

## Loppuraportti hankkeista

Perunaruton populaation tuntemus perunantuotannon  
kestävyyden avuksi (SUSPO)

ja

Eco-friendly solutions for the integrated management of late  
and early blight of potatoes (ECOSOL)



19.6.2024

SUSPO- ja ECOSOL-hankkeiden työryhmä / Riina Lukkala, Petla

## Sisällys

1. Hankkeiden tavoitteet .....	3
2. Osapuolet ja yhteistyö .....	4
3. Hankkeen toteutus ja tulokset .....	5
3.1 Menetelmät ja aineisto.....	5
Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokoelman uudistus .....	5
Lajikkeiden perunaruton kestävyys .....	6
Biologisten aineiden tutkimus .....	6
Perunaruton ja lehtipolteen torjunnan tutkimus ja ennustemallien soveltaminen Suomeen .....	7
Ohjeistus perunaruton torjuntaan.....	10
3.2 Tulokset.....	11
Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokoelman uudistus .....	11
Lajikkeiden perunaruton kestävyys .....	12
Biologisten aineiden tutkimus sekä perunaruton ja lehtipolteen torjunnan tutkimus ja ennustemallien soveltaminen Suomeen .....	14
Ohjeistus perunaruton torjuntaan.....	23
3.3 Toteutusvaiheen arviointi .....	23
Muutokset henkilöstössä ja kansainvälinen yhteistyö .....	23
Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokoelman uudistus .....	24
Lajiketutkimus .....	24
Tehoaineiden tutkimus.....	24
Tautiennuste- ja IPM-tutkimus .....	24
3.4 Julkaisut .....	25
Julkaisut peruna-alan ammattilehdessä .....	25
Julkaisut kotimaisissa lehdissä .....	25
Muut julkaisut.....	26
Esitelmät ja luennot .....	26
4. Tulosten arviointi .....	27
4.1 Tulosten käytännön sovellettavuus .....	27
4.2 Tulosten tieteellinen merkitys .....	28
5 Tiivistelmä ja toimintasuositukset .....	29
5.1 Tiivistelmä .....	29
5.2 Toimintasuositukset.....	30
Perunaruton torjunta käytännön viljelyssä.....	30
Jatkotutkimus ja hallinto .....	30

# 1. Hankkeiden tavoitteet

Suspo- ja Ecosol-tutkimushankkeiden yhteinen päätavoite oli kestävä, kilpailukykyinen, tasainen ja ympäristöystävällinen perunantuotanto, joka pohjautuu kestäviin ja ennakoiviin torjuntamenetelmiin ja jonka toimintavarmuus säilyy muuttuvissa olosuhteissa. Kansallisessa Suspo-hankkeessa tutkittiin perunaruttoa (*Phytophthora infestans*) ja kansainvälisessä Ecosol-hankkeessa perunaruttoa ja lehtipoltetta (*Alternaria* sp.).

Kansallisella tasolla tavoitteena oli tuottaa tietoa perunaruttoa aiheuttavan *P. infestans* -munasiemen populaatiosta, jotta perunantuotannossa osattaisiin sopeutua muuttuviin haasteisiin. Huolenaiheena nähtiin Euroopassa yleistyneiden vaikeasti hallittavien genotyyppien leviäminen Suomeen. Populaation muuntumisen takia tavoitteeksi asetettiin yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen kanssa uudistaa perunaruttolisäainekokeilua, jota tarvitaan esim. fungisidien tehokkuuden tutkimisessa laboratorio-oloissa.

Hankkeissa tutkittiin ja kehitettiin perunaruton ja lehtipolteen integroitua torjuntaa (Integrated Pest Management, IPM), joka on useita eri taudinhallinnan toimenpiteitä yhdistävä menetelmä. Tutkimuksella tavoiteltiin tehokasta IPM-strategiaa, joka vähentää riippuvuutta kemiallisista fungisideista, varmistaa tautitorjunnan ja suojaa satoa panosten käytön vähetessä.

Perunarutto ja lehtipolte eroavat epidemiologialtaan. Niitä esiintyy kuitenkin yhtä aikaa ja myös torjuntatoimenpiteitä yhdistetään mm. tankkiseoksiin. Näin ollen tavoitteena oli löytää samankaltaisia lähestymistapoja molempien tautien integroituun torjuntaan.

Lajikkeiden perunarutonkestävyydestä haluttiin saada tutkimustietoa ja nostaa sen avulla parhaiten taudinaiheuttajaa vastustavat perunalajikkeet esiin. Ennalta tiedettiin, että lajikkeilla on eroja mutta kattavasta vertailukelpoisesta tiedosta oli puutetta.

Yhtenä tavoitteena oli valita viljelyyn soveltuvimmat kasvinsuojeluaineet ja perunaruton torjuntaohjelmat. Tavoitteisiin asetettu tehoainetutkimus painottui hankkeiden edetessä biologisiin aineisiin, koska niiden toiminnasta pelto-oloissa tiedettiin hyvin vähän ja tiedolle nähtiin tarvetta niin perunaruton kuin lehtipolteenkin suhteen. Kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käytössä on tiukat rajoitukset käyttömäärien ja käyttökertojen suhteen. Fungisidien tutkimus suunnattiin torjuntaohjelmakokonaisuuksiin integroidun torjunnan näkökulmasta.

Kansainvälisessä yhteistyössä yksi keskeisimmistä tavoitteista oli kehittää ja testata erilaisia integroidun tautitorjunnan strategioita erilaisilla ilmastollisilla alueilla. Näihin strategioihin integroitiin lajiketietoutta, biologisia aineita ja erilaisia torjuntatoimenpiteiden ajoitusmenetelmiä ja tautiriskin ennustemalleja.

Kansallisella tasolla yksi konkreettisimmista tavoitteista oli tutkia pohjoismaisia perunaruton ennustemalleja ja Suomen oloihin soveltuvan löydyttäessä ottaa sellainen käyttöön. Kolmen vuoden aikana peltokokeissa oli mukana useita eurooppalaisia ennustemalleja. Käyttönottotavoitteesta jouduttiin luopumaan tutkimustyön tarpeen osoittauduttua arvioitua pitkäkestoisemmaksi.

## 2. Osapuolet ja yhteistyö

Suspo-hankkeessa Perunantutkimuslaitos oli hankkeen vetäjä ja ainoa rahoituksen saaja.

Ecosol-yhteishankkeessa pääkoordinaattorina toimi Alison Lees James Hutton Instituutista Skotlannista (Taulukko 1). Muut kumppanimaat olivat Tanska, Saksa, Viro ja Suomi. Sidosryhminä olivat useat alan yritykset.

Taulukko 1. Ecosol-hankkeen yhteistyökumppanit ja sidosryhmät.

Acronym	Organisation	Country	Partner Status	Funding Status
JHI	The James Hutton Institute	UK	Coordinator	requested
AU	Aarhus University	DK	Partner	requested
TUM	Technical University of Munich	DE	Partner	requested
EMU	Estonian University of Life Sciences	EE	Partner	requested
PETLA	Potato Research Institute	FI	Partner	requested
Chr. H	Chr. Hansen A/S	DK	Associate Partner	Letter of Commitment
WUR	Wageningen University and Research	NL	Associate Partner	Letter of Commitment
SOL	Solynta	NL	Associate Partner	Letter of Commitment
FIN	Finnamyl	FI	Associate Partner	Letter of Commitment
SLU	Swedish University of Agricultural Sciences	SE	Associate Partner	Letter of Commitment
SEGES	SEGES	DK	Associate Partner	Letter of Commitment
AKV	AKV Langholt AmbA	DK	Associate Partner	Letter of Commitment
AHDB	Agriculture & Horticulture Development Board	UK	Associate Partner	Letter of Commitment
SUDST	Sudstarke GmbH	DE	Associate Partner	Letter of Commitment

Luonnonvarakeskuksen (Luke) Marika Rastas uudisti hankkeiden aikana perunaruttoisolaattikokoelmaa ja osallistui FTA-näytteiden ottoon. Hänen johdollaan Luke myös toteutti ostopalveluna biologisten aineiden testausta kasvihuoneoloissa.

Perunaruttopopulaation kartoituksessa näytekeräilyyn osallistui Petlan sidosryhmistä Finnamyl, Finpom, Jepuan Peruna, Lapuan Peruna, Pro Agria, Syngenta ja muutamat viljelijät. Näytteet analysoitiin James Hutton Instituutissa Skotlannissa. David Cooke suoritti analysoinnin ja vastasi tulosten viemisestä EuroBlight-verkkosivuille.

Lajike-edustajat Finnamyl Oy, Finpom Oy, HZPC Kantaperuna Oy, Myllymäen Peruna Oy ja Suomen siemenperunakeskus Oy SPK toimittivat siemenperunamateriaalia lajikekokeisiin.

Kasvinsuojeluyritykset Bayer, Corteva, Syngenta, Nordisk Alkali ja jälleenmyyjä Viljelijän Berner toimittivat fungisideja kasvinsuojelukokeisiin ja osallistuivat joidenkin hankkeita hyödyttäneiden kokeiden kustannuksiin.

## 3. Hankkeen toteutus ja tulokset

### 3.1 Menetelmät ja aineisto

#### Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokeen uudistus

Hankkeiden jokaisena vuotena kerättiin perunaruttonäytteitä koekentiltä ja viljelmiltä SSR-määritykseen (Simple Sequence Repeats). Näytekeräily toteutettiin EuroBlight -verkoston protokollan mukaisesti (<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/protocols> : Protocol for sampling *Phytophthora infestans* DNA using FTA cards, April 2020.).

Näytteitä kerättiin yhteensä 184 kpl, joista 154 kpl otettiin koekentiltä ja 30 kpl viljelmiltä (Taulukko 2). Näytteistä kirjattiin taustatietoina mm. näytteenottopäivä, näytteenottoaikkakunta, perunalajike ja keruupaikan tyyppi. Keruupaikaksi kirjattiin useimmiten lähimpänä sijaitseva taajama viljelijöiden yksityisyydensuojan takaamiseksi. Näytteet analysoitiin Skotlannissa James Hutton Instituutissa, joka vastasi myös tietojen tallennuksesta ja viemisestä relevanteilta osin EuroBlight -sivustolle.

Luonnonvarakeskus keräsi perunaruttonäytteitä eri lajikkeista ja eri perunaruton torjuntaohjelmien koeruuduista Säkylästä vuosina 2022 ja 2023. Taudinaiheuttajan siirrostus maljakasvatukseen tehtiin Jokioisilla laboratoriossa. Onnistuneista siirrostuksista lähetettiin myös näytteet FTA-korteilla SSR-määritykseen James Hutton Instituuttiin. Nämä näytteet sisältyvät Taulukon 2 lukuun. Isolaateista osa eristettiin puhdasviljelmiksi. Nämä talletettiin säilytykseen Luken syväpakkaseen myöhempiä tutkimustarpeita varten. Lukelle toimitettiin näytteiden taustatiedot.

Taulukko 2. SSR-määritykseen lähetetyt perunaruttonäytteet vuosittain, maakunnittain ja keruupaikoittain.

Vuosi	Näytepaikka	Viljelmältä	Kokeesta	Näytemäärä yhteensä
2021	Satakunta	9		9
	<i>2021 yhteensä</i>	9		9
2022	Etelä-Pohjanmaa	5	12	17
	Pohjanmaa	2	0	2
	Satakunta	0	47	47
	<i>2022 yhteensä</i>	7	59	66
2023	Etelä-Pohjanmaa	3	16	19
	Etelä-Savo	1		1
	Kainuu	1		1
	Pohjanmaa	5		5
	Satakunta	4	79	83
	<i>2023 yhteensä</i>	14	95	109
	<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>30</b>	<b>154</b>	<b>184</b>

## Lajikkeiden perunaruton kestävyys

Lajiketutkimuksessa testattiin sekä ruoka- että tärkkelysperunalajikkeita. Kokeisiin valittiin viljelypinta-alatilaston kärjessä olevat lajikkeet, rutonkestävyydeltään hyväksi havaitut vähemmän viljellyt lajikkeet sekä lajike-edustajien uutuudet ja nousussa olevat rutonkestävyyden suhteen lupaavat lajikkeet. Testattavat lajikelistat päivitettiin vuosittain koetulosten, markkinatilanteen ja saatavuuden perusteella.

Lajiketestausta tehtiin kahdella paikkakunnalla kolmena vuotena. Laajimmat kokeet toteutettiin Säkylässä, jossa testattiin kaikki hankkeissa tutkitut lajikkeet. Lajikemäärältään pienemmät rinnakkaiset kokeet toteutettiin Etelä-Pohjanmaalla, jossa koe toteutettiin vuonna 2021 Kauhavalla ja vuosina 2022 ja 2023 Kuortaneella (Taulukko 3).

Taulukko 3. Lajikekokeiden lajikemäärät vuosittain ja koepaikoittain.

Vuosi	Koepaikka	Ruokaperuna	Tärkkelysperuna	Yhteensä
2021	Säkylä, Satakunta	26	14	40
	Kauhava, Etelä-Pohjanmaa	7	3	10
2022	Säkylä, Satakunta	35	12	47
	Kuortane, Etelä-Pohjanmaa	19	7	26
2023	Säkylä, Satakunta	24	8	32
	Kuortane, Etelä-Pohjanmaa	8	3	11

Kokeet toteutettiin pikkuruuduilla satunnaistettujen lohkojen kokeina, joissa kerranteita oli neljä. Havainnoitavien kasvien määrä oli kolme yksilöä/ruutu. Koealueella kasvoi perunarutolle altista Siikli-lajiketta suoja- ja tartukekasvustona. Kokeille ei tehty perunaruton fungisidikäsitteilyjä.

Kokeissa havainnoitiin lehtiruton kehittymistä kasvustossa. Useista erityyppisistä lajikkeista otettiin FTA-korttinäytteitä SSR-määritykseen. Lajikekokeiden tulokset tallennettiin myös EuroBlight-tietokantaan populaatioiden vaihtelun tunnistamiseksi.

