

LOPPURAPORTTI
PERUNATEOLLISUUDEN SIVUVIRTOJEN
KASVINTERVEYSRISKIT

29.3.2022



Mikko Lehtonen, Juha Tuomola, Satu Latvala, Asko Hannukkala, Marjo Hokka,
Tarja Alainen, Jukka Tegel, Atro Virtanen ja Liisa Maunuksela

Sisällys

1. Hankkeen tausta ja tavoitteet	3
1.1 Tausta	3
1.2 Tavoitteet.....	4
2. Osapuolet ja yhteistyö	4
3.1 Menetelmät ja aineisto	5
3.1.1 Kirjallisuustutkimus	5
3.1.2 Maltokaariviruksen testimenetelmät	5
3.1.3 Perunasyövän testimenetelmät	6
3.2 Tulokset.....	6
3.2.1 Kirjallisuustutkimus perunateollisuuden sivuvirtojen lannoitekäytön vaikutuksesta kasvinterveyteen	6
3.2.2 Maltokaariviruksen säilyminen perunan solunesteessä.....	6
3.2.3 Perunasyövän toteaminen maanäytteestä -menetelmän validointi	7
3.3 Toteutusvaiheen arviointi.....	8
3.4 Julkaisut ja esitykset.....	8
4. Tulosten arviointi	9
4.1 Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus.....	9
4.2 Tulosten tieteellinen merkitys	11
5. Lähteet.....	12

1. Hankkeen tausta ja tavoitteet

1.1 Tausta

Kierrätys on tärkeä keino tehostaa ravinteiden käyttöä ja palauttaa orgaanista ainesta peltoon. Kierrätysravinteiden hyödyntämiseen tai kierrätyslannoitteiden valmistamiseen voi kuitenkin liittyä haitallisia ympäristövaikutuksia ja riskejä, esimerkiksi uusien kasvintuhoojien leviämisen kautta (Mikkelsen *et al.*, 2006). Viranomaiset ja viljelijät tarvitsevat riittävästi tietoa kierrätysravinteiden ominaisuuksista ja riskeistä, jotta kierrätyslannoitteiden turvallista käyttöä voidaan ohjeistaa ja lisätä.

Suomessa tuotetaan vuosittain noin 600 miljoonaa kiloa perunaa, josta 70 prosenttia hyödynnetään elintarvikkeena. Loppuosa on päätuotteen ohessa syntyviä jakeita eli sivuvirtoja, jotka luokitellaan sivutuotteiksi, jos niitä voidaan hyödyntää jatkokäytössä kuten mitä tahansa vastaavaa tuotetta. Lisäksi Suomeen tuodaan vuosittain noin 10–20 miljoonaa kiloa ruokaperunaa elintarvikkeeksi ja teollisuuden raaka-aineeksi. Sivuvirtojen hyödyntäminen on taloudellisen kannattavuuden kannalta keskeinen kysymys perunatiloilla ja tuotantolaitoksilla.

Vaikka tällä hetkellä Suomen kasvinterveystilanne on perunalla suhteellisen hyvä, riskienhallintaan on varauduttava ja kehitettävä uusia toimintamalleja. Kuorirokkoa aiheuttavan *Spongospora subterranea* -möhösieneen levittämä maltokaarivirus (PMTV) ja tyvimätää aiheuttavat *Pectobacterium*- ja *Dickeya*-lajit ovat yleisiä ruoka- ja tärkkelysperunassa esiintyviä taudinaiheuttajia, joita esiintyy Suomessa monilla perunapelloilla lähes koko perunantuotantoalueella ja näin ollen myös perunateollisuuden sivuvirroissa. Maltokaariviroosi pilaa myös mukulan laadun ja aiheuttaa suurta haittaa esimerkiksi perunalastun raaka-aineen tuotannossa. Kuorirokko ja sen kestoitiöissä säilyvä maltokaarivirus ovat ongelmallisia, koska kuorirokko ei tuhoudu herkästi käsittelyprosesseissa ja sen itiöt voivat säilyä satojätteissä erilaisissa olosuhteissa tartutuskykyisinä yli 10 vuotta. Kuorirokon pitkäikäisyyden vuoksi on erityisen tärkeää estää sen leviäminen uusille perunalohkoille.

Ulkomailta tuotava ruokaperuna sisältää myös kasvinterveysriskejä. Euroopan perunantuotannossa esiintyy sellaisia karanteenituhoojia, joita Suomessa ei vielä esiinny, mutta jotka voisivat selvitä Suomen ilmasto-oloissa. Osa näistä tuhoojista uhkaa perunan lisäksi muitakin viljelykasveja. Näitä perunan mukana mahdollisesti leviäviä karanteenituhoojia ovat esimerkiksi perunan tummarengasmätä (*Ralstonia solanacearum*), juuriäkämäankeroiset (*Meloidogyne chitwoodi* ja *M. fallax*) ja lahoankeroinen (*Ditylenchus destructor*), sekä perunasyövän (*Synchytrium endobioticum*) uudet rodut (Rafoss *et al.*, 2018). Perunasyöpää aiheuttava sieni, *Synchytrium endobioticum*, leviää helposti maa-aineksen, siemenperunan ja koneiden välityksellä, on erittäin kestävä ja sen lepoitiö voi olla elinkykyinen jopa yli 40 vuotta (Przetakiewicz, 2015). Perunasyövän kuumuuden kestävydestä ja tuhoutumisesta eri käsittelyprosesseissa on suhteellisen vähän ja osittain myös ristiriitaista tietoa. Steinmüller ym. (2012) mukaan edes 8 tuntia 80 °C asteessa ei riitä tappamaan perunasyöpää. Uuden karanteenikasvintuhoojan leviämisestä Suomeen aiheutuisi merkittäviä kustannuksia valtiolle sekä perunan tuotantoketjulle.

