

Salmonellan leviäminen suomalaisille sika- ja nautatiloille

Sinikka Pelkonen, Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Heidi Rossow, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta, Olli Ruoho, Saara Salmenlinna, Anni Vainio, Sirpa Laitinen

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2022:5

tietokayttoon.fi

Salmonellan leviäminen suomalaisille sika- ja nautatiloille

Loppuraportti

Sinikka Pelkonen, Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Heidi Rossow, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta, Ruokavirasto

Olli Ruoho, Eläinten Terveys ETT ry

Saara Salmenlinna, Anni Vainio, Terveysten ja hyvinvoinnin laitos

Sirpa Laitinen, Työterveyslaitos

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Valtioneuvoston kanslia

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-383-499-6

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022

Salmonellan leviäminen suomalaisille sika- ja nautatiloille Loppuraportti

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:5

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Sinikka Pelkonen, Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Heidi Rossow, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta, Ruokavirasto
Olli Ruoho, Eläinten terveys ETT ry
Saara Salmenlinna, Anni Vainio, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Sirpa Laitinen, Työterveyslaitos

Kieli suomi

Sivumäärä

80

Tiivistelmä

Hankkeen tavoitteina oli tunnistaa nauta- ja sikatilojen salmonellatartuntojen lähteitä sekä toimintatapoja, joilla saneeraus ja tartuntojen ehkäisy tiloilla parhaiten onnistuu. Lukuisista tartuntalähteistä tärkeimmiksi arvioimme yhdyskuntalinnut ja muut haittaeläimet sekä turkistuotanto mahdollisena alkulähteenä haittaeläinten välittämille tartunnoille. Viime vuosina nauta- ja sikatiloille tehtyjen saneerausten aineistosta arvioimme seikkoja, jotka johtivat saneerauksen onnistumiseen tai pitkittymiseen tai tartunnan uusimiseen. Saneeraus pitkittyi, jos tartunta oli alkutilanteessa levinnyt laajalle, tartuntalähdettä ei saatu heti selville, salmonellaposiitivisia eläimiä ei poistettu ajoissa, puhdistus-, pesu- ja desinfiointitoimet eivät olleet riittäviä tai käytettävissä oleva työpanos ei riittänyt. Saneerauksen onnistumista edistivät hyvä työnjohto, systemaattisuus, saneeraussuunnitelma sekä suunnitelman ja muiden ohjeiden noudattaminen. Tarkastelimme tilan salmonellatartunnan ja sen saneerauksen vaatimuksia myös työturvallisuuden suhteen. Salmonellatartunnan ehkäisy edellyttää tilatason tautisuojausta, jonka on oltava jokapäiväistä ja kohdistuttava tilan koko toimintaan ottaen huomioon haittaeläimistä aiheutuva tartuntavaara. Hankkeessa syntyi tietopääomaa salmonellan epidemiologiseen seurantaan, saneerausneuvontaan ja suosituksia tukemaan salmonellatorjuntaa.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, salmonella, nauta- ja sikatilat

ISBN PDF 978-952-383-499-6

ISSN PDF

2342-6799

Julkaisun osoite <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-499-6>

Spridning av salmonella till finländska svin- och nötgårdar

Slutrapport

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2022:5

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Sinikka Pelkonen, Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Heidi Rossow, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta, Livsmedelsverket
Olli Ruoho, Djurens hälsa ETT rf
Saara Salmenlinna, Anni Vainio, Institutet för hälsa och välfärd
Sirpa Laitinen, Arbetshälsoinstitutet

Språk finska

Sidantal

80

Referat

Projektet hade som mål att identifiera källorna till salmonellasmittor på nöt- och svingårdar samt arbetsätt som fungerade bäst för sanering och förebyggande av smitta. Av de otaliga smittkällorna bedömde vi kolonibildande fåglar och andra skadedjur som viktigast samt påsuppfödning som en möjlig ursprungskälla till smitta som förmedlas av skadedjur. Ur materialet från saneringar som genomförts under de senaste åren på nöt- och svingårdar bedömde vi omständigheter som ledde till att saneringen lyckades eller drog ut på tiden eller att smittan återkom. Saneringen drog ut på tiden om smittan hade fått omfattande spridning i inledningskedet, smittkällan inte kunde klarläggas direkt, salmonellapositiva djur inte avlägsnades i tid, tvätt- och desinfektionsåtgärderna inte var tillräckliga eller den tillgängliga arbetsinsatsen inte räckte. En lyckad sanering främjades av en god arbetsledning, systematik, en saneringsplan samt att man följde planen och andra anvisningar. Vi granskade också kraven vid salmonellasmitta och sanering på gården ur arbets säkerhetsperspektiv. Förebyggande av salmonellasmitta kräver smittskydd på gårdsnivån som ska vara dagligt och riktas på gårdens hela verksamhet under beaktande av den smittrisk som skadedjur orsakar. I projektet uppstod kunskapskapital för epidemiologisk uppföljning av salmonella, för saneringsrådgivning och rekommendationer som stöd för salmonellabekämpning.