## Biologisten aineiden tutkimus

Tutkimuksessa selvitettiin biologisia vaihtoehtoja perunaruton ja lehtipolteen torjuntaan. Tutkittavana oli sekä suoraan taudinaiheuttajaan vaikuttavia (Biocontrol Agent, BCA) että kasvin puolustusreaktioita herättäviä (Plant Resistance Inducer, PRI) biologisia eliöitä ja aineita.

Alkuvaiheessa kartoitettavia kokeita tehtiin kymmenellä tuotteella laboratorioissa ja kasvihuoneessa. Tämän työn tekivät Ecosol-hankkeen puitteissa pääasiassa Viron, Saksan ja Tanskan hankekumppanit. Testauksessa parhaisiin tuloksiin johtaneet aineet valittiin peltokokeisiin tehokkuuskokeisiin ja perunaruton ja lehtipolteen integroidun torjunnan kokeisiin, joita toteutettiin kaikissa viidessä kumppanimaassa. Kaikki kokeet toteutettiin yhteisesti sovittujen protokollien mukaisesti taudinkestävyydeltään erilaisilla lajikkeilla.

## Perunaruton ja lehtipoltteen torjunnan tutkimus ja ennustemallien soveltaminen Suomeen

Perunaruton ja lehtipoltteen torjuntaa tutkittiin hankkeiden jokaisena vuotena. Peltokokeita tehtiin perunarutolla yhteensä 10 ja lehtipoltteella 8. Kokeesta riippuen mukana oli sekä kemiallisia että biologisia aineita. Tautiennustemallit olivat eri kokeissa joko vertailun kohteena tai torjuntatoimia ohjaavana työkaluna.

Koetekniikka ja havainnointi tehtiin Petlan ohjeiden, EPPOn (European Plant Protection Organization) standardien ja Ecosol-hankkeen osalta yhteisesti sovittujen menetelmien mukaan. Ruutukokeet toteutettiin pelto-oloissa satunnaistettujen lohkojen kokeina neljänä kerranteena. Ruudun pituus oli 9-10 m ja leveys 4 penkkiriviä, joista kaksi keskimmäistä olivat havaintorivejä. Kokeiden hoitotoimenpiteet toteutettiin kasvukauden sää ja tavanomaiset perunan viljelyn tavat huomioiden.

### SÄÄDATA

Ennustemallien tarvitsemat säätiedot kerättiin Perunantutkimuslaitoksella sääasemalta, joka sijaitsi n. 300 metrin päässä koekentästä. Sääasema, Davis Vantage Pro 2, mittasi ilman lämpötilaa, ilman kosteutta, kastepistettä, tuulen nopeutta, suuntaa ja kylmyyttä sekä lämpöindeksiä, ilmapainetta, sademäärää, sateen voimakkuutta, auringon säteilyä ja ultraviolettisäteilyä. Auringon säteily- ja ultraviolettisäteilyanturit, lehtikosteusanturi sekä maan lämpö- ja kosteusanturit hankittiin erikseen Vantage Pro 2 -ohjelmaan.

Tuulen nopeus ja suunta mitattiin 2,5 sekunnin välein, sademäärä ja sateen voimakkuus 20 sekunnin välein, lämpötila 10 sekunnin välein ja ilmankosteus 1 minuutin välein. Ennustemallit käyttivät laskentaan joko Ilmatieteenlaitoksen, Norjan ilmatieteenlaitoksen tai Perunantutkimuslaitoksen oman sääaseman sääennusteita. Säädataa kerättiin lisäksi lähialueelta kahdelta Davis-sääasemalta. Laajan säädatan käsittelyyn käytettiin Fruitweb-palvelua. Sen kautta saatiin säätiedot selkeässä muodossa puolen tunnin välein Excel-tiedostoon.

### TAUTIENNUSTEMALLIT JA NIIDEN SOVELTUMINEN SUOMEEN

Hankkeissa käytettiin yhteensä kuutta eri ennustemallia (Taulukko 4). Suspo-hankkeessa painotettiin ennustemallien soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tämän selvittämiseksi ensimmäisen ruttoruiskutuksen optimaalista ajankohtaa ennustavaa Negative Prognosis -mallia testattiin peltokokeissa Säkylässä jokaisena koevuotena. Fungisiditorjunnan aloitusajankohta määritettiin ennustemallin antaman tiedon pohjalta siten, että riski perunaruttoinfektioille oli matala (vihreä), kohonnut (keltainen) tai korkea (punainen).

Taulukko 4. Peltokokeissa Säkylässä käytetyt tautiennustemallit.

Ennustemalli	Kohde	Yhteistyötaho	Koevuosi
Negative Prognosis	Perunarutto	Nibio, Norja	2021-2023
Negative Prognosis	Perunarutto	Davis Instruments	2022
Nærstad	Perunarutto	Nibio, Norja	2023
Skimmelstyring	Perunarutto	Aarhusin yliopisto, Tanska	2022-2023
Hutton Criteria	Perunarutto	James Hutton Institute, Skotlanti	2023
TOMCAST	Lehtipolte	Nibio, Norja	2022-2023
TOMCAST + P-days	Lehtipolte	Aarhusin yliopisto, Tanska	2022-2023

Vuosien 2021 ja 2023 kokeissa testattiin jatkoruiskutusten ajoittamista Nærstad-mallin avulla kohonneen ja korkean perunaruttoriskin varoituksia huomioiden. Skimmelstyring-mallia verrattiin vuoden 2022 kokeissa Negative Prognosis-malliin.

Näissä kokeissa noudatettiin ennalta suunniteltuja fungisidiohjelmaa siten, että kasvukauden perunaruttotilanteen yllättävät muutokset oli tarvittaessa mahdollista huomioida ainevalinnassa. Fungisidikäsittelyt ajoittuivat eri tavoin ennustemalleihin pohjautuen. Aineiden käyttöjärjestys pidettiin samana saman kokeen eri ohjelmissa, mutta harvemmallä välillä ruiskutettavista ohjelmista jäi joitakin käsittelyitä pois.

Skimmelstyring, kuten myös Hutton Criteria ja lehtipoltetta ennustava TOMCAST olivat mukana IPM-kokeissa ohjaavina työkaluina.

### *IPM-TUTKIMUS*

Ecosol-yhteistyössä tuotettiin erilaisia integroidun torjunnan strategioita. Peltokokeisiin valittiin strategiat, joilla arvioitiin olevan potentiaalia tehokkaaseen torjuntaan samalla, kun kemiallisten fungisidien käyttö vähenee. Keskeinen rooli oli biologisilla aineilla.

Perunaruton ja lehtipolteen integroidun torjunnan peltokokeita tehtiin vuosina 2022 ja 2023 kaikissa kumppanimaissa. Kokeet tehtiin yhteistä protokollaa noudattaen taudinkestävyydeltään erilaisilla lajikkeilla. Lajikkeet valittiin paikallisesti kussakin maassa (Taulukot 5 ja 6). Suositeltavaa oli sisällyttää Kuras-lajike kokeisiin.

Taulukko 5. Perunaruton IPM-kokeiden lajikkeet Suomessa vuosina 2022 ja 2023.

Lajike	Taudinkestävyys luokitus	2022	2023
Gala	Altis	X	X
Kuras	Kestävä / melko kestävä	X	X
Nofy	Kestävä / melko kestävä	X	

Taulukko 6. Lehtipolteen IPM-kokeiden lajikkeet Suomessa vuosina 2022 ja 2023.

Lajike	Taudinkestävyys	2022	2023
Acoustic	Altis	X	
Marabel	Altis		X
Goldmarie	melko altis	X	
Kuras	Kestävä / melko kestävä	X	X



IPM-kokeissa testattiin kahta erilaista strategiaa biologisten ja kemiallisten aineiden käyttöle. Koeasetelma luotiin siten, että voitiin arvioida biologisen aineen osuutta torjuntatuloksessa. Molemmista strategioissa torjuntaan käytettävien aineiden valinta perustui infektioriskiennusteeseen seuraavasti:

## RUTTO

<b>Strategia 1</b>	Matala riski:	100% Biologinen	7 vrk käsittelyväli
	Keskinkertainen- korkea riski:	75% Kemiallinen	7 vrk käsittelyväli

<b>Strategia 2</b>	Matala riski:	100% Biologinen	7 vrk käsittelyväli
	Keskinkertainen- korkea riski:	75% Kemiallinen + 100% Biologinen	7 vrk käsittelyväli

## LEHTIPOLTE

<b>Strategia 1</b>	Matala- keskinkertainen riski:	100% Biologinen	7 vrk käsittelyväli
	Korkea riski:	75% Kemiallinen	14 vrk käsittelyväli

<b>Strategia 2</b>	Matala- keskinkertainen riski:	100% Biologinen	7 vrk käsittelyväli
	Korkea riski:	75% Kemiallinen + 100% Biologinen	14 vrk käsittelyväli

Sekä perunaruton että lehtipolteen IPM-kokeissa testattiin kahta biologista tuotetta integroituna torjuntaohjelmiin yhdessä kemiallisten fungisidien kanssa. IPM-ohjelmia verrattiin ns. tavanomaiseen suositeltavaan torjuntaohjelmaan, jonka fungisidit valittiin kulloisenkin kasvusto- ja tautitilanteen perusteella. IPM-ohjelmissä käytetyt fungisidit olivat ajanhetkittäin samoja kuin verranteessa.

Kokeissa testattiin myös biologisia aineita yksinään käytettynä koko kauden ajan. Vuonna 2023 kokeissa oli myös 75 % fungisidin verranne, jolloin saatiin vertailukelpoisempaa tietoa IPM-ohjelmissä yhtä aikaa käytettyjen biologisten ja kemiallisten aineiden osuudesta tuloksiin.

Vuoden 2023 vertailuun lisättiin myös paikallinen päätöksentekojärjestelmä. Suomessa tähän käytettiin Ecosol-yhteistyön myötä Tanskan järjestelmää. Vuonna 2023 perunaruttokokeisiin tulivat uutena Hutton Criteriaan ja lehtipoltekokeisiin TOMCASTiin perustuvat IPM-ohjelmat. (Taulukot 7 ja 8).

Taulukko 7. Koejäsenet perunaruton IPM-kokeissa vuosina 2022 ja 2023.

Nro	Koejäsen	2022	2023
1	Käsittelemätön	X	X
2	Standardi 7 vrk ruiskutusväli, 100% fungisidi, normaalin käytännön mukainen ilman päätöksen teon apuvälineitä	X	X
3	75% fungisidi samaan aikaan kuin kj 7, 8, 9 ja 10:ssa fungisidi = kohtalaisen ja korkean riskin aikana		X
4	Paikalliseen päätöksentekojärjestelmään perustuva fungisidiohjelma, vaihteleva ruiskutusväli, Skimmelstyring		X
5	BCA 1, ChiProPlant (kitosaani) 300 g/ha, 7 vrk ruiskutusväli	X	X
6	BCA2, Polyversum ( <i>Pythium oligandrum</i> ), 200 g/ha, 7 vrk ruiskutusväli	X	X
7	IPM 1: Strategia 1 BCA 1:lla. ChiProPlant matalan riskin aikana, 75% fungisidi kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
8	IPM 2: Strategia 2 BCA 1:lla. ChiProPlant matalan riskin aikana, 75% fungisidi + ChiProPlant kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
9	IPM 3: Strategia 1 BCA 2:lla. Polyversum matalan riskin aikana, 75% fungisidi kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
10	IPM 4: Strategia 2 BCA 2:lla. Polyversum matalan riskin aikana, 75% fungisidi + Polyversum kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
11	Hutton DSS, BCA 1 - IPM strategia 1. Sama kuin IPM 1, mutta Hutton Criterion riski		X
12	Hutton DSS, BCA 2 - IPM strategia 2. Sama kuin IPM 2, mutta Hutton Criterion riski		X

Taulukko 8. Koejäsenet lehtipoltteen IPM-kokeissa vuosina 2022 ja 2023.

Nro	Koejäsen	2022	2023
1	Käsittelemätön	X	X
2	Standardi 14 vrk ruiskutusväli, 100% fungisidi, normaalin käytännön mukainen ilman päätöksen teon apuvälineitä	X	X
3	75% fungisidi samaan aikaan kuin kj 7, 8, 9 ja 10:ssa fungisidi = kohtalaisen ja korkean riskin aikana		X
4	Paikalliseen päätöksentekojärjestelmään perustuva fungisidiohjelma, vaihteleva ruiskutusväli, TOMCAST + P-days		X
5	BCA 1, Serenade ( <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ), 2 l/ha, 7 vrk ruiskutusväli	X	X
6	BCA 2, Fytosol (COS-OGA), 4 l/ha, 7 vrk ruiskutusväli	X	X
7	IPM 1: Strategia 1 BCA 1:lla. Serenade matalan riskin aikana, 75% fungisidi kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
8	IPM 2: Strategia 2 BCA 1:lla. Serenade matalan riskin aikana, 75% fungisidi + Serenade kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
9	IPM 3: Strategia 1 BCA 2:lla. Fytosol matalan riskin aikana, 75% fungisidi kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
10	IPM 4: Strategia 2 BCA 2:lla. Fytosol matalan riskin aikana, 75% fungisidi + Fytosol kohtalaisen ja korkean riskin aikana	X	X
11	TOMCAST DSS, BCA - IPM strategia 1. Sama kuin IPM 1, mutta TOMCASTin riski		X
12	TOMCAST DSS, BCA - IPM strategia 2. Sama kuin IPM 2, mutta TOMCASTin riski		X

