminen muodostavat keskeisiä kehittämiskohteita tulevaisuudessa.

Sidosryhmätyöskentelyn perusteella tunnistettiin tarve Pelto Living Lab -ympäristölle, jonka keskeisenä tehtävänä on peltomaan, kasvuston ja sääolosuhteisiin liittyvän monilähteisen datan integrointi, visualisointi ja hyödyntäminen ilmiöpohjaisen oppimisen, opetuksen, tutkimuksen ja kehittämistoiminnan tukena. Keskusteluissa korostuivat myös toiminnan pitkäjänteisyys, datan omistajuuteen liittyvät kysymykset, kustannustehokkuus sekä vaiheittaisen kehittämisen merkitys.

Hankkeen aikana muodostui näkemys siitä, että Pelto Living Lab -toimintamallia on tarkoituksenmukaista kehittää olemassa olevan tutkimus-, koulutus- ja mittausrakenteen pohjalta. Alueella on jo merkittävää osaamista, toimintaympäristöjä ja yhteistyöverkostoja, joiden hyödyntäminen tarjoaa kustannustehokkaan perustan toiminnan jatkokehittämiseksi. Tämän näkemyksen vahvistamiseksi Oulun ammattikorkeakoulu kutsui Oulun yliopiston, Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Keski-Pohjanmaan ammattion (Kpedu) yhteiseen keskusteluun mahdollisen yhteistyöverkoston muodostamiseksi ja jatkokehityksen suuntaviivojen määrittelemiseksi. Organisaatiot valikoituivat mukaan, koska niillä on Pelto Living Lab -toimintaa tukevia tutkimus-, koulutus- ja kehitysympäristöjä sekä toisiaan täydentävää asiantuntemusta maatalouden tutkimuksessa, koulutuksessa, mittaustoiminnassa ja kehittämisessä. Näkemystä vahvistivat myös hankkeen aikana toteutetun työpajan tulokset, joissa korostui olemassa olevien resurssien, osaamisen ja yhteistyöverkostojen hyödyntäminen uuden toimintamallin rakentamisessa. Lisäksi organisaatioilla on aiempaa kokemusta keskinäisestä yhteistyöstä, mikä luo hyvän perustan yhteisen toimintamallin suunnittelulle ja pitkäjänteiselle kehittämiselle.

Hankkeen keskeisenä tuloksena muodostui kokonaiskuva Peltto Living Lab -ympäristön kehittämismahdollisuuksista, teknologisista ratkaisuksista, yhteistyöverkoston rakentamisesta sekä jatkokehityksen edellytyksistä. Hankkeessa tunnistettiin keskeiset toimijat, kehittämistarpeet ja mahdolliset etenemispolut, joiden pohjalta Peltto Living Lab -toimintamallin jatkovalmistelua voidaan edistää yhteistyössä alueen toimijoiden kanssa.

Selvitystyö osoittautui ennakoitua laajemmaksi, sillä maatalouden living lab -toimintamallit sekä niihin liittyvät teknologiat kehittyvät nopeasti niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Hankkeen toteutuksen aikana tapahtunut projektipäällikön vaihtuminen edellytti perehdyttämistä ja tehtävien uudelleenjärjestelyä, mikä osaltaan vaikutti hankkeen etenemiseen. Tästä huolimatta hankkeessa saavutettiin sille asetetut keskeiset tavoitteet ja luotiin pohja jatkokehitystyölle.

Yksityiskohtaisen toteutus-, resursointi- ja rahoitussuunnitelman laatiminen edellyttää kuitenkin jatkovalmistelua niiden organisaatioiden kesken, jotka sitoutuvat Peltto Living Lab -toiminnan toteuttamiseen, kehittämiseen ja pitkäjänteiseen ylläpitoon.

Hankkeen tulokset luovat perustan tuleville kehittämistoimenpiteille ja alueellisen yhteistyön vahvistamiselle sekä tukevat näin ollen Pohjois-Suomen maatalouden digitalisaatiota, osaamisen kehittämistä ja tutkimus- ja innovaatiotoiminnan vahvistamista. Samalla hanke loi edellytykset yhteisen Peltto Living Lab -toimintamallin rakentamiselle olemassa olevien tutkimus-, koulutus- ja mittausympäristöjen sekä alueella jo toimivien yhteistyöverkostojen pohjalta.

LÄHTEET

Ahmed, N. and Shakoar, N. (2025). Advancing agriculture through IoT, Big Data and AI. Smart Agricultural Technology. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375525000814> (viitattu 12.3.2026).

