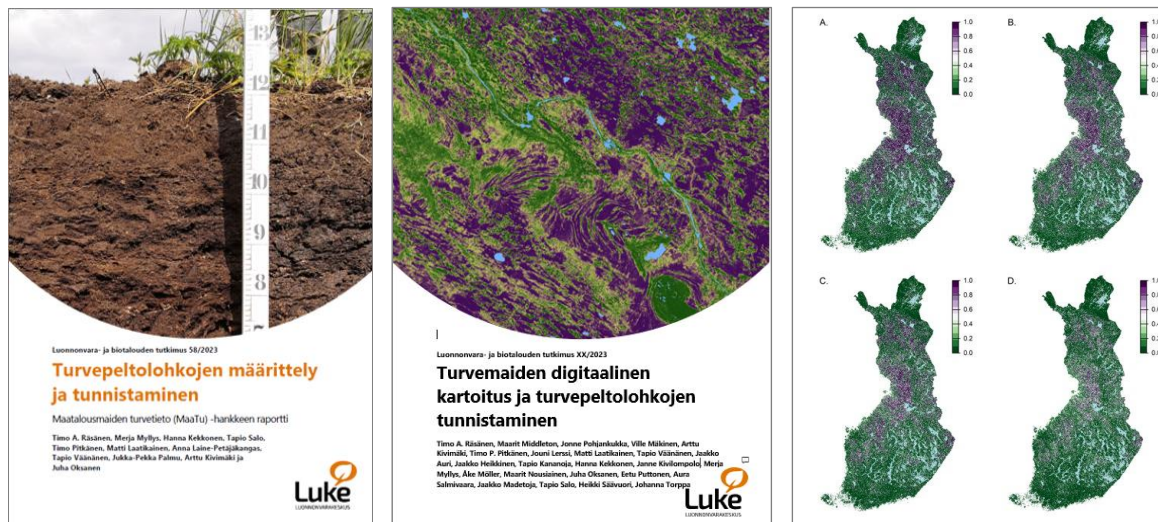


Loppuraportti

Maatalousmaidten turvetieto

MaaTu

Loppuraportti 30.11.2023



Tutkimusryhmän vetäjät:

Timo Räsänen (koordinaattori), Tapio Salo (koordinaattori), Timo P. Pitkänen, Jonne Pohjankukka, Merja Mylly

Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Jokioinen, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
timo.rasanen@luke.fi, tapio.salo@luke.fi

Maarit Middleton, Tapio Kananoja, Matti Laatikainen
Geologian tutkimuskeskus (GTK)
maarit.middleton@gtk.fi, tapio.kananoja@gtk.fi

Eetu Puttonen, Mika Karjalainen, Juhka Oksanen, Arttu Kivimäki ja Ville Mäkinen
Maanmittauslaitos (MML)
eetu.puttonen@nls.fi

Åke Möller
Ruokavirasto
ake.moller@ruokavirasto.fi



RUOKAVIRASTO
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

1. Hankkeen esittely

1.1. Perustiedot hankkeesta

Maatalouden turvemaiden ilmasto- ja vesistö päästöjen vähentäminen edellyttää turvepeltolohkojen tunnistamista, jotta niille voidaan kohdentaa päästöjä vähentäviä toimenpiteitä. **Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu)** -hanke käynnistettiin maa- ja metsätalousministeriön aloitteesta Hiilestä kiinni-tutkimusohjelmassa 1.7.2021, jotta turpeen osuudesta ja paksuudesta saataisiin tarkennettua tietoa. Hankkeen toteuttajia olivat Luonnonvarakeskus (Luke), Geologian tutkimuskeskus (GTK), Maanmittauslaitos (MML) ja Ruokavirasto. Toteuttajien aineistoja yhdistämällä arvioitiin olevan mahdollista luoda paikkatietoaineisto, jonka avulla turvepellot olisivat tunnistettavissa.

1.2. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli parantaa maaperätietämystä maatalouden turvemaiden osalta ja siten tukea maatalous- ja ilmastopoliittisten toimenpiteiden valmistelua, sekä ilmasto-, ympäristö- ja vesiensuojelutoimenpiteiden tarkoituksenmukaista kohdentamista. Hankkeen tavoitteena olivat:

- perehtyä kansainvälisiin maaperätiedon tuotantomalleihin sekä turvemaiden ja turvepeltolohkojen määrittelyihin ja tuottaa hankkeelle sopiva määritelmä
- tuottaa koko maan kattava paikkatietoaineisto turvemaiden tunnistamiseen, jota voidaan hyödyntää turvepeltolohkojen tunnistamisessa
- tuottaa tilastotietoa maatalouden turvemaista ja turvepeltolohkoista

Tuotettavat paikkatietoaineistot ja julkaisut pyritään saattamaan kaikille avoimesti saatavaksi hankkeen päättymisen 30.11.2023 jälkeen tai maaliskuussa 2024, kun tietosuojaan liittyvät kysymykset on selvitetty.

1.3. Yhteenveto hankkeesta

Maatalouden turvemaiden ilmasto- ja vesistö päästöjen vähentäminen edellyttää turvepeltolohkojen tunnistamista, mutta riittävän tarkkaa maaperätietoa ei ole ollut käytettävissä. MaaTu-hankkeen tavoitteena oli tuottaa tarkennettua paikkatietoa turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta turvepeltolohkojen tunnistamiseksi. Hanketta koordinoi Luonnonvarakeskus (Luke) ja mukana olivat tutkimuslaitoksista Geologian tutkimuskeskus (GTK) sekä Maanmittauslaitos (MML). Ruokavirasto osallistui hankkeeseen tuomalla mukaan tulosten loppukäyttäjän näkökulman. Hanketta koordinoivat Lukesta Timo Räsänen ja Tapio Salo.