## Ohjeistus perunaruton torjuntaan

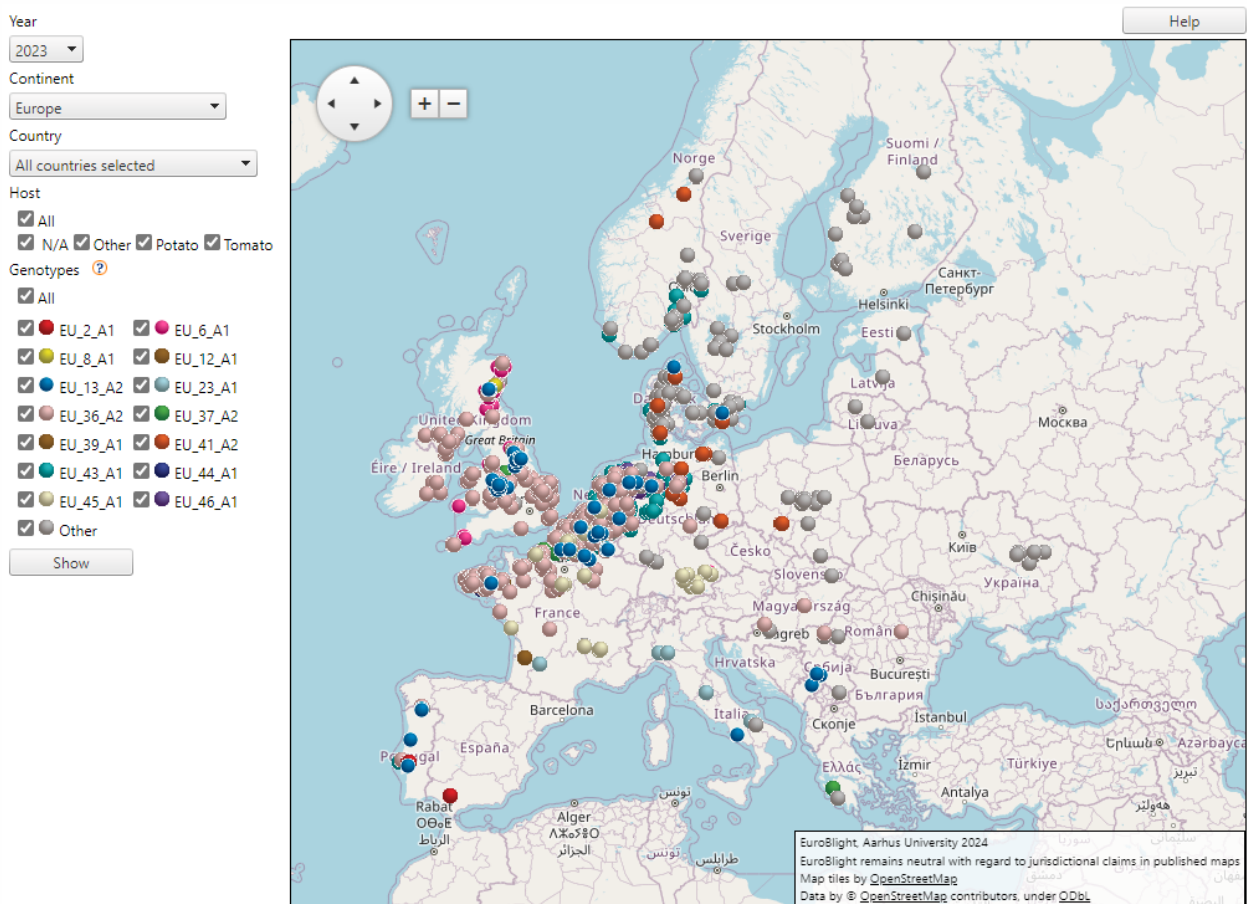
Hankeaikana tarkasteltiin olemassa olevia perunaruton torjunnan ohjeistuksia. Näitä verrattiin hankkeissa saavutettuihin tietoihin.

## 3.2 Tulokset

### Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokoelman uudistus

Tulosten perusteella suomalaisen ruttopopulaation voidaan olettaa olevan suvullisesti lisääntyntä ja siten geneettisesti monimuotoista. Kaikki tutkitut perunaruttonäytteet saivat luokituksen ”muut”, mikä tarkoittaa sitä, että samaa SSR-tulosta ei ole saatu aikaisemmin (Kuva 1). Tämä vahvistaa käsitystä suvullisen lisääntymisen esiintymisestä ja merkityksestä sekä taudinaiheuttajan talvehtimisestä suvullisina itiöinä Suomessa.

## Genotype Map



Kuva 1. Vuoden 2023 perunaruttonäytteistä koostettu genotyyppikartta. Lähde: <https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/pathogen-monitoring/genotype-map>.

Perunaruttonäytteistä ei todettu minään vuonna eurooppalaisia genotyyppilinjoja. Vuosien 2019 ja 2020 EU\_41\_A2 -kloonin löydöksiä lukuun ottamatta Suomesta ei ole löydetty Euroopassa muodostuneita ruttoklooneja eikä klooneja ole todettu muodostuneen myöskään Suomessa.

Vuonna 2023 toteutetun aiempia vuosia laajemman näytekeräilyn tuloksissa James Hutton Institute erotti ns. minor-klooneja. Nämä näytteet kuuluivat myös ryhmään ”Muut”, mutta ne olivat SSR-määrityksen perusteella keskenään identtisiä tai lähes identtisiä. Tällaiset näyteryhmät olivat yleensä paikallisia, mutta löydöksiä tehtiin mm. eri lajikkeista. Minor-kloonit saattavat edustaa paikallisia genotyyppejä, jotka ovat saaneet edun jostakin ominaisuudestaan tai kyseessä voi olla myös sattuma. Minor-klooniryhmien erottuminen tuloksissa saattaa merkitä uusien kloonien yleistymistä, mutta toistaiseksi asiassa on paljon epävarmuutta. Luonnonvarakeskuksen kokoelmiin saatiin uusia perunaruttoisolaatteja sekä minor-klooni -maininnalla että ilman.

## Lajikkeiden perunaruton kestävyys

Markkinoilla olevista testatuista lajikkeista mikään ei ollut täysin perunarutonkestävä. Tämä kertoo osaltaan myös siitä, että suomalaisella perunaruttopopulaatiolla on vahva taudinaiheutuskyky. Epidemian ajoittumisessa oli kuitenkin eroja ja sen perusteella lajikkeet luokiteltiin viisiportaisella asteikolla: 1) erittäin hyvä kestävyys, 2) hyvä kestävyys, 3) kohtalainen kestävyys, 4) heikko kestävyys, 5) ei kestävyttä (Taulukko 9).

Alttiille lajikkeille tunnusomaista oli oireiden ilmaantuminen ensimmäisenä, taudin nopea eteneminen ja kasvustojen täydellinen tuhoutuminen 0 %:sta 100 %:iin 2-3 viikossa ensioireista. Nopean tuhoutumisen vaihe kesti noin viikon. Keskitason lajikkeilla taudin nopean etenemisen vaihe oli tyypillisesti hieman myöhemmin. Vuoden 2023 kovassa ruttopaineessa ero oli noin viikko. Kestävimmät lajikkeet pysyivät oireettomina tai vähäoireisina jopa useita viikkoja myös korkeassa tautipaineessa. Vuoden 2023 kokeissa mikään lajike ei säilynyt täysin oireettomana.

Parhaiten ruttoa kestävien lajikkeiden joukossa oli sekä ruoka- että tärkkelysperunalajikkeita. Erittäin hyvän kestävyuden lajikkeissa oireet alkoivat selvästi myöhemmin tai ne olivat vähäisiä pitkään. Näistä lajikkeista ruokaperunalajike 'Acoustic' testattiin kaikissa viidessä kokeessa ja se sai hyvät tulokset myös vuoden 2023 kovassa perunaruttopaineessa, jolloin epidemia alttiimmilla lajikkeilla alkoi heinäkuun puolivälissä. Oireet alkoivat voimistua syksyä kohden, mutta lajike tulentui luontaisesti ennen kuin perunarutto ehti tuhota kasvustoja. Muista ruokaperunalajikkeista erittäin hyvän kestävyuden luokituksen saivat vuonna 2022 testattu uusi tulokas 'Invictus', jota ei toistaiseksi ole Suomen markkinoilla ja vuonna 2021 testattu 'Muse', joka on poistunut markkinoilta.

Tärkkelysperunalajikkeista erittäin hyvä kestävyys todettiin lajikkeilla 'Ardeche', 'Kuras' ja 'Nofy'. Viimeksi mainittu on poistumassa markkinoilta eikä sitä testattu enää vuonna 2023. 'Ardechella' ja 'Kuraksella' tauti eteni samantyyppisesti vuonna 2023. Oireet olivat vähäisiä elo-syyskuun vaihteeseen asti mutta etenivät voimakkaasti syyskuun alussa. Näiden myöhäisten lajikkeiden kasvustoissa alkoi tuolloin olla luontaisen tuleentumisen merkkejä, mutta ne tuhoutuivat kuitenkin perunaruttoon.

Hyvän kestävyuden luokituksen saivat ruokaperunoista 'Lady Jane', 'Otolia' ja 'Sound' ja tärkkelysperunoista 'Eurostarch', 'Kardal' ja 'Stärkeprofi'. Näiden lajikkeiden oireiden eteneminen oli melko hidasta myös vuoden 2023 kovan ruttopaineen kokeessa.

Valtaosalla lajikkeista oireiden eteneminen oli melko nopeaa tai nopeaa, ja ne saivat kestävyysluokituksen kohtalainen tai heikko. Muutamilla lajikkeilla tauti eteni ensioireiden jälkeen hyvin nopeasti myös vuosina 2021 ja 2022, jolloin epidemia alkoi vasta elokuun puolivälin jälkeen. Heikoimman luokituksen saaneista lajikkeista testattiin vuosittain ainoastaan paljon viljeltyä 'Annabelle' ja tartukkeena käytettyä 'Siikliä'.

Taulukko 9. Testattujen lajikkeiden perunarutonkestävyysluokitus ja koemäärät (1-5) Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2021-2023 toteutettujen kokeiden tuloksista koostettuna.

Kestävyys perunaruttoa vastaan	Lajike	Kokeiden määrä
Erittäin hyvä kestävyys		
	Acoustic	5
	Ardeche	5
	Kuras	5
	Nofy	3
	Invictus	1
	Muse	1
Hyvä kestävyys		
	Eurostarch	5
	Otolia	5
	Sound	5
	Lady Jane	4
	Stärkeprofi	4
	Kardal	3
Kohtalainen kestävyys		
	Jelly	5
	Aurum	4
	Innovator	4
	Posmo	4
	Allstar	3
	Mozart	3
	Stratos	3
	Dunastar	1

Kestävyys perunaruttoa vastaan	Lajike	Kokeiden määrä
Heikko kestävyys		
	Afra	4
	Goldmarie	4
	Karelia	4
	Melody	4
	Noblesse	4
	Asterix	3
	Belana	3
	Challenger	3
	Gala	3
	Lady Claire	3
	Marabel	3
	Partner	3
	Soraya	3
	Donata	2
	Euroresa	2
	Helmi	2
	Loreen	2
	Mungo	2
	Orla	2
	Violet Queen	2
	Camelia	1
	Jazzy	1
	Lady Alicia	1
	Maksim	1
	Musica	1
	Rosamunda	1
	Saprodi	1
Ei kestävyyttä		
	Siikli	5
	Annabelle	4
	Colomba	2
	Solist	2
	Sunita	2
	Lady Felicia	1
	Puikula	1

## Biologisten aineiden tutkimus sekä perunaruton ja lehtipoltteen torjunnan tutkimus ja ennustemallien soveltaminen Suomeen

### *BIOLOGISET JA KEMIALLISET AINEET*

Hankkeiden aikana ei saatu viitteitä siitä, että Suomen markkinoilla olevat perunaruton ja lehtipoltteen torjuntaan tarkoitetut kemialliset fungisidit eivät torjuisi kyseisiä tauteja Suomessa.

Kokeissa testatut biologiset torjunta-aineet ja kasvin puolustusreaktioiden indusoijat sen sijaan eivät vastanneet kemiallisten fungisidien tehoa yksinään käytettynä. Suomessa, Virossa, Tanskassa, Saksassa ja Skotlannissa tehtyjen biologisten aineiden vertailujen perusteella paras perunaruton torjuntateho saavutettiin ChiProPlantilla ja Polyversumilla ja paras lehtipoltteen torjuntateho Serenade Asolla ja FytoSolilla.

Pelkkää biologista ainetta sisältävillä ohjelmilla torjuntateho oli parhaimmillaankin vain vähäistä. Pääsääntöisesti tehoa ei juuri ollut. Joissakin kokeissa tautia esiintyi jopa enemmän kuin käsittelemättömissä koejäsenissä. Kestävämällä lajikkeilla biologisista aineista oli enemmän hyötyä kuin alttiilla. Niiden vaikutus näytti myös olevan riippuvainen tautipaineesta ja epidemian nopeudesta. Teho oli yleensä parempaa näiden ollessa alemmilla tasoilla.

### *ENNUSTEMALLIT*

Suspo-hankkeessa perehdyttiin eri maiden päätöksentekojärjestelmiin ja selvitettiin niihin kuuluvien tautiennustemallien soveltuvuutta Suomeen.

#### Skimmelstyring

Skimmelstyring on Tanskassa Aarhusin yliopiston kehittämä päätöksenteon tukijärjestelmä, joka toimii verkossa. Sen avulla pystytään selvittämään sopiva ruiskutusajankohta perunarutolle. Mallin laskentakaava infektion suuruudelle perustuu paikallisiin säätietoihin. Säätietojen pohjalta malli ehdottaa ruiskutusajankohdan lisäksi kasvinsuojeluainetta ja sen käyttömäärää perunaruton ennaltaehkäisemiseksi.

Petlalla Skimmelstyring-mallia käytettiin ainoastaan perunaruton ilmaantumisen ennustamiseen ja ruiskutukset toteutettiin erillisen ruiskutus suunnitelman mukaisesti. Skimmelstyring ennusti riskiä viikon eteenpäin.

#### Hutton Criteria

Hutton Criteria on Iso-Britanniassa kehitetty malli perunaruton ennustamiselle, joka ottaa huomioon sademäärän ja lämpötilan. Riski perunarutolle on korkea, jos kahden peräkkäisen päivän lämpötila on vähintään 10 °C ja suhteellinen kostus vähintään kuuden tunnin ajan 90 %.

#### VIPS

Nibio (Norwegian Institute of Bioeconomy) on kehittänyt Norjassa VIPS-nettisivun, jossa ennustetaan kasvitautilien ja -tuholaisien ilmaantuvuutta viljelykasveilla ennustemallien avulla. VIPS-sivuilla on ohjelmoituna norjalainen Nærstad-malli, Negative Prognosis-malli sekä lehtipoltteen ennustamiseen kehitetty TOMCAST-malli.