Klausul Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord forskning, forskningsverksamhet, salmonella, nöt- och svingårdar

ISBN PDF 978-952-383-499-6

ISSN PDF

2342-6799

URN-adress <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-499-6>

Spread of salmonella to Finnish pig and cattle farms

Final report

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2022:5**Publisher** Prime Minister's Office**Author(s)** Sinikka Pelkonen, Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Heidi Rossow, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta, Finnish Food Authority
Olli Ruoho, Animal Health ETT
Saara Salmenlinna, Anni Vainio, Finnish Institute for Health and Welfare
Sirpa Laitinen, Finnish Institute of Occupational Health**Language** Finnish**Pages**

80

Abstract

The aim of the project was to identify sources of salmonella infections at cattle and pig farms and ways in which the eradication and prevention of infections can best be achieved at farms. We consider colony birds and other pests to be the most important sources of infection and fur production to be a possible origin of infections transmitted by pests. We used the data on eradications carried out at cattle and pig farms in the past few years to assess the factors that led to successful or prolonged eradication or to a renewed infection. The eradication was prolonged if the infection had spread widely in the initial situation, the source of the infection could not be determined immediately, the animals testing positive for salmonella were not removed soon enough, the cleaning, washing and disinfection measures were insufficient, or the available work input was not sufficient. The factors contributing to successful eradication were good work management, a systematic approach, an eradication plan, and compliance with the plan and other instructions. We looked at the requirements that a salmonella infection and its eradication impose on the farm in terms of occupational safety. To prevent salmonella infections, protection against the disease is required at the farm level on a daily basis and it must be targeted at the entire operation of the farm, taking into account the risk of infection caused by pests. The project provided knowledge for the epidemiological monitoring of salmonella, for eradication counselling and recommendations that will support the prevention of salmonella.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.**Keywords** research, research activities, salmonella, cattle and pig farms**ISBN PDF** 978-952-383-499-6**ISSN PDF**

2342-6799

URN address <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-499-6>

Sisältö

ESIPUHE	8
Määritelmät	9
1 Johdanto	11
1.1 Tausta	11
1.2 Tavoitteet	16
2 Salmonellabakteerien tartuntalähteiden selvitys kokogenomisekvenssinnilla ..	17
2.1 Aineisto	17
2.2 Menetelmät	21
2.3 Tulokset	21
2.3.1 Nauta- ja sikatilojen tartuntalähteiden ryhmittely sekvenssivertailulla	26
2.3.1.1 Luonnonvaraiset linnut ja eläimet	26
2.3.1.2 Turkiseläintuotanto	26
2.3.1.3 Tuontirehut	27
2.3.1.4 Tilojen välinen tartunta	27
2.3.1.5 Muista maista tuodut eläimet	28
2.3.1.6 Pienimuotoiseen kotieläintuotantoon ja eksoottisiin lemmikkeihin liittyvät tartunnat	28
2.3.2 Eläinten ja ihmisten kantojen sekvenssivertailu	28
2.4 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset	29
3 Salmonellalähteiden mallintaminen	32
3.1 Aineisto	32
3.2 Menetelmät	33
3.3 Tulokset	37
3.3.1 Nautojen altistumislähteet	37
3.3.2 Sikojen altistumislähteet	42
3.4 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset	45
4 Salmonellan saneeraus tartuntatiloilla	46
4.1 Aineisto	46
4.2 Tulokset	49
4.2.1 Nautatilojen salmonellatapaukset	49
4.2.2 Sikatilojen salmonellatapaukset	51

4.2.3	Nauta- ja sikatilojen salmonellasaneerauksien kesto	53
4.2.4	Saneerauksen pitkittymisen taustalla olevia tekijöitä	55
4.2.5	Salmonellatartunnan uusimisen taustalla olevia tekijöitä	56
4.2.6	Salmonellasaneeraukset nauta- ja sikatiloilla	58
4.2.6.1	Tuotantoympäristön näytteenotto.....	60
4.2.6.2	Pesu ja desinfektio salmonellasaneerauksessa	60
4.2.6.3	Nautatilan saneerauksessa erityisesti huomioitavia kohteita	61
4.2.6.4	Sikalan rakenteisiin liittyviä erityispiirteitä.....	63
4.2.6.5	Tilan toimintatavat, työvoiman riittävyys ja jaksaminen saneerauksessa	64
4.3	Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset	64
4.3.1	Tärkeimmät johtopäätökset.....	64
4.3.2	Tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset	65
4.3.2.1	Tautisuojaus ja haittaeläimet	65
4.3.2.2	Tilojen välinen eläinliikenne	65
4.3.2.3	Suosituksia ja kehittämiskohteita salmonellasaneerauksissa	66
4.3.2.4	Navetan ja sikalan rakenteet ja toiminta	67
5	Työturvallisuus salmonellatiloilla	68
5.1	Työntekijöiden salmonellatartunnat ja niiden rekisteröinti ammattitaudiksi	68
5.2	Työturvallisuus salmonellan torjuntakeinona nauta- ja sikatiloilla.....	70
5.3	Työntekijän suojautuminen päivittäisessä eläinhoitotyössä.....	71
5.4	Rakenteiden purkutyöntekijöiden suojaaminen saneeraustöissä.....	72
5.5	Pesu- ja desinfiointiaineiden käyttö.....	72
6	Työpajat	74
7	Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset	75
7.1	Tartuntalähteiden arviointi	75
7.2	Salmonellan torjunta tuotantoeläintiloilla	77
7.3	Tuloksista nousseet toimenpide-ehdotukset	78
7.3.1	Saneeraustoimenpiteiden kehittäminen	78
7.3.2	Bioturvallisuuden parantaminen.....	79
7.3.3	Epidemiologisen seurannan kehittäminen	79
7.4	Muita asiantuntijasuosituksia.....	79
	Lähteet ja kirjallisuus	80