Lannoitelainsäädännön mukaan lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa kasvien terveydelle. Perunateollisuuden lannoitekäyttöön tarkoitettut sivutuotteet on joko kompostoitava (vähintään 55 °C, 40 % kosteus, 2 viikkoa), lämpökäsiteltävä (vähintään 70 °C, 1 tunti, enintään 12 mm palakoko) tai käsiteltävä käyttämällä muuta kasvinsuojeluviranomaisen hyväksymää menetelmää vaarallisten

kasvintuhoojien leviämisen ennaltaehkäisemiseksi. Edellä mainittuja käsittelyjä ei vaadita, jos sivutuotteet ovat peräisin sellaisilta tuotantopaikoilta, joilla ei ole viiden edeltävän vuoden aikana todettu viranomaistarkastuksissa asetuksen 24/11, liite IV, taulukko 3 mukaisia kasvintuhoojia tai kasvintuhoojia ei ole todettu käyttöä edeltävissä laboratorioanalyyseissä. Analyysit on tehtävä lannoitevalmistetyypille soveltuvilla EU-lainsäädännön mukaisilla menetelmillä. Jos EU-lainsäädäntöä ei ole, on käytettävä kansainvälisesti hyväksytyjä standardimenetelmiä tai näidenkin puuttuessa yhtä päteviä validoituja menetelmiä. Analyysien virallisena laboratoriona toimii Ruokaviraston laboratorio.

Tutkimushankeen aikana on tullut voimaan EU:n uusi lannoitevalmisteasetus ((EU) 2019/1009). Asetuksen yhtenä tavoitteena on edistää ravinteiden kierrätystä ja se koskee aiemmasta lannoiteasetuksesta poiketen myös orgaanisia lannoitevalmisteita. Uudistus on osittainen harmonisointi ja lannoiteasetuksen rinnalle voi jäädä voimaan myös jäsenmaiden kansallisia säädöksiä. Suomessa on tällä hetkellä käynnissä lannoitevalmistelain uudistus, jossa kansallinen lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö yhdenmukaistetaan vastaamaan EU-asetuksen rakennetta ja vaatimuksia. Uudistuvan lainsäädännön mukaan lannoitevalmisteet luokitellaan sekä EU-asetuksessa että tulevassa kansallisessa laissa tuotteen toiminnallisuuden perusteella tuoteluokkiin. Tuoteluokkia on esimerkiksi lannoitteet, maanparannusaineet ja kasvualustat. Lannoitevalmisteissa sallitut raaka-aineet ja raaka-aineiden käsittelyvaatimukset määritetään ainesosaluokittain ja tarvittaessa myös ainesosakohtaisesti. Nykyisestä tyyppinimirakenteesta luovutaan tässä yhteydessä. Kansallisesti voidaan tarvittaessa asettaa käytönrajoituksia kasvien, ympäristön ja ihmisten terveyden ja turvallisuuden varmistamiseksi. Tässä yhteydessä olikin hyvä tilaisuus arvioida olemassa olevien käsittelyvaatimusten ja levitysrajoitusten riittävyyttä ja tarpeellisuutta

1.2 Tavoitteet

Hankkeen yleisenä tavoitteena oli tukea suomalaisen elintarvikeketjun kilpailukykyä ja biologisten riskien hallintaa sekä tehostaa orgaanisen aineen kiertoa maataloudessa ja siten vähentää siitä syntyvää hukkaa ja jätettä. Tulosten avulla pyritään lisäämään tietoa ja ymmärrystä perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskeistä, sekä ennaltaehkäisemään vaarallisten kasvintuhoojien leviämistä perunantuotantoon.

Hankkeen kirjallisuusselvityksessä keskityttiin erityisesti arvioimaan sitä, ovatko nykyisen lannoitelainsäädännön edellyttämät perunateollisuuden lannoitekäyttöön tarkoitettujen sivutuotteiden käsittelyvaatimukset riittävän tehokkaita ennaltaehkäisemään vaarallisten kasvintuhoojien leviämistä perunantuotantoon.

Hankkeen kokeellisessa osassa tutkittiin tärkkelysperunateollisuuden eri käsittelyjen vaikutuksia kasvintuhoojien selviämiseen perunan solunesteessä ja validoitiin menetelmä perunasyövän testaamiseksi maanäytteistä, sekä selvitettiin perunateollisuuden sivuvirtojen soveltuvuutta tutkimusmatriisiksi.