#### Negative Prognosis

Negative Prognosis -malli on yksi historian merkittävimmistä perunaruton ennustemallikehitelmistä 1970-luvulta. Se on kumulatiivinen malli, joka käyttää ennusteen tekemiseen keskilämpötilaa, suhteellista kosteutta ja sademäärää. Negative Prognosis-malli on Euroopassa laajasti käytetty ja se ennustaa ensimmäisen rutontorjunnan ajankohdan. Malli laskee riskiarvon r-kertoimella, joka ottaa huomioon suhteellisen kosteuden ja sademäärän.

Negative Prognosis- malli arvioi, miten sääolot vaikuttavat perunaruton itämiseen, itiöimiseen ja kasvuun. Riski kertyy päivä kerrallaan ja ylittäessään kynnyksarvon 150, riski on joko keltainen (kohtalainen riski) tai punainen (suuri infektioriski) riippuen päivittäisen riskin suuruudesta. Päivittäisen riskin ollessa alle 7, riski on keltainen ja päivittäisen riskin ollessa 7 tai sen yli, riski on punainen. Petlalla Negative Prognosis-malli ennusti riskiä kaksi päivää eteenpäin.

#### Nærstad

Nærstad-malli on norjalaisten kehittämä prosessipohjainen malli, joka pystyy kuvaamaan kehityksessä olevaa piilevää tartuntaa taudin kehityksessä. Nærstad-malli tarvitsee tunneittain tietoja lämpötilasta, sademäärästä, ilman suhteellisesta kosteudesta, auringon kokonaissäteilystä sekä lehtikosteudesta. Säätietojen ja monien parametrien avulla malli ennustaa riskiä itiötuotannolle, itiöiden vapautumiselle, itiöiden eloonjäämiselle sekä tartunnalle. Nærstad-malli pystyy ottamaan huomioon, miten sääolot vaikuttavat perunaruttoon sen eri leviämävaiheissa. Nærstad-malli näyttää vihreää, keltaista tai punaista riskiä riippuen päivittäisen riskin suuruudesta. Vihreällä ei ole riskiä infektiolle (<1), keltaisella kohtalainen riski (>1 ja < 2,5) ja punaisella on riski infektiolle (> 2,5).

Petlalla Nærstad-malli ennusti riskiä parhaimmillaan kolme päivää eteenpäin. Mallin haasteeksi osoittautui säädatan saannin varmuus. Malli tarvitsee datan joka tunnulta. Pidemmän katkoksen tullessa malli ei enää laske ennustetta. Kesäaikana esimerkiksi ukkosen aiheuttamat sähkökatkot voivat siis haitata mallin laskentaa. Lisäksi tarvitaan auringon säteilyarvo (Solar radiation), jotta malli toimii. Arvoa ei mitata kaikilta Ilmatieteen laitoksen asemilta, mikä vaikeuttaa niiden havaintojen hyödyntämistä ennustemallin laskennassa. Yksityisiin asemiin voidaan hankkia säteilyarvomittari.

#### TOMCAST

TOMCAST perustuu malliin, jota käytettiin alun perin tomaatin lehtilaikkusairauksiin ja sitä käytetään lehtipoltteen ennustamiseen perunalla. TOMCAST käyttää päivittäisen riskiarvon laskemiseen edellisen päivän lämpötilaa ja lehtien kosteutta. Riskiarvo kertoo lehtipoltteen oireiden ilmentymisen riskin edellisen 24 tunnin aikana. Riskiarvoa lasketaan, kunnes kynnyksarvo saavutetaan ja käsittelyä suositellaan. Ruiskutuksen jälkeen riskiarvo nollataan ja laskeminen alkaa uudelleen nolasta. Malli näyttää vihreää, kunnes ylittää 15 kynnyksarvon ja muuttuu keltaiseksi tarkoittaen mahdollista lehtipoltteen riskiä. Kun kynnyksarvo 20 ylittyy, mallin varoitus muuttuu punaiseksi tarkoittaen riskiä infektiolle. Petlalla TOMCAST ennusti riskiä viikon eteenpäin.

#### Peltokokeden tulokset

Vuosina 2021 ja 2022 perunaruttoa esiintyi kokeissa melko myöhään, vasta elokuun puolivälin jälkeen. Molempina vuosina hallat tuhosivat kokeet jo syyskuun alussa, joten epidemia ei ehtinyt kehittyä käsittelyissä koeruuduissa juuri lainkaan.

Testatut perunaruton ennustemallit varoittivat infektioriskistä jo heinäkuun puolivälin jälkeen ja torjuntaohjelmat muotoutuivat näiden varoitusten perusteella (Taulukko10). Ensimmäisen ja viimeisen aloitusajan välillä oli 13 vrk. Ensimmäisten, eli vihreiden ohjelmien aloitusaika oli ns. normaalin suomalaisen käytännön mukainen. Ennustemallit eivät vielä varoittaneet infektioriskistä. Keltaisten ohjelmien aloitusaikaan Negative Prognosis- ja Skimmelstyring-mallit varoittivat kohonneesta infektioriskistä. Nämä varoitukset ajoittuivat samaan ajankohtaan. Viimeisenä aloitettujen punaisten ohjelmien aloitusaikaan Negative Prognosis -malli varoitti korkeasta infektioriskistä.

Torjuntaohjelman aloitusajankohdan myöhentämisellä normaalista käytännöstä ei ollut vaikutusta perunaruttolaikkujen ilmaantumiseen. Ensimmäisen torjuntakäsittelyn jälkeen ruttosuojaajalla ylläpidettiin aineiden käyttöohjeiden mukaisilla ruiskutusväleillä.

Taulukko 10. Perunaruton torjuntakäsittelyjen ajankohdat kahdella erilaisella ohjelmalla toteutettuna Säkylässä vuonna 2022. Taulukkoon merkitty myös ajankohdat, jolloin perunaruttoa havaittiin peltolohkolla ja kokeen käsittelemättömissä ruuduissa. Koekasvina tarkkelysperunalajike 'Mungo'.

Rutto lohkolla  
↓  
Rutto käsittelemättömissä  
kontrollissa ↓

Koejäsen	pvm 12.7.2022 Vrk 0 vrk	19.7.2022 7 vrk	25.7.2022 13 vrk	27.7.2022 15 vrk	29.7.2022 17 vrk	2.8.2022 21 vrk	5.8.2022 24 vrk	9.8.2022 28 vrk	12.8.2022 31 vrk	15.8.2022 34 vrk	19.8.2022 38 vrk	23.8.2022 42 vrk	26.8.2022 45 vrk	30.8.2022 49 vrk
OHJELMA 1: Revus-Revus-Infinito-Shirlan-Infinito-RanmanTop->														
Standardi	Revus	Revus	Infinito	Shirlan	Infinito	Ranman Top	Ranman Top	Ranman Top						
Negative prognosis: keltanen varoitus. Skimmelstyring: kohonnut riski														
Negative prognosis: punainen varoitus			Revus	Revus	Infinito	Shirlan	Infinito					Ranman Top	Ranman Top	Ranman Top
OHJELMA 2: Revus-Zorvec Enicade + Leimay-Infinito-Infinito-RanmanTop->														
Standardi	Revus	Zorvec Enicade +Leimay	Infinito	Infinito	Infinito	Ranman Top	Ranman Top							
Negative prognosis: keltanen varoitus. Skimmelstyring: kohonnut riski			Zorvec Enicade +Leimay	Infinito										
Negative prognosis: punainen varoitus			Revus	Zorvec Enicade +Leimay	Infinito							Ranman Top	Ranman Top	Ranman Top

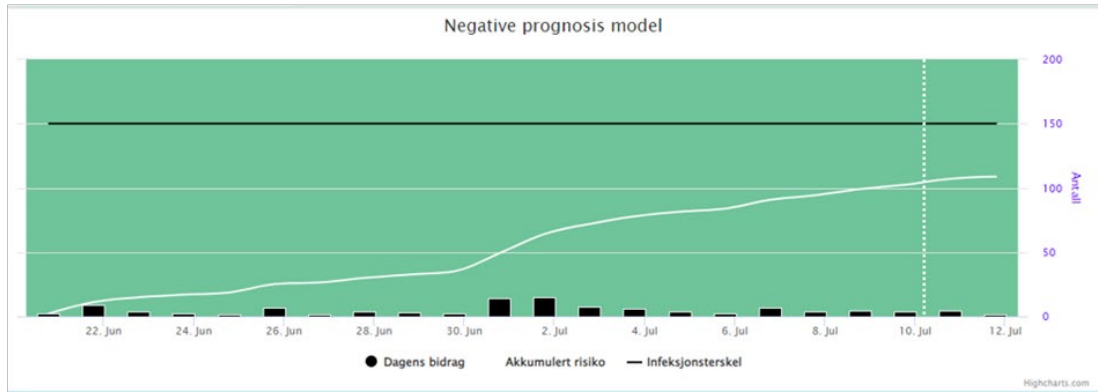
Vuoden 2023 sääolot olivat otolliset perunarutolle. Kesä-heinäkuun vaihteen sateet toivat kasvustoon kosteutta, joka edesauttoi taudinaiheuttajan itämistä ja taudin kehittymistä. Perunaruttopaine kohosi nopeasti ja vaikutti aiheuttavan epävakautta ennusteiden laskentaan testauksen kannalta kriittisellä hetkellä (Kuva 2).

Ennuste muuttui nopeasti sään muuttuessa. Se oli jäljessä ruton todelliseen ilmaantumiseen nähden ja siten kokonaisuudessaan ainoastaan suuntaa antava. Malli ei ennustanut infektoriskiä 14.7. kahden päivän päähän ulottuvalle ennustejaksolle. Jo 17.7. malli ennusti korkeaa riskiä ja samana päivänä tehtiin ensimmäiset ruttolöydökset. Myöhemmin malli teki korjausliikkeen tuolle ajalle siten, että riski oli kohtalainen vasta 18.7. alkaen ja korkea 20.7. alkaen, mikä siis ei vastannut todellista tilannetta koekentällä. Avoimeksi kysymykseksi jäi, miltä ennusteet näyttivät 15.7. ja 16.7., jolloin tutkimushenkilökunta ei ollut paikalla viikonlopun takia.

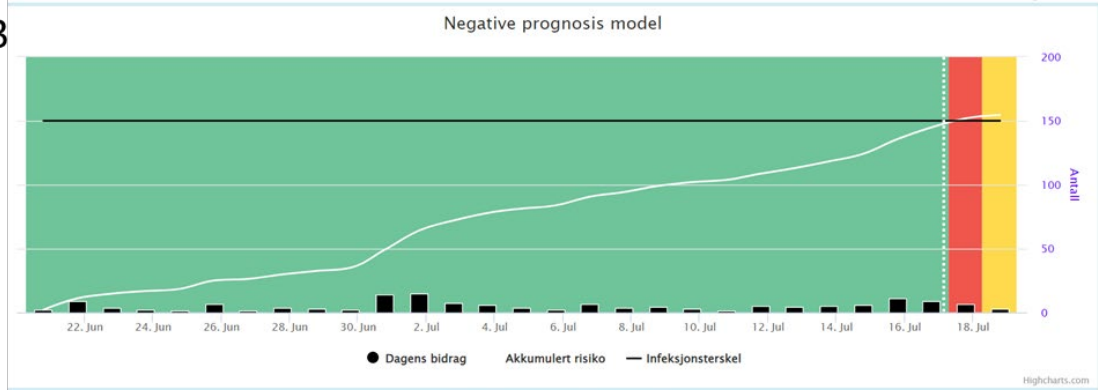
Myös Nærstad-mallin tulkinnassa oli haasteita. Ennuste muuttui jatkuvasti ja myös taaksepäin, mikä vaikeutti ruiskutus päätösten tekemistä ja aiheutti ruiskutusten myöhästymistä (Kuva 3). Molemmat ennusteet vaativat jatkuvaa seuranta ja tarkkailua myös takautuvasti.