ESIPUHE

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimintaan liittyvä tutkimushanke Salmonellan leviäminen suomalaisille sika- ja nautatiloille käynnistyi kesäkuussa 2020. Hankkeen toteutuksesta vastasivat Ruokavirasto, Eläinten terveys ETT ry, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos sekä Työterveyslaitos. Hankkeen vastuullisena johtajana toimi Sinikka Pelkonen Ruokavirastosta. Työryhmässä toimivat Ruokavirastosta Miia Kontturi, Henry Kuronen, Sirpa Heinikainen, Tarja Pohjanvirta, Taru Lienemann, Pirkko Tuominen, Leena Seppä-Lassila, Mikko Pirhonen, Jukka Ranta ja Heidi Rossow, Eläinten terveys ETT ry:stä Olli Ruoho, Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksesta Saara Salmenlinna ja Anni Vainio sekä Työterveyslaitoksesta Sirpa Laitinen.

Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Eveliina Palonen maa- ja metsätalousministeriöstä. Muut ohjausryhmän jäsenet olivat Taina Aaltonen ja Kajsa Hakulin maa- ja metsätalousministeriöstä sekä Mikko Paunio sosiaali- ja terveysministeriöstä. Kokouksiin kutsuttuna asiantuntijana oli mukana Terhi Laaksonen Ruokavirastosta.

Hankkeen koko työryhmä haluaa esittää lämpimät kiitokset hankkeen ohjausryhmälle sekä hankkeen rahoittajille.

Joulukuussa 2021

Hankkeen johtaja Sinikka Pelkonen

MÄÄRITELMÄT

Alleeli	Lokuksen geneettinen tyyppi
Bayesiläinen tilastotiede	Tilastollista päättelyä, jossa pääteltävän suureen epävarmuus esitetään todennäköisyysjakaumana
Core genome MLST	cgMLST, core genome multilocus sequence typing, kuvattu tietolaatikkossa s. 14 <i>Salmonellan kokogenomin sekvensointi</i>
Faagityyppi	Määräytyy bakteerin herkkydestä sarjalle erilaisia bakteriofaageja
Haittaeläin	Eläin, josta aiheutuu hygieenistä haittaa kotieläintuotannossa, kuten yhdyskuntalinnut, jyräjät, kärpäset
Kanta	Bakteerikanta, tässä näytteestä eristetty bakteeri ja sen tyyppi. Useampi kanta voi olla samaa tyyppiä mutta edustaa yhtä epidemiologista tapahumaa (tuotantoyksikkö, rehunäyte).
Lokus	Genomin osa, jossa ilmenee yksi monista vaihtoehtoisista alleeleista
Lähdepopulaatio	Tartuntojen luokittelua varten valittu populaatio (yksi monista) josta vastaanottavan populaation tartunnat oletetaan olevan peräisin
Populaatio	Eläinten tai bakteerien laaja joukko
Positiivinen näyte	Näyte, jossa todetaan salmonellabakteereita
Salmonellakanta	Epidemiologisesti määritelty ja edustava salmonellabakteerieristys
Salmonellakontaminaatio	Salmonellabakteerien esiintyminen esimerkiksi rehussa tai tuotantoympäristössä
Saneeraus	Toimenpiteet eläintilan puhdistamiseksi salmonellatartunnasta
Sekvenssityyppi	Tai sekvenssityyppiryhmä: kuvattu tietolaatikkossa s. 14 <i>Salmonellan kokogenomin sekvensointi</i>
Serotyyppi	Määräytyy bakteerin pintarakenteiden (O-lipopolysakkaridi ja flagella) mukaan
Sikava	Sikaloiden terveyslukitusrekisteri www.sikava.fi
Todennäköisyysväli	Väli, jonka sisälle arvioitava suure sijoittuu annetulla todennäköisyydellä (Usein myös: epävarmuusväli)
Tyyppi	Kokonaisen bakteerin genotyyppi (kaikkien lokuksien alleelityypit yhdessä), tai yhden lokuksen alleelin tyyppi
Validointi	Tilastollisen mallin luotettavuuden arviointia toistokokeiden avulla, joissa osa aineistosta on harjoitusaineistona, jonka perusteella loppuosan ominaisuuksia estimoidaan ja arvioidaan estimointien tarkkuus
Vastaanottava populaatio	Populaatio, jonka tartunnat oletetaan olevan peräisin määritellyistä lähdepopulaatioista

1 Johdanto

Salmonellatartunta on Euroopassa kampylobakteerin jälkeen toiseksi yleisin ihmisten ruokavälitteisten infektioiden aiheuttaja ja merkittävä eläintauti. Suomessa salmonellaa on torjuttu pellolta pöytään -periaatteella jo vuosikymmeniä, ja vuodesta 1995 lähtien EU:n hyväksymän kansallisen salmonellavalvontaohjelman mukaisesti. Ohjelman tavoitteena on pitää salmonellan esiintyvyys alle 1 % ohjelmaan kuuluvissa siipikarja-, nauta- ja sika-tuotantoketjujen eläinryhmissä. Viime vuosina nauta- ja sikatilojen salmonellatapaukset ovat lisääntyneet, varsinkin verrattuna aiempaan hyvään kehitykseen. Kotieläintuotannon rakenne on viimeisten 10–15 vuoden aikana voimakkaasti muuttunut, tuotanto tehostunut ja tuotantoyksiköt ovat suurentuneet sekä ketjuuntuneet. Tämän seurauksena salmonellatapauksien seuraamukset ovat kasvaneet ja tapauksien saneeraus on muuttunut entistä vaativammaksi ja kustannuksiltaan kalliimmaksi. Suomen hyvän salmonellatilanteen säilyttämiseksi tarvitsemme entistä tehokkaampia keinoja ehkäistä ja rajoittaa kotieläinten salmonellatartuntoja.