Hankkeen kokonaisbudjetti oli 2 142 560 €, josta MMM:n rahoitus oli 70 % ja osallistuvien tahojen 30 %. Hanke toteutettiin budjettia pienemmällä rahoituksella, mikä johtui hankkeiden välisestä yhteistyöstä ja käytettävien henkilöresurssien puutteista.

Turvepeltojen määritelmien osalta valittiin käyttöön suomalaisessa luokittelussa käytetty 40 % orgaanisen aineksen pitoisuus, joka on hyvin lähellä kansainvälisesti orgaanisille maille käytettyä orgaanisen hiilen pitoisuuden raja-arvoa 20 % (esim. WRB ja IPCC). Turvekerroksen paksuuden osalta otettiin huomioon Suomessa yleisesti käytetyt raja-arvot turvemaalle (≥ 30 cm) ja paksulle turpeelle (> 60 cm), sekä kansainvälisesti käytetyn orgaanisen maannoksen (Histosol) määritelmän mukaiset raja-arvot (≥ 10 cm ja ≥ 40 cm; esim. WRB ja IPCC). Turvemaiden aineistojen tarkastelussa arvioitiin turpeen vuosittaisen alenemisen keskiarvoksi 1,2 cm. Samoin aineistoista tunnistettiin turvepeltojen pintakerroksessa näkyvä orgaanisen aineksen määrän vähentyminen.

Uusi paikkatietoaineisto turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta luotiin hyödyntämällä koneoppimismallinnusta. Turpeen esiintymistä selittäviksi aineistoiksi valmisteltiin 117 kpl koko maan

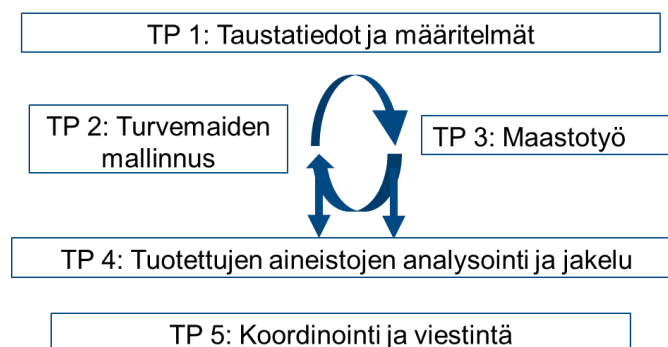
kattavia satelliitti ja lentoalustoilta mitattuja kaukokartoitusaineistoja ja geologista paikkatietoaineistoa. Koneoppimismallin opettamista ja testausta varten koottiin 3,5 miljoonan maaperähavaintoa, josta 70 % käytettiin mallin opetukseen ja 30 % mallin riippumattomaan testaukseen. Mallinnuksessa ennustettiin turvepaksuusluokkien ≥ 10 cm, ≥ 30 cm, ≥ 40 cm ja > 60 cm esiintymistä 50 m \times 50 m rasteriresoluutiossa kaikille maa-alueille. Mallinnus toteutettiin kaikille maa-alueille, jotta paikkatietoaineistoa voitaisiin hyödyntää myös nykyisten maatalousmaiden ulkopuolella ja koska maaperähavaintojen määrä maatalousmailla oli pienehkö mallinnuksen tarpeisiin nähden.

Uusi paikkatietoaineisto Turpeen paksuus 1.0/2023 tarkentaa aikaisempaa tietoa turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta koko maan tasolla. Aineiston luokittelutarkkuus ja alueellinen erottelukyky ovat olemassa olevia maaperäkartta-aineistoja parempia ja sen avulla tunnistetaan aikaisemmin kartoittamattomia turvealueita. Uusi paikkatietoaineisto antaa käyttäjälle myös aikaisempia turvekartta-aineistoja monipuolisemmat mahdollisuudet tulkita turvemaiden ja turvepaksuuksien esiintymistä, sillä se huomio kotimaisen ja kansainvälisen luokittelun raja-arvot turvekerroksen paksuuksille ja se mahdollistaa turvetietoon liittyvien epävarmuuksien ja virhetulkintojen huomioimisen. Kokonaisuudessaan uudet turve-ennusteet tuovat uusia mahdollisuuksia maaperään ja maankäyttöön liittyvien toimintojen suunnittelun, ohjauksen ja vaikutusten arviointiin, sekä tutkimukseen koko maassa ja kaikilla maa-alueilla.

2. Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1. Menetelmät ja aineisto

Hankkeen tutkimuskysymyksiä selvitettiin viidessä työpaketissa (Kuva 1). Ensimmäisessä työpaketissa (TP1) kerättiin taustatietoja turvemaatiedon tuottamiseen sopivista aineistoista ja menetelmistä kansainvälisesti ja haettiin määritelmiä turvepeltolohkojen tunnistamiseen ja määrittelyyn. Toisessa työpaketissa (TP2) käytettiin koneoppimismenetelmiä uusien aineistotuotteiden luomiseksi turvepeltolohkojen tunnistamista varten. Työpaketissa myös kerättiin ja esikäsiteltiin turvemaiden mallinnuksessa käytettävät kaukokartoitusaineistot sekä maastoaineistot ja tehtiin tulosten epävarmuustarkastelut. Kolmas työpaketti (TP3) oli maastotyöpaketti, jossa tuotettiin TP2:n tueksi maaperätietoa koneoppimismallien opettamista ja validointia varten. Neljäs työpaketti (TP4) tuotti ja valmisteli jaettavaksi hankkeessa tuotetun paikkatietoaineiston turvemaista, analysoi tuotetut aineistot ja tuotti tilastotietoa maatalouden turvemaista ELY-alue-, kunta- ja peltolohkotasolla. Viides työpaketti (TP5) koordinoi hanketta ja ylläpiti viestintää hankkeen tuloksista sidosryhmille. Työpaketit koostuvat erillisistä tehtävistä (T).



Kuva 1. Hankkeen työpaketit.

2.2. Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)

Hanke aloitettiin heinäkuussa 2020 ja vastaavana organisaationa toimi Luonnonvarakeskus. Koordinoinnissa vastasivat Timo Räsänen ja Tapio Salo. GTK:n hankevastaavina olivat Maarit Middleton ja Tapio Kananoja, Maanmittauslaitoksen vastaavana Eetu Puttonen ja Ruokaviraston Åke Möller.

Kaikki osapuolet osallistuivat taustatietojen ja määritelmien kokoamiseen (TP1), ja tärkein rooli tässä työpaketissa oli Lukella ja GTK:lla. Työpaketin vetäjänä toimi Timo Räsänen. Mallinnusta (TP2) varten kerättyjä maanäyteaineistoja oli selvästi eniten GTK:lla ja jonkin verran Lukella. Mallinnukseen käytettäviä kaukokartoitusaineistoja tuottivat eniten GTK ja MML. GTK:n kootuista aineistoista valmistettiin yhteisiä paikkatietoaineistoja. Koneoppimisen vetäjänä toimi Luken Jonne Pohjankukka, ja muista mallinnoista vastasivat pääasiassa MML:n ja GTK:n tutkijat. Työpaketti 2:n vetäjänä toimi Maarit Middleton.

Maastotyön (TP3) kautta hankitut lisänäytteitä otti pääasiassa GTK, jolla oli käytettävissään näytteenottoa varten kokenut työryhmä. Luke otti jonkin verran näytteitä vanhoihin kokeisiin liittyen. GTK:n maastotöistä vastasi Matti Laatikainen ja Luken osuuden suunnitteli Merja Myllys. Näytteillä tarkennettiin mallinnusta ja osasta näytteistä määritettiin kuiva irtotiheys ja orgaanisen aineksen sekä hiilen pitoisuudet.

Aineistojen jakelua varten (TP4) GTK ja Luke valmistelivat paikkatietopakettin viranomaiskäyttöön ja siihen liittyvän metatiedon. Aineiston oikeellisuuden arviointia ja turvemaiden tilastollisia jakautumisia arvioitiin pääosin Luken taholta.

Koordinointia ja viestintää hoitivat Luken osalta Timo Räsänen ja Tapio Salo. Jokaisella osallistujalla oli hankevastaava, jonka kanssa sovittiin raportointiin ja maksatuksiin liittyvät asiat.

Hankkeen ohjausryhmän muodostivat Johanna Vanhatalo (MMM), Eija Honkavaara (MML), Niina Ahtonen (GTK), Kristiina Lång (Luke) ja Jukka Pekonniemi (Ruokavirasto). Ohjausryhmä kokoontui hankkeen aikana neljä kertaa.

Yhteistyö hanketoteuttajien kanssa sujui erinomaisesti ja hankkeen eteneminen noudatti suunniteltua aikataulua hyvin. Työpaketit järjestivät tarpeen mukaan omia kokouksiaan. Mallinnusta varten kootuista aineistoista tehtiin tiedonluovutus sopimukset, joissa alkuperäisten aineistojen käyttöoikeus määriteltiin pääosin hankkeen kestoajaksi. Hankkeessa koottujen aineistojen ja välitulosten jatkokäytöstä on vielä laadittava yhteistyösopimus osallistujien kesken, jotta aineiston tehokas, turvallinen ja tasapuolinen käyttö jatkohankkeissa on mahdollista.

2.3. Kustannukset ja rahoitus

Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu)

MMM, maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuus

Kokonaiskustannukset		Kustannukset	Kustannukset	Kustannukset	Kustannukset
Luke		2021	2022	2023	Yhteensä
	Palkat ja henkilösivukulut	29747.05	77553.57	130355.90	237656.52
	Matkat	0.00	1204.40	0.00	1204.40
	Muut kustannukset	0.00	4351.67	1543.90	5895.57
	Yleiskustannus	26177.40	69022.68	118623.87	213823.95
	Yhteensä	55924.45	152132.32	250523.67	458580.44
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	39147.12	106492.62	175366.57	321006.31
30.00 %	Oma rahoitus	16777.34	45639.70	75157.10	137574.13
	Yhteensä	55924.45	152132.32	250523.67	458580.44
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	8893.77	106153.85	117771.91	232819.52
30.00 %	Oma rahoitus	3811.61	45494.51	50473.67	99779.80
	Yhteensä	12705.38	151648.36	168245.58	332599.32
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	19431.29	291347.29	318989.92	629768.50
30.00 %	Oma rahoitus	8327.70	124863.12	136709.96	269900.78
	Yhteensä	27758.99	416210.41	455699.88	899669.28
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	0.00	463.72	5921.16	6384.88
30.00 %	Oma rahoitus	0.00	198.74	2537.64	2736.38
	Yhteensä	0.00	662.45	8458.80	9121.25
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	67472.17	504457.48	618049.55	1189979.20
30.00 %	Oma rahoitus	28916.65	216196.06	264878.38	509991.09
	Yhteensä	96388.82	720653.54	882927.93	1699970.29
		Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus	Rahoitus
		2021	2022	2023	Yhteensä
70.00 %	MMM osuus	67472.17	504457.48	618049.55	1189979.20
30.00 %	Oma rahoitus	28916.65	216196.06	264878.38	509991.09
	Yhteensä	96388.82	720653.54	882927.93	1699970.29