2. Osapuolet ja yhteistyö

Hanke toteutettiin Ruokaviraston, Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Perunantutkimuslaitoksen (Petla) yhteistyönä. Hankkeen rahoittajina toimivat Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden

kehittämisrahasto Makera (päärahoittaja), Ruokavirasto, Luonnonvarakeskus ja Perunantutkimuslaitos. Finnamyl Oy, Lapuan peruna Oy, Evijärven Peruna Oy ja Jepuan Peruna ovat Petlan taustayhteisöjä ja sitä kautta mukana hankkeessa. Finnamyl Oy, Evijärven Peruna Oy, Jepuan Peruna sekä Pohjolan Peruna osallistuivat hankkeeseen myös omalla työpanostuksella, asiantuntemuksella ja/tai rahoituksella. Ruokaviraston tutkija Mikko Lehtonen vastasi hankkeen kirjallisuusselvityksen tekemisestä ja viestinnästä sekä perunasyöpämenetelmän validoinnista. Luken erikoistutkijat Asko Hannukkala ja Satu Latvala vastasivat perunan solunesteen maltokaarivirustutkimuksista ja Petlan johtaja Marjo Hokka näyttötoimista ja viestinnästä. Ruokaviraston Juha Tuomola, Jukka Tegel, Tarja Alainen ja Atro Virtanen osallistuivat hankkeen tulosten julkaisuun, viestintään ja raportointiin. Hankkeen vastuullisena johtajana toimi Ruokaviraston tutkimusjohtaja Liisa Maunuksela. Hankkeessa toimi ohjausryhmä, jonka jäsenet olivat: Erityisasiantuntija Taina Sahin 26.9.2021 alkaen, erityisasiantuntija Johanna Nykyri (Maa- ja metsätalousministeriö) 1.11.2019 -26.9.2021, neuvotteleva virkamies Pirjo Salminen (Maa- ja metsätalousministeriö) 1.11.2019 asti, Toimitusjohtaja Mika Antila (Evijärven Peruna Oy), kasvinviljelyasiamies Antti Lavonen (MTK), hallituksen puheenjohtaja Maija-Liisa Fors sekä viljelypääällikkö Kimmo Pusa (Finnamyl Oy).

Hankkeen osapuolten välistä peruna-alaan liittyvää yhteistyötä on tehty aiemminkin, joten roolit olivat selvät eikä vastuiden jakamisessa tai työn toteutuksessa ollut ongelmia. Avainhenkilön vaihtumisen takia anottiin hankkeelle vuosi lisää aikaa tulosten loppuunsaattamiseen.

3.1 Menetelmät ja aineisto

3.1.1 Kirjallisuustutkimus

Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit ovat ajankohtainen aihe muissakin Euroopan maissa. Kirjallisuustutkimuksessa haettiin kirjallisuutta läpikäymällä neljän kasvipatogeenien säilymistä ja satojätteiden mukana leviämistä käsittelevän selvityksen englanninkieliset lähteet sekä lähteisiin viittaavat uudemmat julkaisut Web of Science ja Google Scholar -tietokannoista. Suomalaisista julkaisuista käsiteltiin hygienia- ja riskitutkimus puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käytöstä maataloudessa, Suomen ympäristökeskuksen BAT-vertailuasiakirjoja perunan ja juuresten koneellisesta käsittelystä ja tärkkelysteollisuudesta (Pääkkönen *et al.*, 2004), selvitykset vihannesjätteiden käsittelystä ja käytöstä maataloilla (Lehto *et al.*, 2006) sekä juureskuorimoiden jätteistä ja jätevesistä (Lehto *et al.*, 2007) ja Luonnonvarakeskuksen raporttia ohjauskeinoista biomassojen ravinteiden kierrättämiseen (Marttinen *et al.*, 2017). Lisäksi käytettiin projektiryhmän asiantuntijoiden omaa ammattikirjallisuutta.

3.1.2 Maltokaariviruksen testimenetelmät

Perunan maltokaariviruksen ja kuorirokkosienien testaamiseen tärkkelysperunateollisuuden sivuvirtajakeista (multa, peruna ja soluneste) käytettiin menetelmää, joka oli yhdistelmä syöttikasvimenetelmästä, serologisesta ja RT-PCR-menetelmästä. Analytiikka oli kehitetty jo aiemmin Luonnonvarakeskuksessa. Syöttikasvina käytettiin tupakkaa (*Nicotiana benthamiana*). Testattavat näytejakeet sekoitettiin puhtaaseen taimiturveseokseen, ja syöttikasveja kasvatettiin näyte-turveseoksessa noin kuusi viikkoa kasvihuoneella. Tämän jälkeen tupakan juuret pestiin,

jauhettiin nestetyyppessä ja näyte testattiin menetelmällä, jossa käytetään serologista ja RT-PCR-menetelmää. Positiivisena kontrollina testauksessa käytettiin maltokaariviruksen saastuttamaa multanäytettä.