1.1 Tausta

Salmonellatartunta on merkittävä kansanterveydellinen ongelma ympäri maailmaa. Euroopassa salmonella on jo vuosia ollut kampylobakteerin jälkeen toiseksi yleisin ruokavälitteisten infektioiden aiheuttaja Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n mukaan (EFSA raportti 2019). Mittavista hallintakeinoista huolimatta ihmisten tapaukset eivät ole enää vähentyneet vuoden 2016 jälkeen. Salmonella tuottaa runsaasti kustannuksia sekä elintarvikealalle että ihmisten terveydenhuollolle. EFSA on arvioinut, että salmonellasta aiheutuva vuotuinen taloudellinen kokonaisrasitus voi olla jopa 3 miljardia euroa. Suomessa sekä ulkomailta peräisin olevat että kotimaassa saadut salmonellatartunnat ovat vähentyneet selvästi 10 viime vuoden aikana. Ihmisillä raportoiduista salmonellatapauksista suuren osan arvioidaan olevan peräisin ulkomaanmatkoilta ja vain noin 17 % kotimaasta (Tartuntatautirekisteri). Valtaosa salmonellaepidemoista, joiden lähde on tunnistettu, on lähtöisin ulkomailta saaduista salmonellainfektioista (THL 2021, suullinen tiedonanto). Lisäksi on arvioitu, että Suomessa lihasta ja lihatuotteista saaduista tapauksista noin puolet on peräisin tuontielintarvikkeista, vaikka näiden tuotteiden osuus tarjolla olevista tuotteista on vähäinen (Tuominen ym. 2006, Mikkeliä ym. 2019). Tämä johtuu siitä, että suomalaiset tuotteet ovat huomattavan puhtaita salmonellan suhteen.

Pohjoismaissa salmonellan vastustustyötä on tehty elinkeinon ja viranomaisten yhteisrintamassa, ja pohjoismaita pidetäänkin Euroopassa salmonellatorjunnan tienraivajina. Suomalaisessa eläin- ja elintarviketuotannossa salmonellaa on torjuttu rehuista jo 1950-luvulta alkaen erilaisin rajoituksin ja saneerausmenettelyin pellolta pöytään-periaatteella.

Suomen liittyessä Euroopan yhteisöön vuonna 1995 käynnistyi siipikarjan, naudan- ja sianlihan tuotantoketjuja koskeva kansallinen salmonellavalvontaohjelma (MMMEO 1994). Ohjelman tavoitteena on pitää siipikarja-, nauta-, ja sikatuotantoketjuissa salmonellan esiintyvyys alle 1 % ohjelmaan kuuluvissa eläinryhmissä ja alle 0,5 % liharyhmissä. Ohjelman perusteella Suomelle myönnettiin lupa varmistaa tietyistä maahan tulevista elintarvikkeista laboratoriomenetelmin, ettei niissä ole salmonellaa (94/65/EY). Valvontaohjelman perustana on viranomaisten ja elinkeinon yhteinen tahtotila ja sitoutuminen sekä sujuva ja jatkuva yhteistyö elinkeinon, viranomaisten ja tutkijoiden välillä. Myös salmonellalaboratorioilta edellytetään pätevyyttä (akkreditointi, vertailumittaukset) ja yhteistyötä kansallisen vertailulaboratorion kanssa, joka tyypittää salmonellakantoja ja toimii EU:n vertailulaboratorioverkostossa. Tehokas torjunta perustuu myös jäljitettävyyteen ja eläinrekistereihin.

SALMONELLABAKTEERIT

Salmonellabakteerit ovat suolistobakteereita, joita voi esiintyä monilla eläinlajeilla ja ihmisillä. Salmonellasta tunnetaan noin 2 500 erilaista serotyyppiä, joista pääosa kuuluu *Salmonella enterica* alalajiin *enterica*, muutamia alalajin *diarizonae* tartuntoja esiintyy etenkin lampailta. Osa serotyypeistä poikkeaa toisistaan taudinaiheutuskyvyn ja ympäristössä säilymisen suhteen. Tärkein Suomessa eri eläinlajeilla satunnaisesti esiintyvä serotyyppi on *S. enterica* subspecies *enterica* Typhimurium. Tärkeimpiä serotyyppisiä, on tyypitetty edelleen faagityyppeihin, Suomessa serotyyppisiä *S. Enteritidis* ja *S. Typhimurium*.

Salmonella aiheuttaa salmonelloosin, suolistotulehduksen, jonka yleisin oire on ripuli ja kuume. Taudinkuvaan voi sisältyä vakavampia oireita kuten verenmyrkytys ja eläimellä ennen aikainen synnytys, luominen. Tartunta voi olla myös täysin oireeton. Herkimpiä sairastumaan ovat heikkokuntoiset, vastasyntyneet, nuoret eläimet sekä vastasyntäneet. Oireiden jälkeen tartunta voi säilyä piilevänä kuukausia. Matelijat, kilpikonnat ja siilit kantavat usein salmonellaa suolistossaan ilman oireita. Salmonellatartunta todetaan yleisimmin eläimen ulostenäytteestä, joskus kuolleen eläimen ruumiinavauksessa.