Hankkeen toteutuneet kustannukset (1 699 970 €) olivat selvästi suunniteltua (2 142 560 €) pienemmät. Syynä tähän olivat hankkeen nopea käynnistyminen kesällä 2021, minkä seurauksena vuoden 2021 resurssit olivat tutkimuslaitoksissa ja suurelta osin sidottuina muihin hankkeisiin. Suunnittelussa oletettiin hankkeen voivan jatkua vuoden 2023 loppuun asti, mutta rahoituksen aikataulujen mukaan hanke oli raportoitava marraskuun 2023 loppuun, jolloin marraskuussa käytettävä työaika ei voitu myöskään sisällyttää hankkeeseen. Tutkimuslaitoksissa oli myös resurssipulaa, koska tarvittavan osaamisen tutkijoita ei ollut saatavilla. Lisäksi GTK:n osalta kaksi suunnitelmassa mukana ollutta mallintamisen asiantuntijaa vaihtoi työpaikkaa. Resursseja pystyttiin säästämään yhteistyöllä muiden hankkeiden kanssa, joista tärkeimpiä olivat MaaTi ja Maaperäpilotti. MaaTu hyötyi näiden hankkeiden kokemuksista ja koneoppimismallintamiseen liittyvästä menetelmäkehityksestä. Hanke saavutti varsin hyvin tavoitteensa kustannusten suunniteltua pienemmästä käytöstä huolimatta. Rahoittajan kannalta kustannusten säästyminen oli lopulta luultavasti positiivista, mutta osallistuneiden tutkimuslaitosten rahoituksen kannalta on hankalaa, jos budjetoitua rahoitusta ei voida käyttää.

Tässä esitetystä kustannusten kertymässä ovat mukana Ruokaviraston, Luken ja MML:n lopulliset tiedot mutta GTK:n osalta maksatushakemuksen luvut ovat hieman suuremmat.

2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta

Raportit (Loppuraportin liitteet 1 ja 2):

Räsänen, T.A., Mylly, M., Kekkonen, H., Salo, T., Pitkänen, T., Laatikainen, M. Laine-Petäjäkangas, A., Väänänen, T., Palmu, J.-P., Kivimäki, A. & Oksanen J. 2023. Turvepeltolohkojen määrittely ja tunnistaminen: Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu) -hankkeen raportti. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*, 58/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 40 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-720-4>

Räsänen, T.A., Middleton, M., Pohjankukka, J., Mäkinen, V., Kivimäki, A., Pitkänen, T.P., Lerssi, J., Laatikainen, M., Väänänen, T., Auri, J., Heikkinen, J., Kananoja, T., Kekkonen, H., Kivilompolo, J., Mylly, M., Möller, Å., Nousiainen, M., Oksanen, J., Puttonen, E., Salmivaara, A., Madetoja, J., Salo, T., Säävuori, H. & Torppa J., 2023. Turvemaiden digitaalinen kartoitus ja turvepeltolohkojen tunnistaminen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*, xx/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 82 s. (jätetään raportointisarjassa julkaistavaksi 30.11.2023).

Ammattilehtijulkaisut ja -uutiset:

Turvemaiden määrystä on toistaiseksi olemassa vain karkea kuva – nyt on alkamassa valtakunnallinen maastokartoitus, *Maaseudun Tulevaisuus* 21.3.2022

Tiloilta haetaan lupaa mitata pellon turvekerros, pyyntö herättää kysymyksiä – kielletäänkö turvelohkojen viljely tulevaisuudessa? *Maaseudun Tulevaisuus* 29.8.2022

Seminaarit ja muut tilaisuudet:

Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu), 2021-2023, Timo Räsänen, MaaTu -hankkeen esittely maankäyttösektorin tieto-ohjelman yhteistyöryhmässä 21.9 (Hiilestä kiinni), 21.9.2021

Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu), 2021-2023, Tapio Salo ja Timo Räsänen, Hiilestä kiinni-hankkeiden aamukahvit, 14.10.2021

Maatalousmaiden turvetieto, Tapio Salo ym., posterit ja tiivistelmä Maataloustieteen päivillä 14-15.6.2022.

Advanced spatial data on agricultural peat soils in Finland, Timo Räsänen, Norway Grant project conference (Teams-esitelmä), 31.8.2022

Advanced spatial data on agricultural peat soils in Finland, (Maatalousmaiden turvetieto, MaaTu) 2021-2023, Timo Räsänen, Maankäytön muutosmaksun työryhmän kokous, 9.11.2022.