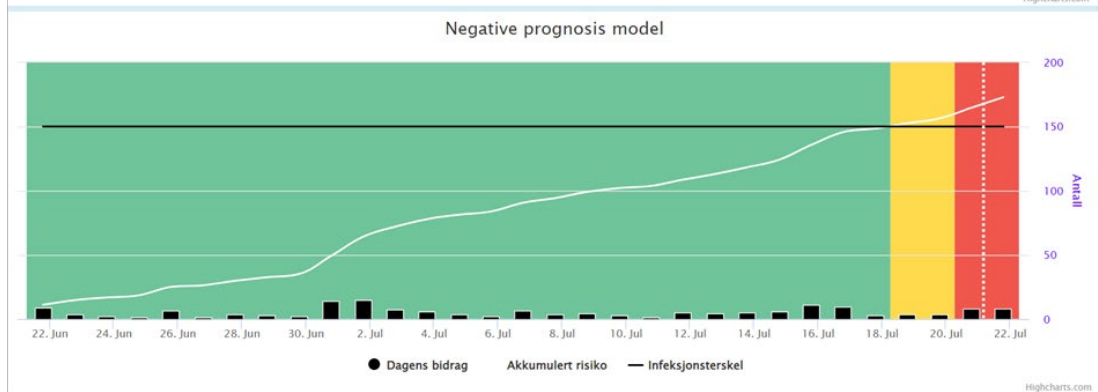
10.7.23



17.7.23



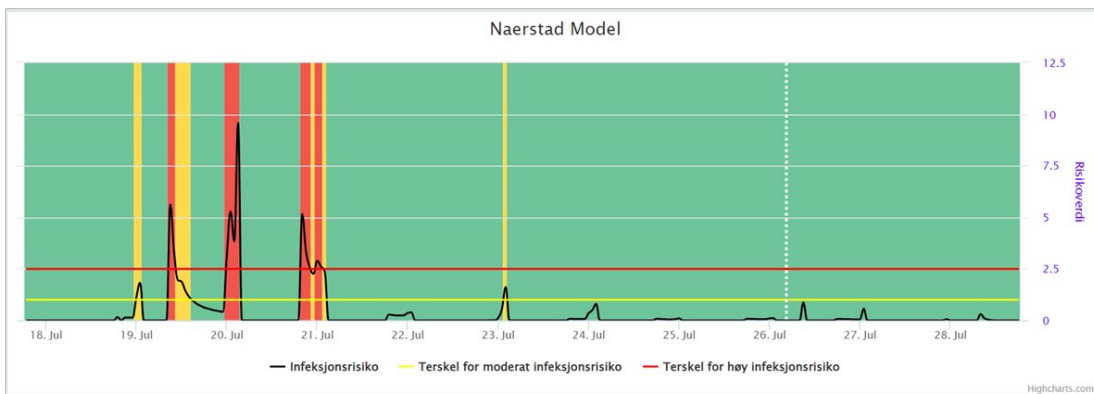
21.7.23



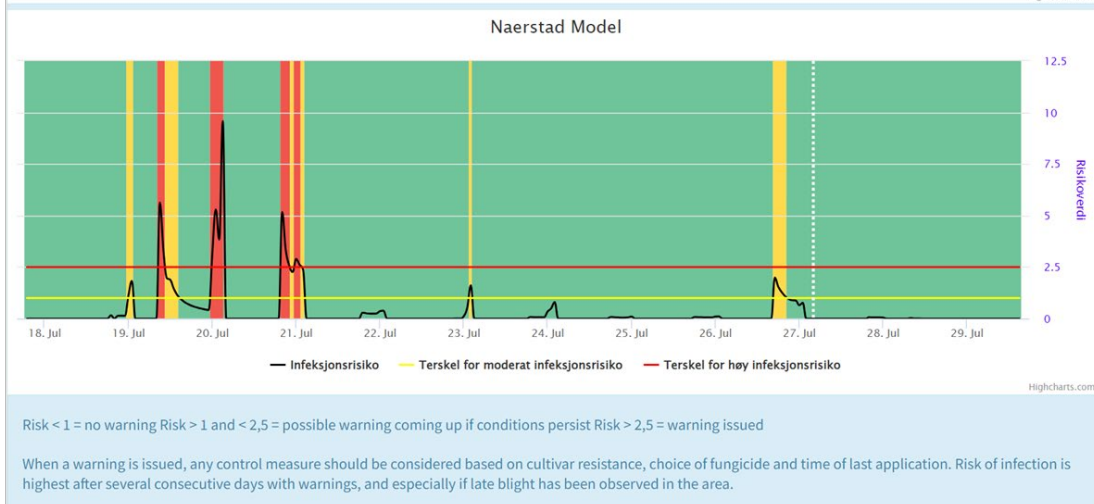
When accumulated risk < 150 the warning status is green (no risk)  
After accumulated risk >= 150 the warning status is yellow (medium risk) if daily risk value is < 7 and red (high risk) when daily risk value >= 7

Kuva 2. Kuvakaappaukset tärkkelysperunalajike 'Mungolla' toteutetulle kokeelle luodun Negative Prognosis -mallin perunaruttoennusteista kolmena ajankohtana. Kokeen ensimmäiset perunaruttolöydökset tehtiin 17.7.23.

26.7.23



27.7.23



Kuva 3. Kuvakaappaukset tärkkelysperunalajike 'Mungolla' toteutetulle kokeelle luodun Nærstad -mallin perunaruttoennusteista kahtena ajankohtana. Alemmassa kuvassa takautuvasti ilmennyt muutos 26.7.23.

Negative Prognosis -ennusteen äkkinäiset muutokset vaikuttivat ennusteisiin eri kriteereihin perustuvien torjuntaohjelmien lopulliseen muotoon. Ohjelmien aloitusajankohdille muodostui melko pieniä eroja samaan aikaan, kun tautipaine oli kova. Käsittelemättömissä ruuduissa kasvustot tuhoutuivat täysin.

Kaikkein vähiten rutto-oireita seurasi torjuntaohjelmista, joissa ei käytetty ennustemalleja, vaan torjunta aloitettiin ns. normaalien suositusten mukaisesti ja jatkettiin siten, että ruttosuojaaj ylläpidettiin fungisidien käyttöohjeiden mukaisesti (Taulukko 11).

Erialaisten torjuntastrategioiden myötä torjuntatulokset olivat hyviä ja taudin tuhoama lehtiala jäi alle 4 %:iin lukuun ottamatta myöhään, neljän päivän kuluttua ruttolöydöksistä aloitettua strategiaa, jota käsiteltiin ainoastaan korkean ruttopaineen aikaan ja jossa ruiskutusvälit venyivät suositeltua pidemmiksi. Tällöin tuhoutunut lehtiala oli kokeen päättyessä n. 12 %.

Negative Prognosis -ennusteen nopeiden muutosten seurauksena torjuntaohjelma, joka aloitettiin kohonneen riskin aikaan, alkoi samana päivänä, jolloin tehtiin ensimmäiset ruttolöydökset. Fungisidina käytettiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti systeemisesti vaikuttavaa tuotetta. Korkean riskin aikaan aloitettujen ohjelmien aloitus oli vain päivää myöhemmin. Tällöin fungisidiksi valittiin suositusten mukaisesti kuratiivista ja kosketusvaikutteista tehoainetta sisältävät tuotteet. Ruiskutusajankohtaa merkittävämpään rooliin nousi ainevalinta, sillä tautihavaintopäivänä aloitetut torjuntaohjelmat tuottivat heikomman torjuntatuloksen kuin päivää myöhemmin eri aineilla aloitetut. Erot olivat joidenkin ohjelmien välillä tilastollisesti merkitseviä, mutta silti taudin vakavuuden suhteen melko pieniä. Korkean tautipaineen aikana fungisidin vaikutustapa ja ainevalinnan merkitys korostui.

Taulukko 11. Säkylässä vuonna 2023 toteutetun ennustemallikokeen torjuntastrategiat taudin voimakkuutta kuvaavan AUDPC-arvon (Area Under Disease Progress Curve) mukaan järjestettynä. Samalla kirjaimella merkityt AUDPC-arvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Student-Newman-Keuls,  $p=0,05$ ).

Torjuntastrategia		Käsittelyt A-G: aloituspv + jatkokäsittelyt, vrk aloituksesta							AUDPC
Aloitusaika	Jatkoruiskutukset	A	B	C	D	E	F	G	10.7.-28.8.
Ohjelman aikataulu	Ohjelman aikataulu	13.7.	8	15	22	32	-	-	0,4 <sup>f</sup>
Ei mallia	Ei mallia	13.7.	8	15	25	32	40	-	0,8 <sup>f</sup>
Normaali suositus, Negative prognosis vihreällä	Ruttosuojan ylläpito aineen ohjeen mukaisesti	10.7.	7	14	21	28	35	43	1,1 <sup>f</sup>
Ohjelman aikataulu	Ohjelman aikataulu	13.7.	8	18	28	35	-	-	1,2 <sup>f</sup>
Negative prognosis: punainen varoitus	Nærstad: keltainen varoitus	18.7.	9	16	23	30	-	-	6,1 <sup>ef</sup>
Negative prognosis: punainen varoitus	Ruttosuojan ylläpito aineen ohjeen mukaisesti	18.7.	7	14	22	29	36	-	11,8 <sup>de</sup>
Negative prognosis: punainen varoitus	Nærstad: punainen varoitus	18.7.	10	23	35	-	-	-	17,4 <sup>cde</sup>
Negative prognosis: keltainen varoitus	Nærstad: keltainen varoitus	17.7.	10	17	24	31	-	-	29,7 <sup>cde</sup>
Negative prognosis: keltainen varoitus	Ruttosuojan ylläpito aineen ohjeen mukaisesti	17.7.	7	14	21	28	36	-	63,3 <sup>bcd</sup>
Negative prognosis: laskenta päättynyt	Ruttosuojan ylläpito aineen ohjeen mukaisesti	21.7.	7	14	21	28	-	-	80,3 <sup>bc</sup>
Negative prognosis: laskenta päättynyt	Nærstad: punainen varoitus	21.7.	7	20	32	-	-	-	221,7 <sup>b</sup>
Ei ruiskutuksia	Ei ruiskutuksia	-	-	-	-	-	-	-	1705,0 <sup>a</sup>

Vuonna 2023 Negative Prognosis- ja Nærstad-mallit eivät olleet tarpeeksi tarkkoja, jotta niiden perusteella torjuttaessa olisi saavutettu yhtä hyvät perunaruton torjuntatulokset kuin tavanomaisen suositeltavan käytännön mukaan toimittaessa. Tähän johti todennäköisesti suurelta osin tautiriskitason äkillinen nousu, johon ei pystytty nopeasti reagoimaan. Optimaaliseen aikaan aloitettu ruiskutusohjelma ja ainevalinta olivat avainasemassa rutontorjunnassa. Tulosten perusteella on oleellista aloittaa perunaruton torjunta mahdollisimman lähellä infektiota syntymistä. Ruiskutuskertojen korkeampi määrä ei välttämättä taannut parasta tulosta.

Vuosien 2021-2023 kokeiden perusteella sekä Negative Prognosis- että Nærstad-malli vaativat jatkotestausta ennen kuin laajempaa käyttöönottoa voidaan suositella Suomessa. Erityisesti taudinaiheuttajalle epäsuotuisissa olosuhteissa ennusteista voi kuitenkin saada tukea päätöksille lykätä torjuntaruiskutuksia myöhempään ajankohtaan ja tätä kautta vähentää kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja kustannuksia. Vastaavasti korkean perunaruttopaineen ajanjaksoina ennustemallit puoltavat ruttosuojan ylläpitoa. Haastavin tilanne näyttäisi olevan näiden kahden ääripään välinen kohtalaisen riskin aika. Näissä tilanteissa mallien luotettavuudessa oli eniten epävarmuutta. Toisaalta juuri näihin tilanteisiin tarvittaisiin eniten tukea päätöksentekoon. Lisätutkimustarpeet liittyvät juuri mallien toimintavarmuuteen Suomen muuttuvissa olosuhteissa.

## PERUNARUTON JA LEHTIPOLTTEEN IPM-TUTKIMUKSET

Eri maissa tehdyissä integroidun torjunnan kokeissa tulokset olivat vaihtelevia sekä perunarutolla että lehtipoltteella, mutta myös yhtenäisiä suuntaviivoja todettiin. Suomen koetulokset olivat saman suuntaisia kuin muissa neljässä maassa (Taulukot 12 ja 13, Kuvat 4 ja 5). Standardifungisidiohjelmat tuottivat lähes poikkeuksetta parhaimman torjuntatuloksen. Myös IPM-ohjelmat olivat usein tehokkaita, mutta niiden järjestys vaihteli eri lajikkeilla ja koepaikoilla. Selvää paremmuusjärjestystä ei voitu osoittaa.

Fungisidien käyttö perunaruton ja lehtipolteen torjunnassa todettiin välttämättömäksi. Biologisia aineita integroimalla fungisidien käyttö kuitenkin väheni. Testattuja tautiriskiä perustuvia strategioita noudattamalla IPM-ohjelmissa käytettiin eri koevuosina ja eri koepaikoissa 25–87 % vähemmän kemiallisia fungisideja säännölliseen viikoittaiseen fungisidien käyttöön verrattuna. Toteutunut säästö oli täysin riippuvainen riskiennusteesta, johon puolestaan sääoloilla oli merkittävä vaikutus.

Esimerkiksi Suomessa vuonna 2022 aikaisella Gala-lajikkeella torjunta-aika oli 13.7.–10.8. ja torjuntakertoja 5 kpl. Valtaosan ajasta riski perunaruttoinfektioille oli matala ja kaiken kaikkiaan fungisidien käyttö IPM-ohjelmissa oli vain 30 % tavanomaisesta. Myöhäisen Kuras-lajikkeen torjunta-aika jatkui elokuun loppuun, jolloin riski infektiolle oli korkea. Yhteensä 8 torjuntakerralla fungisidien käyttö oli noin puolet tavanomaisesta. Vuoden 2023 kokeissa perunaruttopaine oli ennustemallista riippuen korkea koko tai lähes koko torjuntakauden ajan. IPM-strategioita käytettäessä fungisidien käyttö oli 63–75 % tavanomaisesta viikoittaisesta fungisidien käytöstä.

Hankeaikana suurin fungisidien säästö, 87,5 %, saavutettiin vuonna 2022 Saksassa. Tautiriskiennuste oli koepaikalla tuolloin matala lähes koko kauden. Parhaat torjuntatulokset kokeessa saavutettiin kuitenkin viikoittaisella normaalilla täyden annoksen fungisiditorjunnalla. Kuras-lajikkeella ero oli tilastollisesti merkitsevä. Pienin säästö, 25 %, fungisideissa saavutettiin vuonna 2023 Suomessa sekä Gala- että Kuras-lajikkeella käyttäen Hutton Criteriaa, joka vaikuttaa arvioivan tautiriskin korkeaksi herkemmin.