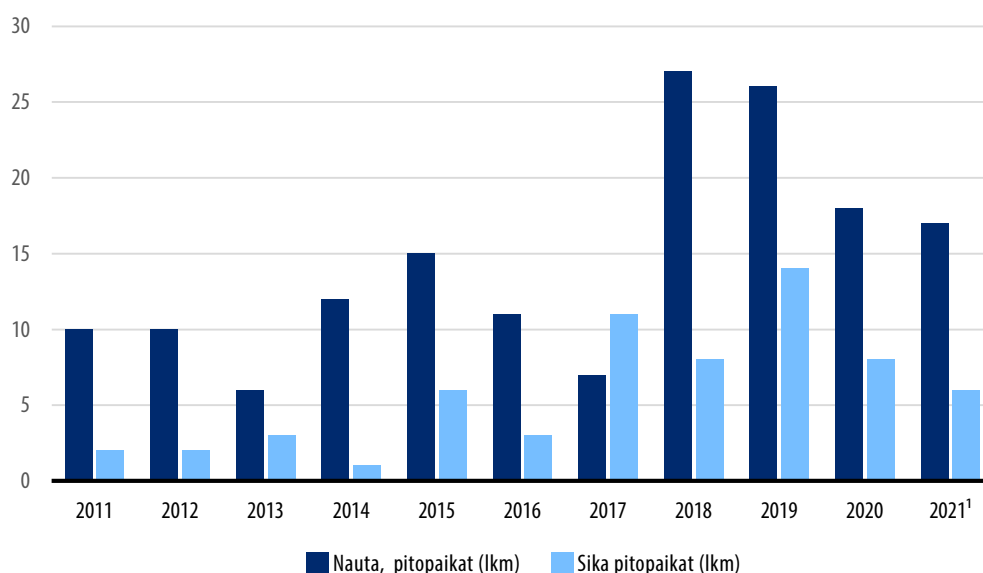
Salmonella leviää ulosteen välityksellä suun kautta. Tuotantoeläimillä tärkeimmät tartuntalähteet ovat haittaeläinten eli lintujen ja jyräjien salmonellapitoisilla ulosteillaan saastuttama rehu, rehunkäsittely- ja ruokintalaitteet tai juomavesi sekä juomalaitteet, tartuntaa kantavien eläinten siirrot, tartuntaa kantava eläinten hoitaja, vierailija tai saastunut kulkuneuvo, sekä eläintiloihin, rehuvarastoihin tai laitumelle pääsevät muut eläimet. Salmonella säilyy hyvin muun muassa tuotantorakennuksissa, rehuvarastoissa ja niissä olevassa pölyssä. Sieltä se tilanteen salliessa voi aiheuttaa laajan tartunnan ja myös sairastumisia. Lemmikkieläimet voivat saada tartunnan ruoasta, elinympäristöstään tai ihmisistä. Tärkeä eläintenkin tartuntalähde on ihmisten ulkomaan matkailu. Salmonellabakteeri voi tarttua eläinten ja ihmisten välillä sekä suoraan että epäsuorasti esimerkiksi salmonellalla saastuneiden elintarvikkeiden välityksellä.

Käytännössä salmonellan vastustus edellyttää aktiivista torjuntaa ja ennaltaehkäisyä, jossa oleellisia ovat tautisuojaus, rehuvalvonta ja koko elintarvikeketjun tuotantohygienia. Tarvitaan säännöllistä salmonellanäytteenottoa (lakisääteinen oma-valvonta ja valvonta, elinkeinon omaehtoinen seuranta) sekä sovitut toimenpiteet epäiltäessä tai todettaessa salmonellatartunta. Ilmoitukset, tiedonkeruu ja raportointi ohjelman toteutumisesta tutkimuksineen on välttämätöntä. On myös syytä arvioida valvontaohjelmaa säännöllisesti ja tarvittaessa kehittää sitä. Valvontaohjelman käynnistymisen jälkeen salmonellan esiintyvyys tuotantoeläintiloilla on vähentynyt huomattavasti, samoin ihmisten saamat tartunnat. Mitättömäksi katsottavissa oleva salmonellaesiintyvyys on edistänyt myös Suomen elintarvikevientiä.

Suomen kansalliseen salmonellavalvontaohjelmaan sisältyy toimenpiteitä aina kun salmonellaa todetaan sen kohteena olevissa tuotantoketjuissa tai tuotantoympäristössä, toisin sanoen Suomessa on nollatoleranssi salmonellaa kohtaan (Mead ym. 2010). Torjuntaohjelma kohdistuu kaikkiin salmonellasuvun bakteereihin. Vaikka salmonellavalvontaohjelman on arvioitu olevan kustannushyödyllinen (Maijala ym. 2005, Kangas ym. 2007, Niemi ym. 2019), salmonellan löytyminen tuotantotalalta aiheuttaa tilalle runsaasti taloudellisia tappioita. Tilojen puhdistaminen ja saneeraus aiheuttavat kuluja sekä runsaasti lisätyötä ja usein myös henkistä ahdinkoa karjanomistajille. Salmonellatartunnan hävittäminen tilalta on vaativaa, ja laajoista toimenpiteistä huolimatta bakteeria saatetaan todeta useiden kuuksien ajan. Lisäksi tartunta saattaa uusiutua, mikä on tiloille taloudellisesti ja henkisesti raskaampaa kuin yhden kertaluonteisen saneerauksen läpikäynti. Tilalle annettava päätös salmonellan leviämisen ehkäisemiseksi rajoittaa tuotantosuunnan mukaan maidon, eläinten tai lihan myyntiä, kunnes salmonella on saatu poistetuksi tuotantotiloista ja eläimistä.