3.1.3 Perunasyövän testimenetelmät

Menetelmävalidointi perunasyövän toteamiseen maanäytteestä tehtiin käyttäen muunneltua EPPO:n standardissa PM 7/28 (2) kuvattua menetelmää (EPPO, 2017a), jossa perunasyövän talvi-itiöt seulotaan maanäytteestä koneellisesti (seulomismenetelmä B muunnos, Friederike Chilla, Julius Kühn -instituutti, henkilökohtainen tiedonanto) ja tunnistetaan morfologisesti mikroskopoimalla. Referenssimateriaalina käytetty perunasyöpäkomposti saatiin Dr. Kerstin Flathilta (JKI, Institute for Plant Protection of Field Crops and Grassland). Menetelmälle perunasyövän talvi-itiöiden toteamiseen maaperästä ei ole asetettu vaadittua havaitsemisrajaa, ja validoinnissa käytettiin perunasyöpäkaranteenissa olevien peltojen osittaiseen vapauttamiseen vaadittua kynnyksarvoa alle 5 (elävää) talvi-itiötä grammassa (EPPO, 2017b). Talvi-itiöt sekoitettiin hietamaahan edellä mainittuun pitoisuuteen, märkäseulottiin koneellisesti ja tunnistettiin mikroskopoimalla. Sivuvirtojen soveltuvuutta matriisiksi tutkittiin lisäämällä perunasyövän talvi-itiöitä kynnyksarvopitoisuuteen biokaasulaitoksen mädätysjäännökseen (Jepuan Biokaasu Oy) ja juuresmultakompostiin (Evijärven Peruna Oy) ja vertailemalla saantoja maanäytteeseen.

3.2 Tulokset

3.2.1 Kirjallisuustutkimus perunateollisuuden sivuvirtojen lannoitekäytön vaikutuksesta kasvinterveyteen

Perunan käsittelyprosesseissa päätuotteen ohessa syntyvät jakeet eli sivuvirrat muodostavat merkittävän osan elintarvikkeena ja teollisuuden raaka-aineena käytettävän perunan kokonaismäärästä. Sivuvirtojen hyödyntäminen, esimerkiksi lannoitteena, on tärkeää ympäristön, ravinteiden kierron ja tuottavuuden kannalta. Lannoitekäyttöön saattaa kuitenkin sisältyä riski kasvintuhoojien leviämisestä lannoitteiden mukana. Kasvinterveyslainsäädäntö ja EU:n teollisuusjärjestöjen sisämaakaupan vaatimukset rajoittavat kasvintuhoojien esiintymistä raaka-aineessa, ja tuhojien leviämistä lannoitevalmisteiden mukana pyritään ehkäisemään lainsäädännön asettamien käsittelyvaatimusten avulla. Lannoitelainsäädännön vaatimusten mukaiset käsittelyt tehoavat suurimpaan osaan mutteivät kaikkiin perunan, kasvinosien ja maan välityksellä leviäviin kasvintuhoojiin. Lisäksi tutkimattomia kasvintuhoojia on suuri joukko. Sivuvirtojen lannoitekäytön kasvinterveysriskien arviointia vaikeuttavat tietopuutteet kasvintuhoojien esiintymisestä raaka-aineessa, niiden haitallisesta määrästä ja joidenkin kasvintuhoojien osalta eliminointiin tarvittavasta käsittelystä. Jatkossa sivuvirtojen lannoitekäytön hyötyhaittasuhdetta yhteiskunnalle, ympäristölle ja viljelijöille pitäisi selvittää tarkemmin. Julkaisu on saatavissa <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/338397>.

3.2.2 Maltokaariviruksen säilyminen perunan solunesteessä

Vuonna 2019 maltokaarivirus testattiin yhden toimijan multa-, perunakuitu- ja solunestejakeista. Näytteitä oli otettu tärkkelysperunateollisuuden prosesseista kolmena eri ajankohtana syksyn aikana. Maltokaarivirusta havaittiin kaikista multanäytteistä ja yhdestä perunanäytteestä.

Kuumennuskäsitellystä, lannoitevalmisteena käytetystä väkevöidystä solunesteestä virusta ei havaittu.

Vuonna 2020 eri toimijan käsittelemättömistä multa-, perunakuitu- ja solunestejakeista testattiin maltokaariviruksen lisäksi kuorirokko, joka toimii viruksen vektorina infektioidissa.

Maltokaarivirusta havaittiin odotetusti multajakeista, mutta ei perunajakeista tai käsittelemättömästä solunesteestä. Kuorirokkoa havaittiin kaikista näytejakeista, myös käsittelemättömästä solunesteestä.

Maltokaarivirusta ei havaittu kuumennuskäsitellyssä tai -käsittelemättömässä solunesteessä. Tulosten perusteella kuorirokon leviäminen käsittelemättömän solunesteen mukana on kuitenkin mahdollista.

3.2.3 Perunasyövän toteaminen maanäytteestä -menetelmän validointi

Perunasyövän talvi-itiöt eivät ole tasaisesti jakautuneet referenssimateriaalina käytetyssä perunasyöpäkompostissa, joten vaihtelua arvioitiin tutkimalla kahdeksan yhden gramman osanäytettä ennen materiaalin käyttöä menetelmän validoinnissa (Taulukko 3).