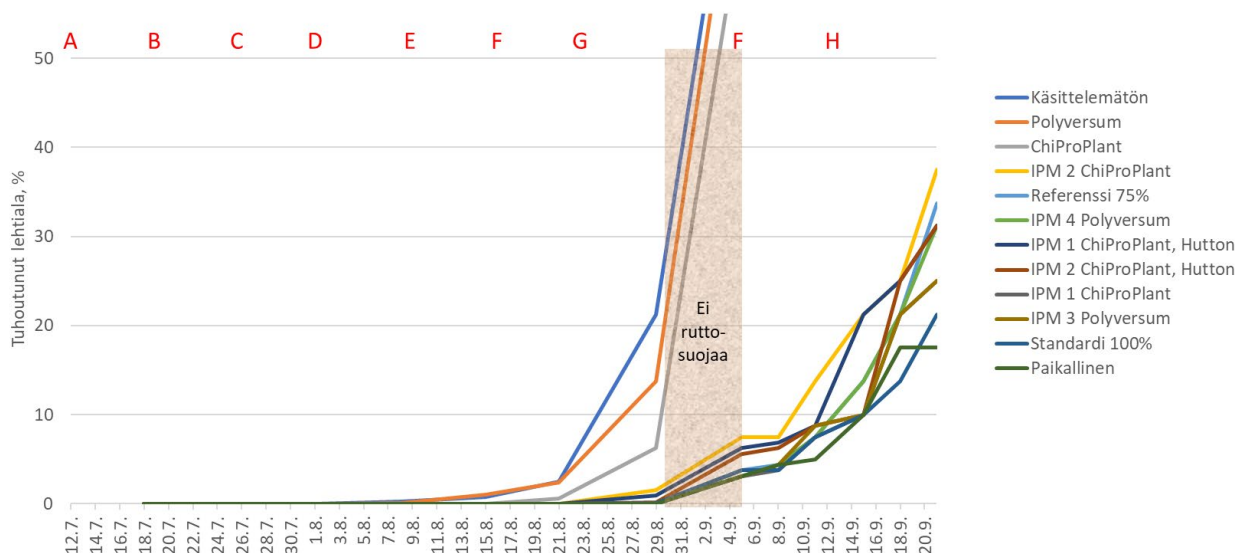
IPM-ohjelmissa fungisidien vaikutus oli huomattava. Biologisten aineiden tuoma lisäarvo jäi tutkimuksessa epävarmaksi. Laajoissa kokeissa ei voitu todentaa, että biologisten aineiden integroiminen torjuntaohjelmiin edistäisi taudin hallintaa. Kuitenkaan, kemiallisten fungisidien käyttömäärien vähentämistä ei yleisesti suositella.

Perunaruton taudinaiheuttajan vähäinenkin esiintyminen lisää riskiä satoa pilaavalle mukularutolle ja maasaastunnalle, joka puolestaan toimii pitkälle seuraaviin vuosiin tartunnan lähteenä otollisissa olosuhteissa aivan kasvukauden alusta lähtien. Taudinaiheuttaja voi levitä myös siemenperunan tai sen pintaan kiinnittyneen maa-aineksen välityksellä. Lehtipolteen taudinaiheuttaja puolestaan säilyy kasvinjätteissä 1–2 vuotta. Vain osittain onnistuneen torjunnan seurauksena taudinaiheuttajapopulaatio valikoituu, kun vahvin osa jää eloon. Vaarana on resistenssin kehittyminen käytetyille tehoaineille.

Näistä syistä kemiallisten fungisidien annoskoon vähentäminen ei ole suositeltavaa yksinään käytettynä, vaikka yksittäisenä vuotena vähäisemmällä käyttömäärällä voitaisiinkin päästä hyvään torjuntatulokseen. Tutkimuksessa ei selvinnyt, tuovatko biologiset vaihtoehdot riittävän täydennyksen torjuntaan, jotta maasaastunna ei muodostuisi tai resistenssiä kehittyisi. Aihe vaatii jatkotutkimusta.

Taulukko 12. Perunaruton IPM-kokeessa Säkylässä vuonna 2023 toteutuneet torjuntaohjelmat Kuras-lajikkeella taudin voimakkuutta kuvaavan AUDPC-arvon (Area Under Disease Progress Curve) mukaan järjestettynä. Samalla kirjaimella merkityt AUDPC-arvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Student-Newman-Keuls,  $p=0,05$ ). Perunaruttoriski oli 12.7. matala. Tämän jälkeen riski oli kohtalainen tai korkea koko loppukauden ajan. Elo-syyskuun vaihteessa ruiskutusväli oli 13 vrk sateisten säiden vuoksi.

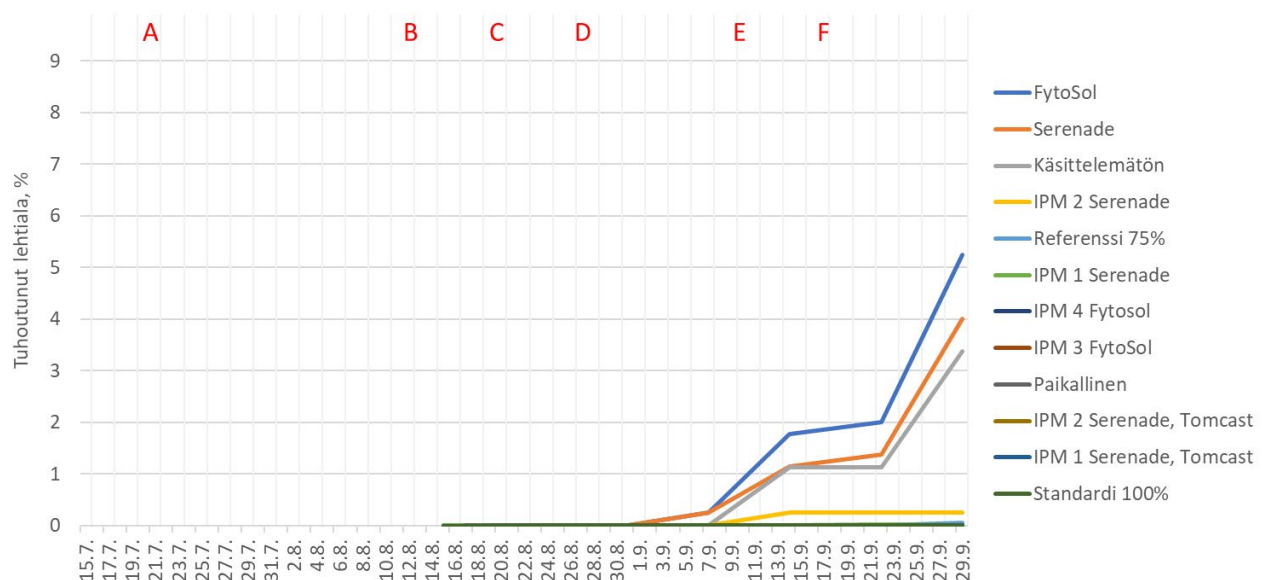
Käsittely	A	B	C	D	E	F	G	SADE	H	I	AUDPC	
Vrk ensimmäisestä käsittelystä	0	7	14	20	28	35	42	49	55	63		
Kemiallisen												
Koejäsen	annos	12.7.	19.7.	26.7.	1.8.	9.8.	16.8.	23.8.	30.8.	5.9.	13.9.	18.7.-21.8.
Paikallinen strategia	100 %		Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	160 <sup>c</sup>
Standardi	100 %	Revus	Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	165 <sup>c</sup>
IPM 1, strategia 1, ChiProPlant, Tanskalainen riskiarvio	75 %	ChiProPlant	Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	190 <sup>c</sup>
IPM 3, strategia 1, Polyversum, Tanskalainen riskiarvio	75 %	Polyversum	Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	196 <sup>c</sup>
IPM 4, strategia 2, Polyversum, Tanskalainen riskiarvio	75 %	Polyversum	Polyversum Zignal Proxanil	Polyversum Infinito	Polyversum Infinito	Polyversum Zignal	Polyversum Zignal	Polyversum Ranman Top		Polyversum Ranman Top Proxanil	Polyversum Ranman Top	214 <sup>c</sup>
Referenssi 75 %	75 %		Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	221 <sup>c</sup>
IPM 2, strategia 2, ChiProPlant, Hutton Criteria	75 %	ChiProPlant Revus	ChiProPlant Zignal Proxanil	ChiProPlant Infinito	ChiProPlant Infinito	ChiProPlant Zignal	ChiProPlant Zignal	ChiProPlant Ranman Top		ChiProPlant Ranman Top Proxanil	ChiProPlant Ranman Top	236 <sup>c</sup>
IPM 1, strategia 1, ChiProPlant, Hutton Criteria	75 %	Revus	Zignal Proxanil	Infinito	infinito	Zignal	Zignal	Ranman Top		Ranman Top Proxanil	Ranman Top	286 <sup>c</sup>
IPM 2, strategia 2, ChiProPlant, Tanskalainen riskiarvio	75 %	ChiProPlant	ChiProPlant Zignal Proxanil	ChiProPlant Infinito	ChiProPlant Infinito	ChiProPlant Zignal	ChiProPlant Zignal	ChiProPlant Ranman Top		ChiProPlant Ranman Top Proxanil	ChiProPlant Ranman Top	325 <sup>c</sup>
ChiProPlant viikottain		ChiProPlant	ChiProPlant	ChiProPlant	ChiProPlant	ChiProPlant	ChiProPlant	ChiProPlant		ChiProPlant	ChiProPlant	1750 <sup>b</sup>
Polyversum viikottain		Polyversum	Polyversum	Polyversum	Polyversum	Polyversum	Polyversum	Polyversum		Polyversum	Polyversum	1929 <sup>a</sup>
Käsittelemätön												1994 <sup>a</sup>



Kuva 4. *Phytophthora infestans* -munasiemen kehittyminen Kuras-lajikkeen kasvustossa IPM-kokeessa Säkylässä vuonna 2023. Torjunta-käsittelyt ohjelmien mukaisesti ajankohtina A-H. Aikavälillä 30.8.–5.9. kasvustot olivat ilman ruttosuojaa.

Taulukko 13. Lehtipolteen IPM-kokeessa Säköylässä vuonna 2023 toteutuneet torjuntaohjelmat Kuras-lajikkeella taudin voimakkuutta kuvaavan AUDPC-arvon (Area Under Disease Progress Curve) mukaan järjestettynä. Samalla kirjaimella merkityt AUDPC-arvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Student-Newman-Keuls,  $p=0,05$ ). Lehtipolteriski oli ennusteiden mukaan korkea lähes koko torjuntakauden. Sateiden takia kaksi ruiskutusväliä oli suunniteltua pidempiä.

Käsittely	A	SADE	B	C	D	SADE	E	F	AUDPC	
Vrk ensimmäisestä käsittelystä	0	14	21	28	35	42	48	55		
Koejäsen	Kemiallisen annos	21.7.	4.8.	11.8.	18.8.	25.8.	1.9.	7.9.	14.9.	15.8.-29.9.
Standardi	100 %	Signum		Narita		Signum		Propulse		0,03 <sup>b</sup>
IPM 2, strategia 2, Serenade, Tomcast	75 %			Serenade Narita	Serenade	Serenade Signum		Serenade Propulse	Serenade	0,04 <sup>b</sup>
IPM 3, strategia 1, Fytosol, Tomcast + P-days	75 %			Narita	Fytosol	Signum		Propulse	Fytosol	0,07 <sup>b</sup>
IPM 1, strategia 1, Serenade, Tomcast	75 %			Narita	Serenade	Signum		Propulse	Serenade	0,08 <sup>b</sup>
Paikallinen strategia	100 %			Narita		Signum		Propulse		0,08 <sup>b</sup>
IPM 4, strategia 2, Fytosol, Tomcast + P-days	75 %			Fytosol Narita	Fytosol	Fytosol Signum		Fytosol Propulse	Fytosol	0,10 <sup>b</sup>
Referenssi 75 %	75 %			Narita		Signum		Propulse		0,28 <sup>b</sup>
IPM 1, strategia 1, Serenade, Tomcast + P-days	75 %			Narita	Serenade	Signum		Propulse	Serenade	0,32 <sup>b</sup>
IPM 2, strategia 2, Serenade, Tomcast + P-days	75 %			Serenade Narita	Serenade	Serenade Signum		Serenade Propulse	Serenade	1,27 <sup>b</sup>
Käsittelemätön										23,56 <sup>a</sup>
Serenade viikottain				Serenade	Serenade	Serenade		Serenade	Serenade	33,07 <sup>a</sup>
FytoSol viikottain				Fytosol	Fytosol	Fytosol		Fytosol	Fytosol	35,11 <sup>a</sup>



Kuva 5. *Alternaria*-sienen kehittyminen Kuras-lajikkeen kasvustossa IPM-kokeessa Säköylässä vuonna 2023. Torjunta-käsittelyt ohjelmien mukaisesti ajankohtina A-F.

## Ohjeistus perunaruton torjuntaan

Hankkeissa ei katsottu tarpeelliseksi muuttaa perunaruton torjunnan nykyisiä yleisiä ohjeistuksia. Eräitä toimintasuosituksia kuitenkin tehtiin hankkeissa saavutettujen tietojen perusteella. Nämä ovat luettavissa raportin viimeisessä osiossa.

Kattavat IPM-ohjeistukset löytyvät mm. julkaisuista

- Peruna: IPM-ohjeet 2016. Aaltonen, Marja; Hannukkala, Asko; Huusela-Veistola, Erja; Jalli, Heikki; Ketola, Jarmo; Känkänen, Hannu; Nissinen, Anne; Raiskio, Sakari; Ruuttunen, Pentti; Salo, Tapio; Tiilikkala, Kari; Tuovinen, Tuomo; Vänninen, Irene. Luonnonvarakeskus 2016. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532775/Luke-perunaopas.pdf>
- Terve peruna 2014. Pro Agria, MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Perunantutkimuslaitos. [www.proagria.fi/www/nettilehdet/terve\\_peruna/Terve\\_peruna.pdf](http://www.proagria.fi/www/nettilehdet/terve_peruna/Terve_peruna.pdf)

### HUOMIOITA

Perunaruton torjunnassa on tärkeää kiinnittää huomiota lajikkeen kestävyysominaisuuksiin.

Kemiallisia fungisideja suositellaan käytettäväksi kunkin aineen käyttöohjeen mukaisesti siten, että torjuntaohjelma koostuu eri tavoin vaikuttavista aineista. Tautisuojaan ylläpitämiseksi on tärkeää kiinnittää huomiota aineiden vaikutustapoihin ja vaikutusaikoihin. Korkean tautipaineen aikana fungisidin vaikutustapa ja ainevalinnan merkitys korostuvat. Annoskoot suositellaan pitämään käyttöohjeen mukaisina. Näillä keinoilla saavutetaan paras torjuntatuloks ja estetään fungisidiresistenssin muodostuminen sekä maan ja mukulasadon saastuminen.