Rajoitukset voivat johtaa eläintiloissa ahtauteen ja siten heikentää eläinten hyvinvointia ja lisätä tautiriskiä. Tuotantoeläinten salmonellatapaukset voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita yksittäisistä tiloista koko tuotantoketjun kattaviin menetyksiin. Kohdistamalla riskinhallintatoimet oikein jo alkutuotannossa ehkäistään tuotantoketjun saastumisen lisäksi työperäisiä salmonellatartuntoja, joiden riski voi kasvaa salmonellan yleistyessä tuotantotiloilla.

Kuvio 1. Vuosittain todetut salmonellaposiitiviset nauta- ja sikatilat 2011 lähtien.



¹ Tilanne 14.10.2021 (Lähde: Ruokavirasto).

Viime vuosina nauta- ja sikatilojen salmonellatapaukset ovat lisääntyneet, varsinkin verrattuna aiempaan hyvään kehitykseen (Kuvio 1). Kun samaan aikaan tuotantorakenne on voimakkaasti muuttunut, tuotanto tehostunut ja tuotantoyksiköt ovat suurentuneet sekä ketjuuntuneet, ovat salmonellatapausten seuraamukset kasvaneet ja tapausten saneeraus muuttunut entistä vaativammaksi. Nykymuotoiset tuotantorakenteet ja -tavat ovat mitä ilmeisemmin myös lisänneet altistumista salmonellalle. Kuitenkaan yhtä yhteistä tekijää tapausten kasvulle ei ole osoitettu. Tiloilla esiintyvät ja vierailevat luonnonvaraiset nk. haittaeläimet voivat saastuttaa rehuvarastoja, ruokintalaitteita ja eläintiloja sekä laitumia, samoin turkiseläintuotantoa on alueellisesti epäilty epäsuoraksi lähteeksi salmonellatartunnoille.

Salmonellabakteerien tyypitys tartuntalähteiden ja epidemioiden selvittämiseksi sekä pitkäjakoista epidemiologista seuranta varten on olennainen osa vastustustyötä. Tyypitys perustuu tartuntalähteistä eristettyjen bakteerikantojen vertailuun. Tyypitysmenetelmät

ovat kehittyneet viime vuosikymmeninä geeniteknologian kehityksen ansiosta, ja viime vuosina on siirrytty lähes yksinomaan bakteerien koko perimän sekvenssivertailuun, näin myös Suomen kansallisissa vertailulaboratorioissa Ruokavirastossa ja Terveystieteiden tutkimuslaitoksen (THL). Syntyvä sekvenssidata avaa uudenlaiset mahdollisuudet tartuntojen mallinnukseen ja alkulähteiden tunnistamiseen.

SALMONELLAN KOKOGENOMIN SEKVENSOINTI

Kokogenomin sekvensoinnilla salmonellabakteerin koko perimä voidaan lukea lyhyinä juosteina, jolloin syntyy suuri määrä sekvenssitietoa eri geeneistä. Sekvenssejä analysoidaan bioinformatiikan työkaluilla, jotka sopivat myös salmonellabakteerien keskinäiseen vertailuun. Vertailu voi perustua erilaisiin sekvenssieroihin. Yleisimmin salmonellalle käytetään menetelmää, jossa verrataan ydingenomin (core genome) sekvenssejä. Salmonellalle voidaan käyttää myös suppeampaa seitsemän ns. house-keeping geenin vertailua (multilocus sequence typing, MLST). Tarkempi vertailu tehdään ydingenomin analyysillä (core genome MLST, cgMLST). Ydingenomi sisältää kussakin yksittäisessä vertailussa mukana olevien kantojen yhteiset geenit. Kunkin geenin sekvenssejä eri bakteerikannoissa verrataan toisiinsa, mikä paljastaa kunkin geenin mahdolliset vaihtoehdot muodot, alleelit. Bakteerikantojen sukulaisuussuhde määräytyy sen mukaan, kuinka suuressa osassa ydingenomia on alleelieroja. Täysin identtiset kannat ovat samaa sekvenssityyppiä (ST). Samaa sekvenssityyppiä ryhmään määritetään kuuluvaksi kannat, joiden alleeliero on alle sovitun rajan. Tässä hankkeessa kanta tulkittiin kuuluvaksi tiettyyn sekvenssityyppiin, jos sen genomi erosi mistä tahansa muusta ryhmään kuuluvan kannan genomista korkeintaan 10 alleelin verran. Saman sekvenssityyppiin toisistaan kauimmaisten kantojen ero voi siten olla yli 10 alleelia.

Salmonellan torjunnan oheistuotteena on karttunut runsaasti kansallista aineistoa, kuten salmonellabakteerien kantakokoelma, tietoa tilojen saneerauksista, tieteellisiä tuloksia salmonellatartuntaa koskevista riskinarvioinneista ja mallinnoista sekä aiempien tutkimushankkeiden tuloksia. Tätä aineistoa analysoidaan pyrimme löytämään keinoja Suomen hyvän salmonellatilanteen säilyttämiseksi.