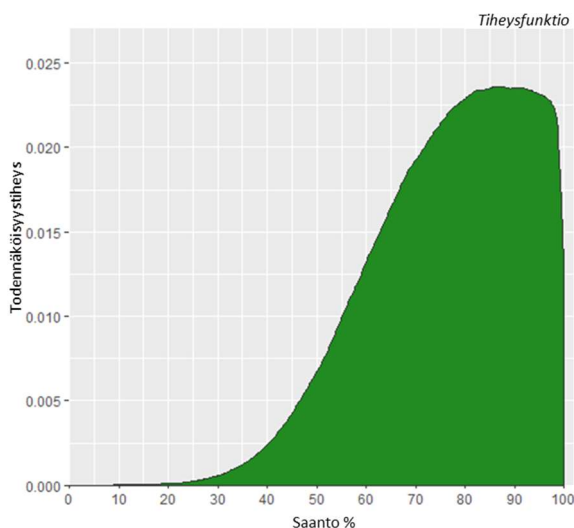
Taulukko 3. Perunasyövän talvi-itiöiden määrä grammassa referenssimateriaalia.

Osanäyte	1	2	3	4	5	6	7	8	Keskiarvo
Talvi-itiöitä	808	507	892	1066	509	1135	916	1091	865

Perunasyöpäkomposti sisälsi keskimäärin 865.5 talvi-itiötä grammassa, variaatiokerroin 28.5 %, luottamusväli (99.9 %) 579–1150 itiötä.

Menetelmän saannon ja toistettavuuden määrittämiseksi kahdensadan gramman maanäytteisiin lisättiin yksi gramma perunasyöpäkompostia (arviolta 579–1150 itiötä, lopullinen pitoisuus 2.9–5.8 itiötä grammassa).

Kolmesta toistettavuuden validointiin käytetystä maanäytteestä todettiin 635, 789 ja 994 talvi-itiötä, eli menetelmä talvi-itiöiden toteamiseksi maasta oli toistettavissa. Koska itiöt eivät ole tasaisesti jakautuneena referenssimateriaalissa, menetelmän saanto simuloitiin referenssimateriaalin ja analyysitulosten jakaumien perusteella katkaistun jakauman avulla (olettaen ettei saanto voi olla yli 100 %). Menetelmän arvioitu saanto on 77 %, luottamusväli (97.5 %) 43–99 % (Kuva 4). Menetelmän saanto kymmenenneksellä (0.5 itiötä grammassa) kynnsarvosta vastasi saantoa kynnsarvopitoisuudella.



Kuva 4. Perunasyöpämenetelmän saanto.

Menetelmä perunasyövän toteamiseen maanäytteestä talvi-itiöiden morfologian perusteella akkreditoitiin Ruokaviraston kasvintuhoojalaboratoriossa keväällä 2021.

Sivuvirtojen soveltuvuutta tutkimusmatriisiksi selvitettiin lisäämällä 100 mg perunasyöpäkompostia kahteensataan grammaan biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä tai juuresmultakompostia (arviolta 57.9–115 itiötä, lopullinen pitoisuus 0.29–0.58 itiötä grammassa) ja tutkimalla näytteet vastaavasti kuin maanäytteiden osalta. Kompostinäytteestä tunnistettiin 63 itiötä ja mädätysjäännösnäytteestä 39 itiötä. Saanto mädätysjäännöksestä jäi menetelmävalidoinnissa määritettyä saantoa pienemmäksi tässä kokeessa, mutta saantoa mädätysjäännöksestä ei ehditty validoida hankkeen aikana. Tulosten perusteella juuresmultakomposti ja mädätysjäännös soveltuvat periaatteessa menetelmän tutkimusmatriiseiksi.

3.3 Toteutusvaiheen arviointi

Hankkeen toteutus sujui kokonaisuutena hyvin, koska jo suunnitteluvaiheessa kuultiin peruna-alan ja kasvinterveyden valvonnan toiveita, joilla varmistettiin, että hankkeen tulokset ovat käyttökelpoisia toimijoille ja riskinhallitsijoille. Peruna-alan yhteistyökumppaneilta saatiin tarvittavat näyttemateriaalit ja käytetty maltokaarivirus-analytiikka oli kehitetty jo aiemmin Luonnonvarakeskuksessa. Haasteita tutkimuksen toteutumiseen aiheutti koronaviruspandemiasta johtuva etätyömääräys Ruokavirastossa keväällä 2020, minkä takia perunasyöpämenetelmän validointi ei ollut niin laaja kuin alun perin suunniteltiin. Myös alan laitoksiin tutustuminen ja sidosryhmätoiminta jäi suppeammaksi kuin oli suunniteltu.