Erityistä huomiota on suositeltavaa kiinnittää kasvukauden säähän ja sen vaikutuksiin taudinaiheuttajan elinkierron kannalta. Kasvustojen tarkkailu niin viljelmillä kuin kotitarvepalstoilla on tärkeää. Fungisiditorjunta on ajankohtaista viimeistään silloin, kun ilman torjuntaa olevissa kasvustoissa esiintyy perunaruttolaikkuja.

## 3.3 Toteutusvaiheen arviointi

### Muutokset henkilöstössä ja kansainvälinen yhteistyö

Hankkeiden hakuvaiheen ja loppuraportoinnin välisenä aikana Perunantutkimuslaitoksella tapahtui paljon muutoksia. Toimipaikka vaihtui Etelä-Pohjanmaan Ylistarosta Satakunnan Säskylään Räpin koetilalle ja henkilöstössä tapahtui muutoksia vuosittain. Muutokset ja niihin liittyvät haasteet ovat vaikuttaneet hankkeisiin monin tavoin.

Kansainvälinen yhteistyö alkoi koronapandemian vallitessa. Matkustus- ja kokoontumisrajoitusten takia tapaamiset järjestettiin etäyhteyksien välityksellä. Ensimmäinen kasvokkain tapaamisen mahdollisuus oli vasta joulukuussa 2022, joka järjestettiin hybriditilaisuutena. Sairastumisten takia Suomi osallistui etäyhteydellä. Seuraava ja viimeinen hanketapaaminen tutkijoiden kesken oli marraskuussa 2023, jolloin kaikki maat osallistuivat paikan päällä. Muutokset Petlan henkilöstössä vaikuttivat Ecosol-hankkeen työpakettien vetämisen vastuujakoon. Myös muissa maissa tapahtui muutoksia henkilöstössä hankkeen aikana.

## Perunaruttopopulaation kartoitus ja perunaruttoisolaattikokoelman uudistus

Kahtena ensimmäisenä vuotena perunaruttoepidemia jäi lyhyeksi. Vuonna 2021 näytekeräily jäi hyvin vähäiseksi ja vuonna 2022 se puolestaan keskittyi lähinnä koekentille. Vuonna 2023 ruttoa esiintyi enemmän ja näytteitä kerättiin maantieteellisesti laajemmin ja viljelijöiden pelloilta saatiin näytteitä aikaisempia vuosia enemmän. Tavoitellusta näytteiden määrästä jäätiin kuitenkin joka vuosi. Näytekeräily-yhteistyön organisoinnilla on suuri merkitys. Yhteistyötahojen koulutus ja parempi sitouttaminen olisi ollut tarpeellista.

Luken isolaattikokoelmaa uudistettiin onnistuneesti.

## Lajiketutkimus

Lajiketutkimus onnistui vähintään suunnitellussa laajuudessa. Yhteistyö lajike-edustajien kanssa oli sujuvaa. Testauskentän kehitys nähtiin tarpeelliseksi vuosittain ja ruutukoon pieni kasvattaminen suoja- ja tartukekasveja lisäämällä todettiin hyväksi. Testattavan lajikelistan päivitys vuosittain oli tarpeen, sillä kaikkia lajikkeita ei ollut mielekästä testata eikä kaikkia ollut saatavillakaan. Ecosol-hankkeen suunnitelmasta poiketen kansainvälistä testisettiä ei testattu saatavuusongelmien takia. Vuosina 2021 ja 2022 perunarutto tuli kokeille suhteellisen myöhään ja pian tämän jälkeen kokeet tuhoutuivat hallan takia. Tulokset jäivät vajaiksi. Vuonna 2023 tätä ennakoitiin istuttamalla kokeet aikaisemmin. Vuosi oli kuitenkin erilainen ja ruttoepidemia alkoi jo heinäkuussa ja tuolloin taudinkehityksestä saatiin kattavampi kuva.

## Tehoaineiden tutkimus

Kasvinsuojeluaineiden tehokkuuden tunteminen on tärkeää. Yksittäisten fungisidien tehokkuuden testaus peltomittakaavassa ei kuitenkaan ole mielekästä resistenssin hallinnan näkökulmasta. Fungisidien tehokkuuden selvittämiseksi peltomittakaavassa samaa fungisidia tulisi käyttää useita kertoja kasvukauden aikana. Tämä ei ole suositeltavaa ja useimpien aineiden käyttöohjeiden mukaan myöskään muista syistä sallittua. Hankkeiden kokeissa tarkkailtiin kuitenkin eri tuotteiden vaikutuksia ja alentunutta torjuntavaikutusta ei havaittu. Jatkossa tehokkuustutkimus on hyvä suunnitella tehtäväksi laboratorio-oloissa. Työlle on tarvetta, sillä Euroopassa on havaittu alentuneita tehoja mm. CAA- ja OSBPI-ryhmien fungisideilla. Näissä hankkeissa eristettyjä Suomen nykyistä taudinaiheuttajapopulaatiota edustavia perunaruttoisolaatteja voitaisiin käyttää tehotestaukseen.

Biologisten aineiden testaus ostopalveluna ei tuottanut tuloksia. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että joulukuussa toteutettu kasvatuskoe ei ollut perunan kannalta sopiva ajankohta vaan kasvu oli heikkoa ja epämuotoista.

## Tautiennuste- ja IPM-tutkimus

Edellytys tautiennustemallien tutkimukselle ja käytölle oli paikallisissa oloissa sijaitseva sääasema, jonka tiedot olivat ennustelaskennan käytettävissä. Laitehankinta ja tekninen valmistelu oli aikaa vievää ja ensimmäisenä hankevuotena Petlan omaa laitteistoa ei päästy hyödyntämään alusta lähtien. Korvaavaa säädataa saatiin Ilmatieteenlaitokselta. Petlan sääasemalla oli tietokoneen päivittymisen takia katkoksia säädatassa ja Nærstad-mallin laskenta jouduttiin käynnistämään muutamia kertoja uudestaan.



Sääaseman sijainti ei ollut optimaalinen. Se sijaitsi n. 300 m päässä kokeista, peltoaukeaa suojaisemmassa paikassa. Tämä saattoi vaikuttaa ennusteiden tarkkuuteen. Sääaseman sijaintiin liittyvät tekniset kysymykset ovat ratkaistavissa laitehankintojen kautta, mutta hankeaikana nämä jäivät toteuttamatta.

Kaiken kaikkiaan ennustemallitutkimus eteni alkuperäisiä tavoitteita hitaammin. Ensimmäisenä koevuotena 2021 hankkeissa lähinnä perehdyttiin mallien toimintaan ja tulkintaan. Negative Prognosis -mallille tehtiin myös ensimmäinen peltokoe. Vuosina 2022 ja 2023 ennustemalleja oli enemmän käytössä ja niitä analysoitiin tarkemmin suhteessa perunaruton ilmaantumiseen ja kehittymiseen koekentällä.

Vuosina 2021 ja 2022 perunarutto tuli kokeille vasta elokuun puolivälissä tai sen jälkeen, minkä jälkeen yöpakkaset tuhosivat kokeet melko pian. Kolmantena vuotena 2023 perunaruttoepidemia alkoi heinäkuussa ja oli hyvin voimakas. Näin ollen selkeintä tutkimusdataa saatiin vain yhtenä vuotena. Soveltuvuudesta Suomeen ei saatu varmuutta eikä saavutetut tiedot riitä ennustemallien käytäntöön viemiseen. Tarkemman testauksen ja selvittämisen myötä tämä voi kuitenkin tulevaisuudessa olla mahdollista.

Ecosol-hankkeiden kokeet olivat laajoja ja ne toteutettiin pääsääntöisesti yhteisiä protokollia noudattaen. Joitakin muutoksia hyväksyttiin tilanteesta riippuen. Kokeiden tulokset jättivät tutkimuksellisia kysymyksiä, joiden suhteen osa tahoista on ilmoittanut jatkotutkimusaikeista.

## 3.4 Julkaisut

### Julkaisut peruna-alan ammattilehdessä

- Tuottava Peruna 1/2021 Petlalla alkaa kaksi uutta perunaruttohanketta. Hokka, Marjo.
- Tuottava Peruna 4/2021 Perunaruton kestävät ja ennakoivat torjuntamenetelmät. Hokka, Marjo.
- Tuottava Peruna 1/2022 Ennustemallit perunaruton torjunnassa. Koivisto, Minttu.
- Tuottava Peruna 2/2022 Tutkimuskuulumisia perunarutosta ja lehtipoltteesta. Lukkala, Riina.
- Tuottava Peruna 3/2022 Ruttoa ja lehtipoltetta havaintopapereiden täydeltä. Lukkala, Riina.
- Tuottava peruna 4/2022 Ennustemallit perunaruton ja lehtipoltteen torjunnan apuna. Mäenpää, Juha.
- Tuottava Peruna 1/2023: Miltä näyttää lajikkeiden rutonkestävyys? Lukkala, Riina.
- Tuottava Peruna 2/2023: Ruttokartoilla puhalttaa. Lukkala, Riina.
- Tuottava Peruna 4/2023: Petlan kolmas ruttotutkimusvuosi Räpillä. Lukkala, Riina.
- Hankkeen lopputuloksia ja toimenpidesuosituksia tullaan julkaisemaan Tuottava Peruna lehdessä numerossa 3 2024.

### Julkaisut kotimaisissa lehdissä

- Satakunnan Kansa 30.5.2023. Taistelu perunaruttoa vastaan. Wallin Harri / Lukkala Riina.
- Kasvinsuojelulehti 3/2023: Kovan perunaruttopaineen vuosi hyödynnettiin Petlalla. Lukkala Riina.

## Muut julkaisut

- Koivisto, M. 2022. Ennustemallit perunaruton torjunnassa. Kandidaatintutkielma.
- Koivisto, M. 2024. Forecast models for potato late blight management in Finland. Maisterintutkielma.
- Ecosol-hankkeen tuloksista on valmisteilla tieteellisiä julkaisuja.

## Esitelmät ja luennot

- Kasvinsuojeluseuran kasvinsuojelupäivät, webinaari. Hokka, Marjo. Hankkeiden esittely. 18.1.2021.
- Finnamyl sopimusviljelijöiden webinaari. Hokka, Marjo. Hankkeiden esittely. 11.2.2021.
- Finnamyl sopimusviljelijöiden webinaari. Mäenpää, Juha. Hankkeiden tilanne. 6.4.2021.
- Lapuan Perunan sopimusviljelijöiden Webinaari. Mäenpää, Juha. 7.4.2021.
- Kasvinsuojelun neuvottelukunta (Teams). Hokka, Marjo. Hankkeiden esittely. 6.9.2021.
- Luomupäivät. Seinäjoki. Perunaruton kestävät ja ennakoivat torjuntamenetelmät. Lukkala, Riina. 12.11.2021.
- Syngenta Potato Academy, Malmö, Ecosol- esittely. Hokka, Marjo. 1.-2.12.2021
- Options for field trials with foliar spray application, ECOSOL WP5. Hokka, Marjo. 20.1.2022,
- Räpin koetilan peltopäivä. Hankkeen peltokokeiden esittely. Marjo Hokka 16.8.2022.
- Finnamyl Pellonpiennarilta Räpin koetila, Säkylä. Hankkeiden peltokokeiden esittely. Lukkala Riina ja Koivisto Minttu. 17.8.2023.
- Räpin koetilan peltopäivä. Hankkeen peltokokeiden esittely. Lukkala Riina ja Koivisto Minttu. 22.8.2023.
- Ecosol-meeting, Frankfurt. Results 2022. Etäyhteydellä Lukkala Riina. 2.12.2022
- Ecosol-meeting, Teams. Yield results 2022. Lukkala, Riina. 10.1.2023
- Ecosol project meeting (partners and stakeholders). Webinaari. Lukkala, Riina. 16.1.2023.
- IPM perunalla SUSPO- ja Ecosol-tutkimushankkeet. Kasvinsuojelupäivä. Lukkala, Riina. 31.1.2023.
- Perunaruton integroitu torjunta SUSPO- ja Ecosol-tutkimushankkeet. PAYR Talvipäivät. Lukkala, Riina. 14.3.2023.
- Ruokamessut. Maukkaat Messut Säkylä. Esittelyluento Petlan toiminnasta ja käynnissä olevista hankkeista. Järvenpää, Leena. 14.10.2023.
- Perunarutto näytti, mihin pystyy. Kasvinsuojeluseuran Syyspuinti. Hämeenlinna. Lukkala, Riina. 7.11.2023
- Ecosol meeting. Summaries of trials in Finland 2023. Amsterdam. Lukkala, Riina. 30.11.2023.
- ProAgria Perunaverkoston kokous. Suspo ja Ecosol -hankkeiden koetuloksia. Webinaari. Järvenpää, Leena. 12.12.2023.
- Perunaruttotutkimusten tuloksia. PAYR Talvipäivät. 12.-13.3.2024. Riina Lukkala.

## 4. Tulosten arviointi

### 4.1 Tulosten käytännön sovellettavuus

Suomalaisen perunaruttopopulaation tuntemus auttaa taudin torjuntaan varautumisessa. Suvullinen lisääntyminen aiheuttaa haasteita taudin hallintaan, sillä perunaruttopopulaatio on vuosittain erilainen ja vaihteleva. Tulokset vahvistavat tarvetta eri tehoaineiden käyttöluville ja niiden saatavuudelle Suomen markkinoilta, jotta monimuotoisen populaation aiheuttamaa tautia voidaan torjua mahdollisimman hyvin.

Muuntelevassa populaatiossa pelkkä genotyypitys yksinään ei kerro taudinaiheuttajan mahdollisesta fungisidikestävyydestä riittävästi, vaan selvittäminen vaatii altistusmenetelmällä tapahtuvan testauksen. Luken eristämät uudet perunaruttoisolaatit ovat käytettävissä mm. tämän tyyppiseen työhön.

Hankkeissa tehdyn laajan lajiketestauksen avulla on saatu kuva Suomen markkinoilla olevien lajikkeiden perunarutonkestävyydestä. Pisimpään terveenä tai vähäoireisena pysyvien lajikkeiden joukossa on todettu olevan sekä ruoka- että tärkkelysperunalajikkeita. Tiedot ovat viljelijöiden, teollisuuden, siemenperunatalojen ym. tahojen käytettävissä lajike- ja viljelytoimenpiteiden valinnan apuna. Saavutettu tieto on erityisen tärkeää luomuviljelyssä, jossa kemiallisten fungisidien käyttö ei ole sallittua.