Maannostietokannan kehittäminen turvepeltotiedon osalta (MaaTu-hanke) 2021-2023, Tapio Salo ja Timo Räsänen, OMAIHKA-hankkeen loppuseminaari, 13.4.2023

Differences in reflective responses of Finnish forested peatlands over time depending on their depth. Kivimäki, A., Mäkinen, V., Oksanen, J. & Puttonen, E. Poster in IBFRA Conference, Helsinki 28. - 31.8.2023

Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu), 2021-2023, Timo Räsänen, Hiilestä kiinni hankkeiden päätösseminaari; 3.11.2023

Tiedotteet:

Maastotöihin liittyen julkaistiin tiedotteet, joiden asiasältö oli myös mukana Ruokaviraston viljelijäkirjeissä keväällä 2022 ja 2023. Ruokaviraston kirjeet lähetettiin myös ruotsinkielisinä: esim. Terrängkartläggningen av landets torvåkrar fortsätter våren 2023

[Turvepelloista kerätään uutta tietoa valtakunnallisella maastokartoituksella | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)

[Turvepeltojen valtakunnallinen maastokartoitus jatkuu keväällä 2023 | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)

Suunnitellut tieteelliset julkaisut: (hankkeen päätyttyä)

1. Turvemaiden esiintymisen ja paksuuden mallinnusmenetelmien ja -tulosten kuvaus, kirjoitus alkaa tammikuussa 2024 (Luke, GTK, MML)
2. Geographically Weighted Regression (GWR)- menetelmän soveltuvuus turvemaiden esiintymisen ja paksuuden ennustamisessa (MML)
3. Korkeusmalliin perustuvan turpeen laskennallisen paksuuden menetelmäkehitys (GTK)
4. Maan orgaanisen hiilen ja aineen välisen Van Bemmelenin muuntokertoimen soveltuvuus turvemailla, tehdään maastonäytteiden ja Valse-näytteiden yhteisestä aineistosta (Luke)

2.5. Toteutusvaiheen arviointi

Hakemusvaiheessa touko-kesäkuussa 2021 saatiin nopeasti muodostettua varsin kattava asiantuntemus kaukokartoitus- ja maaperäaineistoja hallinnoivista tutkimuslaitoksista: GTK, MML ja Luke. Ruokaviraston rooli oli pieni mutta tärkeä, koska heidän kauttaan hankkeeseen välittyi tiedon tarvitsijoiden näkemys. Nopean hakemusvaiheen seurauksena tutkimuslaitosten resurssit vuoden 2021 aikana olivat pääosin sidottuina muihin hankkeisiin. Tarkempi toteutuksen suunnittelu ja aineistojen keruu pystyttiin kuitenkin aloittamaan vuoden 2021 aikana. Hankeorganisaatioiden välinen yhteistyö oli kokonaisuudessa erittäin hyvää.

Aineistojen keräämisen jälkeen pystyttiin tekemään kaksi mallinnuskierrosta. Ensimmäisen mallinnuskierroksen opeilla saatiin toisen kierroksen tulokset varsin hyviksi. Käytetyt paikkatietomenetelmät ja koneoppimisen työkalut ovat erityisosaamista, joihin henkilöresurssien saaminen on haastavaa. Lopulliset tulokset valmistuivat hankkeen päättymisajankohtaan nähden melko myöhään ja hankkeen lopputuloksista tiedottamiseen ei jäänyt juurikaan aikaa. Hankkeen päättymisaika marraskuun loppuun 2023 oli tiedonvälityksen kannalta valitettavan aikainen, mutta jatkoaika vuoden loppuun ei ollut mahdollinen rahoituksen luonteesta johtuen. Turvallisuustilanteen muututtua vuoden 2022 alussa, yksityiskohtaisen paikkatiedon julkiseen esillepanoon liittyy myös riskejä, ja yksityiskohtaisten tulosten julkistaminen paikkatietopalveluissa päätetään ministeriöiden päätösten perusteella maaliskuussa 2024.

Hankkeessa testattiin erilaisia mallinnusmenetelmiä ja strategioita, sekä kehitettiin laaja määrä erialaisia kaukokartoitusaineistoja, mutta näiden potentiaalia ei pystytty selvittämään ja hyödyntämään täysimääräisesti hankkeen lyhyen keston vuoksi. Esimerkiksi turpeen paksuuden mallintaminen Random Forest ja Gaussian Process Regression -koneoppimismenetelmien yhdistelmänä, jatkuvana muuttujana luokkamuuttujan sijaan, ja paksummilla turvesyvyyksillä jäi kesken. Kaukokartoitusaineistojen osalta niistä muodostettujen aikasarjojen hyödyntäminen jäi myös testaamatta. Toteutettu Random Forest -mallinnus turvepaksuusluokkien esiintymiselle onnistuttiin kuitenkin tekemään erittäin hyvin ja kansainvälisiä tieteellisiä standardeja noudattaen.

Toteutusvaiheessa saatiin synergiaetua muista Hiilestä kiinni -ohjelman hankkeista, joihin hanketoteuttajat osallistuivat. Etenkin Maaperätiedon kehittäminen (MaaTi) ja Maaperäpilotti-hankkeista.