Lisäksi tutkimuksiin tarvittavien näytefraktioiden saaminen toimijoilta erityisesti käynnissä olevista prosesseista asetti jonkin verran haasteita. Hankkeen puitteissa ei ollut mahdollista saada saman toimijan näytteitä käsittelemättömästä ja kuumennuskäsitellystä perunan solunesteestä, eikä kuumennuskäsittelyn vaikutusta maltokaariviruksen ja kuorirokon säilymiseen solunesteessä pystytty näin ollen testaamaan suunnitellusti.

Tässä hankkeessa käytetyn syöttikasvitestin, kuten muidenkin biologisten testien haasteena on testin kokonaiskesto, joka alan toimijoiden taholta voidaan kokea pitkänä, ja testi myös hinnaltaan kalliina. Syöttikasvin käyttö yhdistettynä serologiseen ja RT-PCR- menetelmään varmistaa kuitenkin sen, että testillä saadaan selville näytteessä olevat tartutuskykyiset taudinaiheuttajat toisin kuin pelkällä PCR- tai serologisella menetelmällä. Kasvinterveysriskien kartoittamisen kannalta on välttämätöntä tietää ovatko näytteissä olevat taudinaiheuttajat tartutuskykyisiä. Syöttikasvitestiä käytettäessä tieto testin eduista ja myös haitoista, kuten testin kestosta ja hinnasta, tulee olla kaikkien osapuolten tiedossa.

3.4 Julkaisut ja esitykset

Kaikki irti perunasta – Turvallisuutta ja kannattavuutta viljelyyn. Hankkeen infolehti. OKRA-maatalousnäyttely 3.–6.7.2019, Oripää.

Lehtonen M (2019) Perunasyövän tutkimusta vahvistamassa. Tuottava peruna 46(4): 4–5.

Ruokaviraston tiedote julkaisusta 4.12.2019:

<https://www.ruokavirasto.fi/laboratoriopalvelut/ajankohtaista-laboratoriopalveluista/perunasyovan-aiheuttamat-ongelmat-lisaantuvat-euroopassa/>

Lehtonen M, Tuomola J, Maunuksela L (2020) Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 37. Maataloustieteiden päivät 2020. Esitelmä- posterit tiivistelmät ISBN 978-951-9041-77-3 (online).

Lehtonen Mikko (2020) Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Suullinen esitys. Perunantutkimuksen talvipäivät 30.–31.1.2020, Oulu.

Lehtonen Mikko (2020). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Suullinen esitys. Ruokaviraston riskinarviointipäivä 28.5.2020 (webinaari)

Lehtonen M, Latvala S (2020). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Tuottava peruna 47(4): 10–11.

Lehtonen Mikko (2020). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Suullinen esitys. Ruokaviraston tiedepäivä 11.11.2020 (webinaari)

Lehtonen Mikko (2021). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Suullinen esitys. Kasvinsuojelun neuvottelukunnan kokous 7.9.2021 (webinaari)

Lehtonen Mikko (2021). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit -hankkeen tulosten esittely. Suullinen esitys. Ruokaviraston perunawebinaari 2.12.2021 (webinaari)

Mikko Lehtonen, Juha Tuomola, Satu Latvala, Asko Hannukkala, Marjo Hokka, Tarja Alainen, Jukka Tegel, Atro Virtanen, Liisa Maunuksela (2021). Kirjallisuustutkimus perunateollisuuden sivuvirtojen lannoitekäytön vaikutuksesta kasvinterveyteen. Ruokaviraston tutkimuksia 3/2021. 41 s.

Latvala, S., Lehtonen M., Hokka, M ja Maunuksela, L (2022). Perunateollisuuden sivuvirtojen kasvinterveysriskit. Maataloustieteiden päivät 2022 (hyväksytty abstrakti)

4. Tulosten arviointi

4.1 Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus

Haitallisten organismien mahdollinen esiintyminen on pääasiallinen rajoittava syy olla käyttämättä sivuvirroista valmistettuja lannoitevalmisteita puutarha- ja maataloudessa. Kasvintuhoojien kohtaloa teollisessa tuotantoketjussa ei tunneta hyvin ja analyysitekniikoiden rajoitteet liittyen näytteenottoon, tutkimusmatriiseihin, kasvintuhoojien tunnistamiseen ja kvantifointiin vaikeuttavat sivuvirtojen kasvinterveysriskin arviointia. Käsittelyvaatimusten riittävyys arviointia hankaloittavat puolestaan kasvintuhoojien ja niiden kesto-ominaisuuksien laaja kirjo sekä laboratoriomittakaavassa toteutettujen tutkimusten luotettavuus teollisessa mittakaavassa. Tiedot tietyn kasvintuhoojan osalta perustuvat usein vain yhteen tai harvoihin laboratoriotutkimuksiin.