Ahoa, E., Kassahun, A., Verdouw, C. and Tekinerdogan, B. (2025). Challenges and solution directions for the integration of smart information systems in the agri-food sector. Sensors, 25(8), 2362. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/s25082362> (viitattu 12.3.2026).

Bogena, H.R., Huisman, J.A., Schuh, M. & Vereecken, H. (2023). Soil moisture sensor networks for environmental monitoring: A review. Sensors, 23(5), 2487. <https://doi.org/10.3390/s23052487>

Copernicus Programme. (n.d.). OneSoil – AI-powered precision farming platform using Sentinel satellite data. Saatavilla: <https://www.copernicus.eu> (viitattu 12.3.2026).

Cravero, A., Sepúlveda, S., Gutiérrez, F. & Muñoz, L. 2026. From Precision Agriculture to Intelligent Agricultural Ecosystems: A Systematic Review of Machine Learning and Big Data Applications. Agronomy, 16(5), 516. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/agronomy16050516> (viitattu 12.3.2026)

Duguma, A.L. & Bai, X. 2024. How the internet of things technology improves agricultural efficiency. Artificial Intelligence Review. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11046-0> (viitattu 12.3.2026).

EIT Food. (n.d.). EIT Food. Saatavilla: <https://www.eitfood.eu> (viitattu 12.3.2026).

European Commission. (2023). Copernicus programme – agriculture monitoring. Saatavilla: <https://www.copernicus.eu> (viitattu 12.3.2026).

European Commission. (n.d.). Digitalisation of agriculture and rural areas in the EU. Saatavilla: https://agriculture.ec.europa.eu/overview-vision-agriculture-food/digitalisation_en (viitattu 12.3.2026).

European Commission. (2024). Digitalising the EU agricultural sector. European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitalisation-agriculture>

European Environment Agency. (2023). Copernicus Land Monitoring Service. Saatavilla: <https://www.eea.europa.eu> (viitattu 12.3.2026).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2025. Digital Agriculture and AI Innovation. Saatavissa: <https://www.fao.org/innovation/digital-agriculture-and-ai-innovation/en>. Hakupäivä: 4.6.2026.

Häme University of Applied Sciences. (2025). CAgriLab – Virtuaalinen living lab -alusta tiedon jakamiseen ja uudistavan maatalouden sopeuttamiseen. Saatavilla: <https://www.hamk.fi/projektit/cagrilab-virtuaalinen-living-lab-alusta-tiedon-jakamiseen-ja-uudistavan-maatalouden-sopeuttamiseen/> (viitattu 20.5.2026).

Ilmatieteenlaitos. (2022). Carbon sequestration of agricultural fields can now be monitored and predicted in real time. Saatavilla: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/news/4PCsXh86fLx9ZYELgq37rP> (viitattu 12.3.2026).

International Telecommunication Union (ITU) & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2025. Digital Agriculture: A Standards Snapshot. Saatavissa: <https://www.itu.int>. Hakupäivä: 4.6.2026.

Jamk University of Applied Sciences. (2024). Maatilat ja startupit yhdistävä EU-ohjelma laajenee Pohjoismaihin Jamkin koordinoimana. Saatavilla: <https://www.jamk.fi/fi/uutiset/2024/maatilat-ja-startupit-yhdistava-eu-ohjelma-laajenee-pohjoismaihin-jamkin-koordinoimana> (viitattu 20.5.2026).

JEDU. (2025). Maatalousalan koulutus. Saatavilla: <https://www.jedu.fi> (viitattu 20.5.2026).

Khanal, S., Kc, K., Fulton, J.P., Shearer, S.A. & Ozkan, E. 2020. Remote Sensing in Agriculture—Accomplishments, Limitations, and Opportunities. Remote Sensing, 12(22), 3783. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/rs12223783> (viitattu 12.3.2026).

Kpedu. (2025). Hankkeet. Saatavilla: <https://www.kpedu.fi/maatila/hankkeet> (viitattu 20.5.2026).

Kpedu. (2025). Maatalousalan koulutus. Saatavilla: <https://kpedu.fi> (viitattu 20.5.2026).

Liakos, K.G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. & Bochtis, D. 2018. Machine Learning in Agriculture: A Review. Sensors, 18(8), 2674. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/s18082674> (viitattu 12.3.2026).

Luonnonvarakeskus (Luke). (n.d.). Digital Innovation Hub for Agriculture. Saatavilla: <https://www.luke.fi/en/digital-innovation-hub-for-agriculture> (viitattu 12.3.2026).

Luonnonvarakeskus (Luke). (n.d.). TwinYields – Digital Twin for Smart Farming Operations. Saatavilla: <https://www.luke.fi/en/projects/twinyields> (viitattu 12.3.2026).