Maastotyöt tuottivat runsaasti uusia maaperä- ja turvepaksuushavaintoja peltomailta, sekä tärkeä tietoa peltojen turvekerroksen ohenemisesta. Nämä tiedot olivat tärkeässä roolissa mallien ennusteiden ja vanhojen turvepaksuushavaintojen korjaamisessa. Maastotyön haasteeksi muodostuivat maanomistajilta vaadittavien tutkimuslupien saaminen ja hankkeen lyhyt kesto. Lupakyselyä varten oli selvitettävä tutkittavat peltolohkot ja maanomistajien yhteystiedot, sekä lähetettävät sähköiset lupakyselyt. Prosessi oli työläs ja maanomistaja eivät usein olleet halukkaita antamaan maastotyölupaa ja heidän palautteensa oli toisinaan negatiivista. Hankkeen lyhyt kesto aiheutti aikatauluhaasteita maastotyölle, koska maastotyön kohdentaminen määräytyi osin mallinnustuloksien mukaan ja oli riippuvainen näiden valmistumisesta, ja koska maastotöitä voitiin toteuttaa vain sulan maan aikaan ja silloin kuin pelloilla ei ole satokasveja. Näistä haasteista huolimatta hankkeen maastotyöt onnistuivat yllättävän hyvin.

3. Tulokset ja niiden arviointi

3.1. Tulosten esittely

TP1:n (Taustatiedot ja määritelmät) keskeiset tulokset julkaistiin Luken raporttisarjassa 58/2023 (Liite 1). Kirjallisuuskatsauksen perusteella turvemaiden määritelmät ja käytetty terminologia vaihtelevat huomattavasti. Suomalaisissa luokittelujärjestelmissä turvemaat on määritelty eloperäinen maalaji - luokkaan, joka sisältää myös muita maalajeja, kuten lieju- ja multamaat. Kansainväliset luokittelujärjestelmät (WRB ja IPCC) luokittelevat turvemaat Histosol-määritelmän alle. Histosol-määritelmässä orgaanisen kerroksen vähimmäispaksuus on 0,4 m (0,1 m kun turvekerroksen alla on kovaa materiaalia kuten kalliota) kun suomalaisissa määritelmässä turvemaan vähimmäispaksuudeksi on useimmiten katsottu 0,3 m. Vastaavasti Histosol-määritelmässä orgaanisen materiaaliksi luokitellaan orgaanista hiilen määrillä ≥ 20 %, kun suomalaisissa määritelmässä turpeeksi luokitellaan orgaanisen aineen määrillä ≥ 40 %, joka vastaa 23,2 % orgaanista hiiltä (muuntokerroin 1.724). Koska Suomessa saatavilla olevat tulokset perustuvat tähän 23,2 % orgaanisen hiilen määrän, sen käyttäminen on järkevintä. Turvepeltolohkomääritelmä edellyttää myös turpeen vähimmäisalan kriteeriä peltolohkolla, sillä analyysit osoittivat, että turvekerroksen paksuus vaihtelee peltolohkoilla ja turvetta esiintyy usein vain osalla lohkoa.

Aineistojen analyysit osoittivat myös, että turvemaiden tunnistamisessa on huomioitava pintamaan lisäksi syvemmät maakerrokset. Peltojen muokkauskerroksessa orgaanisen hiilen määrä havaittiin olevan keskimäärin 28–37 % alhaisempi ja turpeen maatuneisuus oli korkeampaa kuin syvemmissä kerroksissa. Tämä saattaa johtaa virheelliseen maalajiluokitteluun, jos luokittelu tehdään pelkästään pintamaan ominaisuuksien määrittelyn perusteella.

Maatalousmaidon turvekerros ohentuu viljelykäytössä. Ennen pitkää turvekerros kuluu loppuun ja turveaineistoja täytyy päivittää. Valtakunnallisesti turvepeltojen turvekerroksen keskimääräiseksi paksuudeksi arvioitiin 120 cm (vaihtelu maakunnittain 96–163 cm) ja turvekerroksen havaittiin ohenevan keskimäärin 1,2 cm vuodessa (keskihajonta 0,6 cm/v). Turpeen esiintyminen peltomailla on näin ollen hyvin vaihteleva ilmiö ja turvepelto on ehtyvä luonnonvara.

TP2:n mallitustyötä varten kerättiin Suomesta noin kolmen ja puolen miljoonan maaperähavainnon aineisto ja muodostettiin yli sata kaukokartoitus- tai paikkatietoaineistoa. Mallinnustyön menetelmäkuvaus ja tulokset julkaistaan Luken raporttisarjassa joulukuussa 2023 (Liite 2).

Uusi paikkatietoaineisto turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta luotiin hyödyntämällä koneoppimismallinnusta. Mallinnus tehtiin Random Forest -menetelmällä. Turpeen esiintymistä selittäviksi aineistoiksi valmisteltiin 117 kpl koko maan kattavia satelliitti ja lentoalustoilta mitattuja kaukokartoitusaineistoja ja geologista paikkatietoaineistoa. Koneoppimismallin opettamista ja testausta varten koottiin 3,5 miljoonan maaperähavaintoa, josta 70 % käytettiin mallin opetukseen ja 30 % mallin riippumattomaan testaukseen. Mallinnuksessa ennustettiin turvepaksuusluokkien ≥ 10 cm, ≥ 30 cm, ≥ 40 cm ja > 60 cm esiintymistä 50 m \times 50 m rasteriresoluutiossa ja turve-ennusteet tuotettiin maankäyttömuodosta riippumatta kaikille maa-alueille, mikä mahdollistaa aineiston hyödyntämisen useisiin käyttötarkoituksiin.