1.2 Tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena oli tehokkaammin kontrolloida tuotantoeläimillä esiintyviä salmonellatartuntoja tunnistamalla tartuntalähteitä ja -reittejä sekä toimintatapoja, joilla saneeraus parhaiten onnistuu. Päätavoitteen saavuttamiseksi selvitettiin, miten läheisesti eri kohteista eristetyt salmonellanäytteet muistuttavat toisiaan ja voisivatko ne olla peräisin samoista lähteistä. Samalla arvioitiin mahdollisuuksien mukaan, miten suuri eri lähteiden merkitys saattaisi olla. Lisäksi arvioitiin nykyisen tuotantorakenteen ja eri tuotantomenetelmien merkitystä salmonellan leviämislle tuotantotiloihin ja -eläimiin. Lähestymme päätavoitetta eri näkökulmista hankkeen osatöiden A-E tavoitteissa:

- A. Selvitimme eri tartuntalähteistä eristettyjen salmonellakantojen yhteyttä toisiinsa bakteerien kokogenomin sekvenssivertailulla ja ottaen huomioon kantojen taustatiedot. Tavoitteena oli myös saada kokemusta kokogenomityypitysmenetelmän käytöstä eri salmonellan serotyypien vertailussa sekä koota jatkossa hyödynnettävää kokogenomisekvenssikirjastoa salmonellakannoista. Salmonellakannat olivat peräisin tuotantoeläinten salmonellatapauksista, rehuista ja rehu tuotantolaitoksista, muista eläimistä ja ihmisistä.
- B. Kehitimme matemaattisen mallin arvioimaan, millainen suhteellinen osuus eri tartuntalähteillä on salmonellatartuntojen alkulähteenä sika- ja nautapopulaatioissa. Mallissa hyödynnettiin Osatyö A:n kokoperimän sekvenssituloksia.
- C. Analysoimme aiempia nauta- ja sikatiloilla tehtyjä salmonellasaneerauksia tunnistaksemme saneerauksen kannalta kriittisiä kohtia liittyen eläintuotannon rakenteeseen ja tuotantotapoihin, salmonellan säilymiseen, tuotantotilojen puhdistukseen, desinfiointiin ja tarkastusnäytteenottoon. Samalla kokosimme saneerauksen onnistumiseen kannalta hyviä toimintatapoja.
- D. Tarkastelimme salmonellatartuntaan ja tilan saneerauksen liittyviä työturvallisuusseikkoja ja niiden kehittämistarpeita.
- E. Järjestimme alan toimijoille kaksi samansisältöistä vuorovaikutteista työpajaa ”Biologiset työturvallisuusriskit nauta- ja sikatiloilla” saadaksemme viestiä alan toimijoilta.

Tavoitteiden saavuttamiseksi yhdistimme alan kansallisten keskeisten toimijoiden asiantuntemuksen Ruokavirastossa, Eläinten terveys ETT ry:ssä, Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksessa (THL), ja Työterveyslaitoksessa (TTL).

2 Salmonellabakteerien tartuntalähteiden selvitys kokogenomisekvensoinnilla

2.1 Aineisto

Osatyössä sekvensoitiin eri lähteistä eristettyjä salmonellakantoja ja vertailtiin niiden geneettistä samankaltaisuutta. Aineisto koostui eläimistä, rehuista ja ympäristöstä pääosin vuosina 2014–2020 eristetyistä salmonellakannoista Ruokaviraston kantakokoelmassa (Taulukko 1) sekä ihmisistä vuosina 2015–2020 eristetyistä salmonellakannoista THL:n kantakokoelmassa (Taulukko 2). Tuotantoeläinten ja osa muista lähteistä eritetyistä *S. Enteritidis* ja *S. Typhimurium* -kannoista oli faagityypitetty THL:ssä vuoteen 2019 saakka, minkä jälkeen faagityypitystä ei ole enää tehty.

Salmonellavalvontaohjelmaan kuuluvien tuotantoeläinten (nauta, sika, siipikarja) salmonellakannat oli eristetty valvontaohjelman näytteenotoissa, tautitutkimusten yhteydessä tai elinkeinon omavalvontatutkimuksissa. Salmonellaposiitivisilta tuotantoeläintiloilta analysoitiin yksi kanta jokaista serotyyppiä niinä vuosina, kun tilalla tartuntaa esiintyi. Epidemiologisesti mielenkiintoisia varhaisempia kantoja analysoitiin *S. Tennessee* -rehuepidemiasta vuodelta 2009 sekä nautakarjan *S. Infantis*- ja *S. Typhimurium* -tapauksista. Turkiseläinten salmonellatapaukset oli eristetty tautitutkimusten yhteydessä. Kaikilta salmonellaposiitivisilta turkiseläintarhoilta analysoitiin yksi kanta jokaista serotyyppiä kaikilta vuosilta. Luonnonvaraisten eläinten salmonellatapaukset oli eristetty kansalaisten Ruokavirastoon lähettämistä kuolleista eläimistä. Luonnonvaraisista linnuista ja villieläimistä analysoitiin vuosittain yksi kanta jokaista serotyyppiä eläin- tai lintulajia ja paikkakuntaa kohden. Kannat olivat peräisin 38 lintu- tai eläinlajista.