Mtech Digital Solutions. (2021). Mtech Digital Solutions and AGCO Finland work together to make precision farming easy with wireless data transfer. Saatavilla: <https://www.mtech.fi> (viitattu 4.6.2026).

Mtech Digital Solutions. (2024). Mtech and Wittraktor bring crop planning and machinery together with a new integration. Saatavilla: <https://www.mtech.fi> (viitattu 4.6.2026).

Mtech Digital Solutions. (n.d.). Wisu facilitates crop planning. Saatavilla: <https://www.mtech.fi> (viitattu 4.6.2026).

Minun Maatilani. (n.d.). Wisu-viljelysuunnitteluohjelma. Saatavilla: <https://www.minunmaatilani.fi> (viitattu 4.6.2026).

Nevalainen, O. et al. (2022). Towards agricultural soil carbon monitoring, reporting, and verification through the Field Observatory Network (FION). Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 11, 93–109. Saatavilla: <https://doi.org/10.5194/gi-11-93-2022> (viitattu 12.3.2026).

OneSoil. (n.d.). Precision farming platform. Saatavilla: <https://onesoil.ai> (viitattu 12.3.2026).

OneSoil. (n.d.). Integrations and how they contribute to exchanging data. Saatavilla: <https://help.onesoil.ai> (viitattu 20.5.2026).

Savonia University of Applied Sciences. (2025). Applications of digital twins and machine learning in agriculture. Saatavilla: <https://www.theseus.fi> (viitattu 20.5.2026).

Schroeder, K., Meyer-Aurich, A. & Gandorfer, M. 2024. Interactive visualization approaches in smart farming systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 219, 108676. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108676> (viitattu 20.5.2026).

Seinäjoen ammattikorkeakoulu. (2024). SIXFOLD Horizon Europe project. Saatavilla: <https://projects.seamk.fi> (viitattu 20.5.2026).

Sedu. (2025). DigiFarmi – maatilat digiaikaan! Saatavilla: <https://sedu.fi> (viitattu 20.5.2026).

Sedu. (2025). Maatalousalan koulutus ja oppimisympäristöt. Saatavilla: <https://sedu.fi> (viitattu 20.5.2026).

Sheikh, M., Ahmad, S., Khan, M., Rehman, A., Hussain, I. & Ali, Z. 2025. Integration of Smart Sensors and IoT in Precision Agriculture: Trends, Challenges and Future Prospectives. *Frontiers in Plant Science*, 16. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1587869>. Hakupäivä: 4.6.2026.

Sishodia, R.P., Ray, R.L. & Singh, S.K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/rs12193136>

Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trincherio, D. & Fossa, M. (2024). Smart sensors and smart data for precision agriculture: A review. *Sensors*, 24(8), 2647. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/s24082647> (viitattu 12.3.2026).

Urdu, D., Berre, A.J., Sundmaeker, H., Rilling, S., Roussaki, I., Marguglio, A., Doolin, K., Zabrowski, P., Atkinson, R., Palma, R., Faraldi, M. and Wolfert, S. (2024). Aligning interoperability architectures for digital agri-food platforms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, 109194. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109194>.

Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A. & Wolfert, S. (2021). Digital twins in smart farming. *Agricultural Systems*, 189, 103046. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103046>

Ylä-Savon ammattiopisto. (2025). Maatalousalan oppimisympäristöt. Saatavilla: <https://maaseutuverkosto.fi/agrihubi/yhteistyoyla-savon-ammattiopisto/> (viitattu 20.5.2026).

Ylä-Savon ammattiopisto. (2025). Tulevaisuuden maatala: Teknologian ja kestävä kehityksen yhdistelmä. Saatavilla: <https://laari.info/kaynnissa-olevat-hankkeet/tulevaisuuden-maatila/>. (viitattu 20.5.2026).

Zhang, C., Walters, D. ja Kovacs, J.M. (2024). UAS-based remote sensing for agricultural monitoring: Current status and future prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, 109332. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109332> (viitattu 3.3.2026).



Tämä dokumentti on allekirjoitettu sähköisesti OAMK Sign-järjestelmällä
This document has been electronically signed using OAMK Sign

Päiväys / Date: 10.08.2026 14:53:34 (UTC +0300)

Kalle Nuortimo

Organisaation varmentama (OAMK-käyttäjätunnus) (eIDAS-tunnistamisen varmuustaso: korotettu)
Certified by organization (OAMK user account) (eIDAS level of assurance: substantial)
Certified by organization