Uusi paikkatietoaineisto Turpeen paksuus 1.0/2023 tarkentaa aikaisempaa tietoa turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta koko maan tasolla. Aineiston luokittelutarkkuus ja alueellinen erottelukyky ovat olemassa olevia maaperäkartta-aineistoja parempia ja sen avulla tunnistetaan aikaisemmin kartoittamattomia turvealueita. Yleistarkkuusmetriikat raportoidaan jokaiselle luokittelulle erikseen ja epävarmuuksien hajautuminen on visualisoitu Random Forest-puiden yksimielisyyden avulla rasterisolukohtaisesti. Uudet turve-ennusteet tuovat uusia mahdollisuuksia maaperään ja maankäyttöön liittyvien toimintojen suunnittelun, ohjaukseen ja vaikutusten arviointiin, sekä tutkimukseen koko maassa ja kaikilla maa-alueilla.

TP3:n maastotyöosuudessa kerättiin kesän 2022 ja kevään 2024 aikana GTK:n toimesta 6400 havaintoa, joilla kartoitettiin 7000 ha peltomaata. Koska näytteenottoa kohdennettiin kesän 2022 aikana aikaisemmin määritetyille alueille ja niiden rajoille sekä keväällä 2023 mallituksen suurimman epävarmuuden alueille, näytteistä merkittävä osa oli kivennäismailla. Näytteenottolohkoille haettiin maastotyöluvut, ja ainoastaan luvan antaneiden maanomistajien peltolohkoilta otettiin näytteitä. Havaintopisteistä 26 %:ssa turvekerroksen paksuus oli ≥ 10 cm. Maastotyön havaintopisteitä käytettiin mallituksen opetus- ja validointiaineistoina.

Noin 180 havaintopisteestä otettiin tilavuudeltaan vakioitu maanäyte, josta määritettiin Luken laboratoriossa tilavuuspaino, orgaaninen aines ja orgaaninen hiili. MaaTu-näytteistä muodostettiin yhdessä 120:n Valse-näytteen kanssa aineisto, jossa oli 300 erilaista peltomaata, joiden orgaaninen aines ja hiilipitoisuus on määritetty. Aineiston avulla oli tarkoitus kalibroida orgaanisen hiilen pikamääritysmenetelmiä, mutta resurssien puutteen ja laiterikon takia kalibrointi peruuntui. Aineistoa tullaan käyttämään julkaisussa, jossa verrataan orgaanisen aineksen ja hiilen suhdetta (van Bemmelenin vakio).

Luken maastotyöosuudessa kartoitettiin muutoksia turpeen paksuuksissa koekentillä, joilla oli tehty edelliset mittaukset 1990-luvulla. Näiden mittausten avulla saatiin lisätietoa turpeen paksuuden muutoksista ajan funktiona.

Tuotettujen aineistojen analysointi ja jakelun (TP4) osalta alkuperäinen tavoite oli saattaa mallinnuksen avulla tuotettu aineisto avoimesti saataville GTK:n datapalveluiden kautta. Venäjän helmikuussa 2022 käynnistämän Ukrainan sodan seurauksena turvallisuusympäristö muuttui radikaalisti. Näin ollen 50 m \times 50 m paikkatietoaineiston avoin julkaiseminen on harkittava huolellisesti ja MMM tulee neuvottelemaan julkaisutavoista muiden ministeriöiden kanssa maaliskuussa 2024. Hankkeen taholta lopullinen mallinnusaineisto ja sitä kuvaava metadata ovat valmistuneet 30.11.2023 ja ovat toimitettavissa eteenpäin myöhemmin sovitulla tavoilla.

Malliennusteiden tarkkuus osoittautui korkeaksi. Turvepaksuusluokat pystyttiin erottelemaan muista maalajeista ja turvepaksuusluokista 89–96 % tarkkuudella. Tarkkuudet olivat korkeimmillaan ohuilla turvepaksuusluokilla ja hieman heikompia paksuilla luokilla. Maatalousmaidan turvealaksi, jonka paksuus ≥ 30 cm, arviotiin 273 000 ha, mikä vastaa noin 11 % peltoalasta. Tästä alasta 73 % oli > 60

cm paksua turvetta. Verrattuna aiempaan koko maan kattavaan arvioon maatalousmaiden kokonaisturvealasta (≥ 30 cm), mikä oli johdettu 1:200 000 maaperäkartasta, arvio on 8 600 ha suurempi. Turpeen alueellisessa jakautumisessa on eroja aikaisempiin arvioihin verrattuna. Peltolohkokohtainen tarkastelu osoitti, että turve-ennusteet mahdollistavat turvealan ja paksuuden arvioimisen yksittäisillä peltolohkoilla. Esimerkiksi turvepeltolohkot, joilla on vähintään 50 % alastaan ≥ 30 cm paksu turvekerros, tunnistettiin yli 90 % tarkkuudella. Turvetta esiintyi usein vain osalla peltolohkoa ja peltolohkot, joilla turveala on 100 %, edustavat noin 17 % maatalousmaiden kokonaisturvealasta.

Koordinoinnin ja viestinnän (TP5) osalta ohjausryhmä piti neljä varsinaista kokousta. Ohjausryhmä kommentoi ja hyväksyi loppuraportin ennen maksatushakemusta. Hankkeen sisäistä koordinointia hoidettiin ensi sijassa työpakettien sisäisillä kokouksilla. Tarpeen mukaan järjestettiin työpakettien välisiä kokouksia. Viestintää tehtiin sidosryhmien tilaisuuksissa ja keskusteluissa toisten projektien kanssa. Tiedotteita hankkeesta tehtiin kaikkien hankepartnerien julkaistaviksi keväällä 2022 ja keväällä 2023, jotta ensi sijassa viljelijät saivat tietoa käynnistyneistä näytteenottokampanjoista.