Tulokset antavat viitteitä siitä, että fungisidien käyttöä voitaisiin vähentää lajikevalintaan ja luotettavaksi todettuun riskiennusteeseen perustuen. Huomioitavaa on kuitenkin, että eri kasvukausina ja eri kasvupaikoilla olosuhteet voivat olla hyvin vaihtelevia. Tiukat, tuotekohtaisista käyttöohjeista riippumattomat lainsäädännölliset linjaukset fungisidien käytön määristä voivat pahimmillaan vaarantaa perunasadon jopa pitkälläkin aikavälillä. Paikallisesti tehtävät torjuntapäätökset ovat kestävän ja kilpailukykyisen perunantuotannon perusta. Tässä viljelijöiden monipuolinen ammattitaito on jatkossakin avainasemassa.

Tautiennustemallit voivat tulevaisuudessa olla viljelijöiden työkaluja, joista voi saada tukea torjuntapäätösten tekoon. Malleissa on myös heikkouksia, joten täysin niiden varaan ei ruiskutus päätöksiä ole turvallista laskea tämänhetkisen tiedon valossa. Tutkimuksessa mukana olleita ennustemalleja ei ollut aiemmin testattu Suomessa. Hankkeissa saatiin malleista perustietoa, ymmärrystä käytön haasteista ja tutkimustuloksia erilaisissa olosuhteissa käyttämisestä.

Petllalla käytetään VIPS-sivustoa myös jatkossa. VIPS-alustalta saa Norjassa tuotettua tietoa kasvinsuojelutoimien tarpeen arvioimisesta, riskien suuruudesta sekä kirjatuihin havainnoista. Sivustolla on käytössä mm. Negative Prognosis- sekä Nærstad-mallit. Malleja on mahdollista luoda paikallisille sääasemille, jotta ennusteista saadaan mahdollisimman tarkkoja. Myös kaupallisten toimijoiden kautta, esim. eri sääasemien sovelluksista, on saatavilla mm. Negative Prognosis- sekä muita ennustemalleja. Tulevaisuudessa ennustemallien tulisi olla helposti viljelijöiden saatavilla, jotta niiden käyttö olisi vaivatonta. Tutkimus- ja kehitystyön mahdolliseen jatkamiseen on tutkimushankkeissa saatu laajaa pohjatietoa.

## 4.2 Tulosten tieteellinen merkitys

Tutkimuksesta syntyivät seuraavat opinnäytetyöt:

- Koivisto, M. 2022. Ennustemallit perunaruton torjunnassa. Kandidaatintutkielma.
- Koivisto, M. 2024. Forecast models for potato late blight management in Finland. Maisterintutkielma.

Hankkeiden myötä Suomen suhde kansainväliseen EuroBlight-verkostoon vahvistui. Verkostossa toimivien henkilöiden kanssa tehdystä yhteistyöstä odotetaan olevan hyötyä myös jatkossa. Tähän mennessä konkreettisimpia asioita ovat olleet Suomen genotyypitystulosten näkyminen verkkosivuilla yhdessä muiden maiden tulosten kanssa ja tuoreimpien suomalaisten tautitilannetietojen näkyminen EuroBlight-työpajassa toukokuussa 2023.

Hankkeiden avulla on lisätty suomalaisen perunaruttopopulaation tuntemusta. Useina edeltävinä vuosina genotyypitettyjen perunaruttoa aiheuttavien määrien määrä oli varsin pieni. Hankeaikana näytemäärää saatiin nostettua ja kokonaisuutena vahvistettua. Tiedot ovat tärkeitä ja kiinnostavia sekä kansallisesti että kansainvälisesti genotyyppien muodostumisen ja leviämisen näkökulmasta. Tiedot ovat kansainvälisen EuroBlight-verkoston hyödynnettävissä ja soveltuvilta osin nähtävissä myös julkisilla verkkosivuilla.

Fungisidiresistenssin kehittyminen on uhka perunantuotannolle. Viimeaikaisten eurooppalaisten tietojen perusteella eräiden tehoaineryhmien fungisideilla on havaittu tehon heikkenemistä tiettyjen nimettyjen genotyyppilinjojen lisäksi myös ryhmässä ”muut”, johon Suomen populaatio on luokiteltu. Resistenssiä on mahdollista estää ja hallita tutkimustiedon avulla. Populaation seuranta ja tutkimus niin ulkomailta tulevien kuin mahdollisten kehittyvien kotoperäisten kloonien osalta on jatkossakin tarpeellista, jotta torjuntaan osataan varautua tehokkailla ja toimivilla keinoilla.

Suomessa ei ole vuosien kuluessa tehty virallisia perunan lajikekokeita. Hankkeiden lajiketutkimuksella on saatu kaivattua vertailukelpoista tietoa perunarutonkestävyydestä. Taudinaiheuttajan geneettisen muuntelun takia tilanne ei kuitenkaan ole stabiili, vaan tässäkin on vahva tarve lajikkeiden kestävyden jatkuvalle seurannalle.

Tautiriskiarvioon perustuvan torjunnan tutkimuksesta on tutkimushankkeissa saavutettu uutta tietoa Suomen olosuhteissa, samoin kuin biologisten torjunta-aineiden käytöstä perunalla pelto-oloissa. Näitä tieteellisiä menetelmiä toteutettujen kokeiden tuloksia voidaan hyödyntää jatkotutkimusten pohjatietona ja tieteellisissä julkaisuissa. Ecosol-hankkeen tuloksista on valmisteilla tieteellisiä julkaisuja.

Biologisten aineiden hyödyntäminen osana torjuntaohjelmia ei hankkeiden kokeissa saatu varmaa tietoa. Toisaalta mahdollisia negatiivisia vaikutuksia ei tutkimusaikana käynyt ilmi. Avoimet kysymykset vaativat jatkotutkimuksia.

Myös tautiennustemallien Suomeen soveltuvuuden suhteen tarvitaan lisätutkimusta, jotta niistä saataisiin toimintavarmoja työkaluja viljelijöiden käyttöön torjuntapäätösten tueksi. Haastavin tilanne näyttäisi olevan, kun tautiriski on kohonnut mutta se ei ole vielä selkeästi havaittavissa muilla keinoilla. Ennustemallien luotettavuudessa vaikuttaa olevan suurinta epävarmuutta juuri näinä hetkinä. Toisaalta nämä tilanteet ovat myös haasteellisimpia todennettavia muilla keinoilla, joten tiedolle on selkeää tarvetta.

Suspo- ja Ecosol-hankkeiden tuloksia on hyödynnetty jatkotutkimusten suunnittelussa. Edellä mainittujen jatkotutkimus- ja seurantarpeiden, viljelijöiden ammattitaidon vahvistamisen sekä kansallisten ja kansainvälisten verkostojen yhteistyön syventämisen osalta Perunantutkimuslaitos ja Luonnonvarakeskus ovat yhdessä hakeneet tutkimusrahoitusta Makena 2024-haussa hankkeelle Perunaruton integroidun torjunnan toimintavarmuus PERUSTA. Päätöstä rahoituksesta ei vielä ole. Toteutuessaan hankkeessa pyritään parantamaan IPM:n toimintavarmuutta ja siten edistämään huoltovarmuutta sekä laadukasta ja kestävästä perunantuotantoa muuttuvissa oloissa.

## 5 Tiivistelmä ja toimintasuositukset

### 5.1 Tiivistelmä

Suspo- ja Ecosol-tutkimushankkeissa tavoitteena oli kestäviin ja ennakoiviin menetelmiin perustuva perunaruton ja lehtipoltteen torjunta, joka edesauttaa kilpailukykyistä, tasaista ja ympäristöystävällistä perunantuotantoa. Perunantutkimuslaitos teki hankkeissa yhteistyötä kansallisella tasolla sidosryhmiensä kanssa ja kansainvälisesti eurooppalaisten tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa.

Suomalaiselle perunaruttopopulaatiolle on ominaista geneettinen monimuotoisuus. Hankkeissa tämä sai vahvistusta. Toistaiseksi perunaruton torjunta-ainekestävyyttä ei ole havaittu Suomessa, mutta tilanteen vakauteen ei kuitenkaan voida luottaa muuntumisherkän taudinaiheuttajan ollessa kyseessä. Jatkuvan seurannan myötä saavutettavalla populaation tuntemuksella on keskeinen merkitys ennakoivassa kasvinsuojelussa.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että Suomen markkinoilla olevista lajikkeista mikään ei ole täysin perunaruttoa kestävä. Mikäli viljelytoimenpiteet tai luontainen tuleentuminen eivät vaikuta epidemiaan, kasvustot tuhoutuvat ennen pitkää täysin. Pisimpään terveenä tai vähäoireisena pysyvien lajikkeiden joukossa on sekä ruoka- että tärkkelysperunalajikkeita. Taudinaiheuttajan geneettisen muuntelun takia tilanne ei kuitenkaan ole stabiili.

Hankkeissa tehtiin selvitystä useista tautiennustemalleista. Testattujen mallien toimintavarmuus vaikuttaa vaihtelevan vallitsevien olosuhteiden mukaan. Vuosina 2021 ja 2022 koetulokset olivat myönteisiä ja perunaruton torjunnan aloitusajankohtaa voitiin myöhentää ilman, että sillä oli vaikutusta oireiden ilmaantumiseen. Vuonna 2023 epidemia alkoi edellisvuosia aiemmin ja tautipaine oli korkea. Ennustelaskennan äkilliset muutokset olivat voimakkaita ja torjuntatulokset jäivät hieman heikommiksi tavanomaisiin torjuntasuosituksiin verrattuna. Ennustemallien käyttö kasvinsuojelussa vaatii jatkuvaa seurantaerityisesti säätilan nopeiden muutosten aikana, mutta niistä on joissakin tilanteissa saatavissa taustatukea torjuntapäätösten tekemiseen.

Perunaruton tai lehtipoltteen torjuntaan ei löydetty biologista torjunta-ainetta, jolla yksinään käytettynä olisi riittävä torjuntateho. Kemiallisia ja biologisia aineita yhdistelevissä IPM-kokeissa saatiin parhaat torjuntatulokset silloin, kun käytettiin pelkästään tai osittain kemiallisia fungisideja. Biologisten aineiden merkitys osana torjuntaohjelmia jäi epäselväksi ja aiheessa on jatkotutkimustarpeita.

Tutkimuksen perusteella kemiallisen torjunnan vähentämismahdollisuuksia voidaan löytää kestävimpien lajikkeiden viljelyssä vuosina, jolloin tautiriski pysyy matalana. Alttiilla lajikkeilla ja korkean tautipaineen aikoina kaikilla lajikkeilla kemiallisten fungisidien käyttöohjeiden mukainen levitys on edellytys laadukkaaseen ja runsaan sadon saamiseksi ja siemenperunan sekä peltomaan tautisaastunna estämiseksi.

## 5.2 Toimintasuositukset

### Perunaruton torjunta käytännön viljelyssä

Perunaruton torjunnassa suositellaan noudatettavan aiemmin luotuja integroidun torjunnan yleisohjeita (<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532775/Luke-perunaopas.pdf> ja [www.proagria.fi/www/nettilehdet/terve\\_peruna/Terve\\_peruna.pdf](http://www.proagria.fi/www/nettilehdet/terve_peruna/Terve_peruna.pdf)).

Kestävän perunantuotannon kannalta on suositeltavaa viljellä lajikkeita, joilla on tässä tutkimuksessa määritelty olevan erittäin hyvä tai hyvä kestävyys perunaruttoa vastaan (Taulukko 9). Tämä on ensiarvoisen tärkeää luomutuotannossa. Kuitenkin on suositeltavaa viljellä myös muita lajikkeita ja näin ollen taata käyttöominaisuuksiltaan laaja lajikevalikoima ruokapöytiin ja teollisuuteen. Riittävän ja oikea-aikaisen torjunnan myötä myös alttiit lajikkeet tuottavat laadukasta satoa.

Kuivien sääolojen vallitessa perunaruton torjuntaa voidaan harkinnan varaisesti harventaa kestävimmillä lajikkeilla, mikäli kasvustoja ei kastella. Tämä edellyttää jatkuvaa kasvuston tarkkailua, säätilan ja mahdollisesti tautiennustemallin seuraamista sekä varautumista kuratiivisten fungisidien käyttöön nopealla aikataululla. Kaupallisilta toimijoilta on saatavissa perunaruton ja lehtipoltteen ennusteita, joista voi saada suuntaa antavaa tukea torjuntapäätöksiin.

### Jatkotutkimus ja hallinto

Perunaruttopopulaation seuranta on tärkeää jatkaa yhteistyössä kansainvälisen EuroBlight-verkoston kanssa. Perunaruttoesiintymistä toivotaan ilmoituksia Perunantutkimuslaitokselle.

Perunaruttopopulaation jatkuvan muuntumisen takia riippumattoman tahon tekemille lajikevertailuille on tarvetta myös jatkossa. Suositeltavaa on testata jatkossa noin 10–15 rutonkestävyydeltään vahvinta lajiketta vuosittain. Kokeisiin on hyvä sisällyttää myös uusia kestävyydeltään lupaavia lajikkeita, joita suunnitellaan siementuotantoon Suomessa.

Perunaruton ja lehtipoltteen ennustemallien soveltuvuutta Suomeen on suositeltavaa tutkia pidemmällä aikavälillä ja erilaisissa olosuhteissa. Toimintavarmolle ja selkeästi tulkittaville ennusteille on tarvetta, kuten myös laajemmalle päätöksentekojärjestelmälle, jollaista suomalaisille viljelijöille ei ole tarjolla.

Päätöksentekojärjestelmän puuttumisen, taudin muuntumisen ja vaihtelevien olosuhteiden takia perunaruton torjuntaan tarkoitettujen fungisidien käyttöön ei suositella tuotekohtaisten määräysten lisäksi lainsäädännöllisiä rajoituksia.