Lannoitevalmistelainsäädännön tarkoituksena on varmistaa lannoitevalmisteiden turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus. Tuotteet eivät saa aiheuttaa haittaa kasvien terveydelle, mihin pyritään käsittelyvaatimuksilla ja omavalvonnalla, joihin liittyvien analyysien virallisena laboratoriona toimii Ruokavirasto, sekä tarvittaessa käytön rajoituksilla. Julkaistujen tutkimusten perusteella käsittelyvaatimukset ovat riittäviä useille kasvintuhoojille, mutta jotkin kasvintuhoojat voivat myös selvittää vaatimusten mukaisista käsittelyistä. Lisäksi on suuri joukko muita kasvintuhoojia, joiden kestävyttä hygienisointiprosesseissa ei ole tutkittu. Lannoitevalmisteiden analytiikka

Ruokavirastossa painottuu haitta-aineisiin ja kasvintuhoojien analytiikka karanteenikasvintuhoojien tunnistamiseen isäntäkasveilta. Lannoitevalmistelain 539/2006 19 § vaatimus käyttää lannoitevalmisteiden analysointiin tarkoitettuja validoituja menetelmiä vaatisi merkittäviä resursseja jo pelkästään menetelmien validointiin, mikäli lannoitevalmisteita analysoitaisiin myös erilaisten kasvintuhoojien osalta. Tässä hankkeessa Ruokaviraston laboratoriossa maanäynteille akkreditoitua menetelmää perunasyöväen toteamiseen voidaan soveltaa myös sivuvirtoihin, mutta tämä ei ratkaise ongelmaa kokonaisuudessaan sillä kyse on yksittäisestä kasvintuhoojasta. Kasvintuhoojia, jotka voisivat levitä perunan tai maa-aineksen välityksellä on niin suuri määrä, ettei kaikkien testaaminen ole järkevää tai edes käytännössä mahdollista.

Kirjallisuustutkimuksen tulosten perusteella perunateollisuuden sivuvirtojen käyttöön kierrätyslannoitteena sisältyy kasvinterveysriskejä nykyisistä kasvinterveyslainsäädännön, lannoitelainsäädännön ja Euroopan perunakauppaliiton edellyttämistä toimista huolimatta. Näiden riskien suuruuksia ei ole olemassa olevan tiedon perusteella kuitenkaan voida arvioida kaikkien tuhoojien osalta. Merkittäviä tietopuutteita ovat tällä hetkellä se mikä on haitallinen määrä tuhojia (raja-arvo sille, onko kasvinterveysriski hyväksyttävissä vai ei), sisältävätkö raaka-aine ja sen mukana tuleva maa-aines haitallisen määrän tuhojia ja kuinka hyvin lainsäädännön edellyttämät tai muutkaan käytössä olevat käsittelyt vähentävät tuhojia suhteessa haitalliseen määrään? Jos näistä seikoista edes osa tiedettäisiin, voisi perunateollisuuden sivutuotteiden lannoitekäyttöä arvioida kuvassa 4 esitetyn yksinkertaisen kaavion perusteella.



Kuva 4. Kasvipäristä raaka-ainetta sisältävän orgaanisen lannoitevalmisteen lannoitekäytön arviointi. Jos raaka-aine sisältää muita kuin viljeltävää kasvilajia vaurioittavia kasvintuhoojia, niiden säilyminen maassa on huomioitava ennen kuin isäntäkasveja aletaan viljellä.

Sekä lannoitevalvonta että toimijat voivat hyödyntää hankkeen kirjallisuustutkimuksessa koottuja tuloksia eri käsittelyjen vaikutuksista kasvintuhoojiin. Taulukkomuotoon koostetut, tieteellisestä kirjallisuudesta kerätyt tulokset kasvintuhoojista ja eri käsittelyaikojen ja -lämpötilojen tehokkuudesta tuhoojien eliminoinnissa lisätään liitteeksi EPPO:n (2008) PM 3/66 standardiin (ohjeet kasviperäisen biojätteen kasvinterveysriskien hallintaan) standardipäivityksen yhteydessä 2022, joten tuloksia voidaan hyödyntää myös kansainvälisesti.

Maltokaarivirustutkimukset perunan solunesteestä antoivat lisätietoa perunan solunesteen kuumennuskäsittelyn vaikutuksesta solunesteen turvalliseen käyttöön.

Hankkeen projektiryhmässä oli mukana tutkijoiden lisäksi lannoite- ja kasvinterveyden valvonnan asiantuntijoita, joten tiivis yhteistyö tarjoaa hyvän mahdollisuuden tulosten hyödyntämiseen säädösvalmistelussa ja tuotteiden valvonnassa tulevaisuudessa.

Yhtenä vaihtoehtona on arvioida tämän hankkeen kirjallisuustutkimuksessa esiteltyä kierrätyslannoitteiden kasvinterveysriskien hallinnan kustannushyötysuhdetta, eli minkälaisissa tapauksissa riskien hallinta on hyödyllisempää kuin niistä aiheutuvan kustannukset. Vastaavaa kasvinterveyden riskinhallinnan kustannushyötysuhdetta yhteiskunnan ja yksittäisten viljelijöiden näkökulmasta on tutkittu ”Kasvinterveyden riskinhallinnan kustannushyötysuhteen ja kasvinterveyden alueellisen riskin arvio” hankkeessa (Dnro 1849/312/2013). Arvio kertoo, millaisissa tapauksissa lannoitteen käytöstä saatava hyöty on yhteiskunnan ja teollisuuden tekemästä riskinhallintapanostuksesta huolimatta yhteiskunnan, ympäristön ja yksittäisten viljelijöiden kannalta hyödyllisempää kuin lannoitteen käyttämättä jättäminen. Kyseistä arviota voi käyttää myös lannoitelainsäädännön kehittämisen tueksi. Vertailu tukisi lainsäädännön kehittämistä suuntaan, jossa huomioidaan elinkeinon tarpeet sekä sivuvirtojen tärkeä rooli ruoantuotannon ja huoltovarmuuden turvaamisessa kohti kestävä, vastuullista ja kilpailukykyistä kotimaista ruokajärjestelmää.