3.2. Tulosten vieminen käytäntöön

Paikkatietoaineisto tullaan ottamaan käyttöön Ruokaviraston kautta. Ruokavirasto ja MMM hyödyntävät paikkatietoaineistoa määrittelemällä vaatimuksen turvemaan määrästä (osuus ja/tai pinta-ala) ja syvyydestä peltolohkolla. Koska paikkatietoaineisto sisältää myös muut maankäyttöluokat, sitä voidaan hyödyntää myös metsänhoidossa. Muut jatkokäytöt ovat hankkeen alkuperäisen tavoitteen ulkopuolella, mutta niiden mahdollisuudet on tärkeää pitää mielessä. Paikkatietoaineiston avoimuudesta päättäminen keväällä 2024 tulee vaikuttamaan tulosten siirtymiseen muihin käytännön sovellutuksiin.

Yhteistyötä ja tapaamisia oli mm. seuraavien turvemaiden käyttöä tutkineiden hankkeiden kanssa: OMAIHKA, LOHKO-KHK ja TURVEPÄÄSTÖ. Yhteydenottoja on tullut myös kuntien ja ELY-keskusten ilmastosuunnitelmien tarvitsemien tietojen hyödyntämiseksi. Tähän tarkoitukseen ovat sopivia kuntakohtaiset aineistot, joista nähdään turvemaiden osuus kunnan maatalousmaista.

3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Lopputuloksena saatu paikkatietoaineisto mahdollistaa MMM:n ohjauksen turvepeltojen käytössä tulevana vuosina. Paikkatietoaineiston avulla voidaan myös kohdentaa ohjausta muille maankäyttömuodoille. Kansainvälisesti arvioituna saadun paikkatietoaineiston tarkkuus on hyvällä tasolla.

Hankkeen välituloksena on kerätty 3,5 miljoonan maanäytepisteen tietokanta ja yli 100 koko maan kattavaa kaukokartoitusaineistoa, Näiden aineistojen hyödyntäminen tulevissa hankkeissa tulee luultavasti olemaan merkittävää. Ensisijaisia hyödyntäjiä tulevat olemaan hanketta toteuttaneet organisaatiot.

Turvemaiden digitaalista kartoittamista voidaan myös jatkokehittää. Jatkokehitysmahdollisuudet sisältävät erilaisten mallinnusmenetelmien ja -strategioiden testaamista, paksumpien turvekerroksien ennustamisen testaamista, sekä satelliittiaineistojen monipuolisempaa hyödyntämistä. Paksumpien turvekerrosten ennustamisessa maaperään syvemmälle ulottuvat mittausaineistot, kuten gammasäteily- ja sähkömagneettiset mittaukset ovat merkittävimmissä roolissa.

Turpeen paksuus 1.0/2023 aineisto luo uusia mahdollisuuksia maaperään ja maankäyttöön liittyvien toimintojen suunnitteluun, ohjaukseen ja vaikutusten arviointiin, sekä tutkimukseen koko maan kaikilla maa-alueilla.

4. Toimintasuositukset ja hankkeen muut tuotokset

Hankkeen tärkein tuotos on 50 m x 50 m tarkkuudella laadittu turpeen paksuus -aineisto (Turpeen paksuus 1.0/2023), jonka käytöstä MMM ja Ruokavirasto tulevat päättämään. Paikkatietoaineiston avulla MMM ja Ruokavirasto voivat kohdentaa toimenpidesuosituksia turvepelloille. Paikkatietoaineisto on käytettävissä myös muiden maankäyttömuotojen toimenpiteiden ohjaamiseen. Hankkeen mallinnusraportissa on kuvattu aineiston käyttöön liittyviä rajoituksia (Mallinnusraportti: 4.4. Turve-ennusteiden käyttö).

Paikkatietoaineiston pohjalta laskettavien alueellisten turvepeltojen määrän pohjalta voidaan arvioiden turvepeltojen roolia kuntien tai ELY-alueiden ilmastotoimenpiteissä. Mikäli kunnan viljelypinta-alasta merkittävä osuus on turvepelloilla, kunnan ilmastotoimien suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota turvepeltojen kestävään käyttöön.

Hankkeesta suunnitellaan loppuseminaaria ja kattavaa tiedottamista, kun paikkatietoaineiston avoimuus ratkeaa kevään 2024 aikana.

Liitteet:

Liite 1: Räsänen, T.A., Myllys, M., Kekkonen, H., Salo, T., Pitkänen, T., Laatikainen, M., Laine-Petäjäkangas, A., Väänänen, T., Palmu, J.-P., Kivimäki, A., Oksanen, J., 2023. Turvepeltolohkojen määrittely ja tunnistaminen: Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu) -hankkeen raportti (No. 58/2023), Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Liite 2: Räsänen, T.A., Middleton, M., Pohjankukka, J., Mäkinen, V., Kivimäki, A., Pitkänen, T.P., Lerssi, J., Laatikainen, M., Väänänen, T., Auri, J., Heikkinen, J., Kananaja, T., Kekkonen, H., Kivilompolo, J., Myllys, M., Möller, Å., Nousiainen, M., Oksanen, J., Puttonen, E., Salmivaara, A., Madetoja, J., Salo, T., Säävuori, H. & Torppa J., 2023. Turvemaiden digitaalinen kartoitus ja turvepeltolohkojen tunnistaminen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus xx/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 83 s.