4.2 Tulosten tieteellinen merkitys

Tässä hankkeessa saatiin tieteellisesti arvokkaita tuloksia sekä julkaistun kirjallisuuskatsauksen muodossa että hankkeen kokeellisissa osioissa.

Hankkeessa tehty kirjallisuustutkimus varmisti, että tieto kasviperäisistä raaka-aineista valmistettujen lannoitevalmisteiden mukana leviävistä kasvintuhoojista, sekä niiden eliminoimiseen vaadittavista käsittelyistä teollisissa prosesseissa on puutteellista. Kasvintuhoojien haitallisia määriä ei tunneta, ja validoituja menetelmiä kasvintuhoojien analysoimiseen erityyppisistä orgaanisista lannoitevalmisteista on vähän. Samat tietopuutteet on havaittu aiemmissa kotimaisissa ja kansainvälisissä selvityksissä ja tutkimusta on esitetty suunnattavaksi suurimman uhkan aiheuttavien kasvintuhoojien, kuten kestoitiöitä muodostavien sienten ja kuumuudenkestävien virusten tutkimukseen.

Tutkimustulokset maltokaariviruksen ja kuorirokon esiintymisestä eri prosessijakeissa auttavat tunnistamaan mahdollisia perunateollisuuden riskijakeita ja näin ollen niitä voidaan käyttää sivutuotteiden lannoitekäytön kasvinterveysriskien arviointiin. Raaka-aineen alkuperän perusteella voidaan tapauskohtaisesti arvioida kasvintuhoojien esiintymistä ja tutkia lannoitevalmisteiden mukana mahdollisesti leviäviä kasvintuhoojia, kuten maltokaarivirusta, jonka leviämisestä ei ole tämän tutkimuksen perusteella riskiä käsitellyn väkevöidyn solunesteen lannoitekäytössä. Toisaalta riski kuorirokon leviämiseen käsittelemättömän solunesteen mukana on kuitenkin olemassa.

5. Lähteet

- EPPO. 2008.** PM 3/66 (2) Guidelines for the management of plant health risks of biowaste of plant origin. *EPPO Bulletin* **38**: 4–9.
- EPPO. 2017a.** PM 7/28 (2) *Synchytrium endobioticum*. *EPPO Bulletin* **47**: 420–440.
- EPPO. 2017b.** PM 3/59 (3) *Synchytrium endobioticum*: descheduling of previously infested plots. *EPPO Bulletin* **47**: 366–368.
- Lehto M, Salo T, Sorvala S, Kemppainen R, Vanhala P. 2006.** Peruna- ja vihannesjätteen käsittely ja käyttö maatilalla. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote* nro **21**. 8 s.
- Lehto M, Salo T, Sorvala S, Kemppainen R, Vanhala P, Sipilä I, Puumala M. 2007.** Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet. *Maa- ja elintarviketalous* **94**. 77 s.
- Marttinen S, Venelampi O, Iho A, Koikkalainen K, Lehtonen E, Luostarinen S, Rasa K, Sarvi M, Tampio E, Turtola E, et al. 2017.** Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa : Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* **45/2017**. 47 s.
- Mikkelsen L, Elphinstone J, Jensen D. 2006.** Horizontal standards on hygienic parameters for implementation of EU directives on sludge, soil and treated Bio-waste. Deliverable 5/2: Literature review on detection and eradication of plant pathogens in sludge, soils and treated biowaste. HORIZONTAL-HYG DL 2/5 Report – SSPI-CT-2004-513660.
- Pääkkönen J, Vuorikoski S, Pirkanniemi K, Hyytiä H. 2004.** Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Suomen perunatärkkelysteollisuudessa. *Suomen ympäristö* **729**. 81 s.
- Przetakiewicz J. 2015.** The Viability of Winter Sporangia of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. from Poland. *American Journal of Potato Research* **92**: 704–708.
- Rafoss T, Magnusson C, Sletten A, Wendell M, Sundheim L, Brodal G, Ergon Å, Solheim H, Tronsmo AM. 2018.** Assessment of quarantine pest dispersal in waste from potato and root vegetable packing plants in Norway. Opinion of the Panel on Plant Health of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. VKM report 2018:15. Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM), Oslo, Norway.
- Steinmüller S, Bandte M, Büttner C, Müller P. 2012.** Effects of sanitation processes on survival of *Synchytrium endobioticum* and *Globodera rostochiensis*. *European Journal of Plant Pathology* **133**: 753–763.