Rehusalmonellat oli eristetty pääsääntöisesti rehuraaka-aineista sekä turkiseläinrehuista, joskus valmiista tuotteista. Rehut luokiteltiin kohderyhmän mukaan tuotantoeläinten, turkiseläinten ja seura- tai luonnonvaraisten eläinten rehuiksi. Analyysiin valittiin kannat, joiden serotyyppille löytyi vastine muissa näyteryhmissä. Lopullisesti analysoitiin 1–5 kantaa kaikista serotyypeistä alkuperämaata kohden jokaiselta vuodelta, eli yhteensä 148 kantaa vuosilta 2014–2019. Salmonellaposiitivisilta tiloilta oli rehusta eristettyjä kantoja vain yhdeltä nautatilalta (*S. Typhimurium*) sekä kolmelta sikatilalta (*S. Enteritidis* ja kaksi *S. Tennessee*). Rehu- ja elintarviketehtaitten ympäristönäytteitä analysoitiin 14 kantaa, joista viisi oli *S. Infantis* ja kahdeksan *S. diarizonae* -kantoja.

Ruokaviraston salmonellakannoista 425/584 edustivat yleisimpiä serotyyppejä *S. Enteritidis* (94 kantaa), *S. Typhimurium* (226), *S. Tennessee* (38), *S. Derby* (36) ja *S. Infantis* (31).

THL:n kantakokoelmassa oli yhteensä 594 bakteerikantaa, jotka olivat peräisin ihmisten kotimaiseksi luokitelluista salmonellatartunnoista vuosilta 2015–2020. Näistä analysoitiin 399 kantaa, jotka edustivat samoja serotyyppejä, joita tavattiin eläimissä ja rehuissa (Taulukko 2).

Taulukko 1. Eläimistä, rehuista ja ympäristöstä eristetyt tutkimuskannat serotyypeittäin ja eristysläheteittäin. Taulukossa on nimetty serotyypit, joista tutkittiin yli kaksi kantaa.

Serotyyppi	Yht.	Eläimet					Rehut			Muut ¹
		Nauta	Sika	Siipikarja	Turkiseläin	Luonnonvarainen	Tuotantoeläin	Turkiseläin	Seuraeläin, luonnonvarainen	Ympäristö ja muu
<i>S. Typhimurium</i> , ml. monofaasinen	226	66	24	17	8	94	10	5	2	
<i>S. Enteritidis</i>	96	19	4	2	36	30	1		2	
<i>S. Tennessee</i>	38	1	5	1			31			
<i>S. Derby</i>	36	1	21		3			4	5	2
<i>S. Infantis</i>	31	10	1	1	1		9	2	2	5
<i>S. Mbandaka</i>	22		3				16	3		
<i>S. ssp. IIIb (= diarizonae)</i>	16	4				2				10
<i>S. Livingstone</i>	14			4			9	1		
<i>S. Poona</i>	13			1	6		2	4		
<i>S. Senftenberg</i>	13	2					5	1	5	
<i>S. Altona</i>	12	8				1	1	1		1
<i>S. Kentucky</i>	11	4				1	2	4		
<i>S. Havana</i>	7						7			
<i>S. Konstanz</i>	7	5				1	1			
<i>S. Bispebjerg</i>	5	1				4				
<i>S. Abony</i>	4			1			2	1		
<i>S. Montevideo</i>	4		1	2				1		
<i>S. Coeln</i>	3	3								
<i>S. Hessarek</i>	3	2	1							
Muut serotyypit ²	18	5	1	4		3	3	1	1	
Yhteensä	578	131	61	33	54	136	99	28	17	18

¹ Muut, ympäristö ja muu: *S. Derby* 2 seuraeläin; *S. diarizonae* 2 lammas, 8 rehu- ja elintarviketehtaitten ympäristönäyte; *S. Altona* 1 teurastamon lastauslaituri; *S. Infantis* 5 reutehdas

² Muut serotyypit, joista 1–2 kantaa: *S. Adelaide* 1 siipikarja, 1 seuraeläin; *S. Bredeney* 1 siipikarja, 1 rehu tuotantoeläin; *S. Cerro* 1 siipikarja; *S. Chester* 1 nautakarja; *S. Eastbourne* 2 nautakarja; *S. Hvittingfoss* 1 siipikarja; *S. Muenster* 2 rehu tuotantoeläin; *S. Newport* 1 nautakarja; *S.ssp. I (6,7:-:-)* 1 sikatila, 1 rehu turkiseläin; *S. ssp. I (6,8:-:-)* 1 luonnonvarainen eläin; *S. ssp I (9:-:-)* 2 luonnonvarainen eläin; *S. Umbilo* 1 nautakarja, 1 rehu seura-/luonnonvarainen eläin

Taulukko 2. Ihmisten kotimaisista tartunnoista eristetyt tutkimuskannat serotyypeittäin ja eristysvuosittain.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Yhteensä
S. Enteritidis	2	16	62		50	36	166
S. Typhimurium	2			5	42	58	107
S. Typhimurium, monofaasinen			8	2	31	31	72
S. Newport				21		3	24
S. Poona					9	2	11
S. Infantis					2	4	6
S. Montevideo					2	2	4
S. Mbandaka					2	1	3
S. Derby			2				2
S. Livingstone						2	2
S. Tennessee						1	1
S. Coeln						1	1
Yhteensä	4	16	72	28	138	141	399

2.2 Menetelmät

Salmonellakannat sekvensointiin Ruokavirastossa (196 kantaa) ja THL:ssä (399 kantaa) käyttäen Illuminan sekvensointikemiaa ja MiSeq-sekvensaattoria (Illumina, USA). Yhteensä 382 kantaa sekvensointiin ostopalveluna Saksassa (LGC Limited), jossa sekvensointiin käytettiin Illuminan HighSeq-sekvensaattoria. Kokonaisuudessaan sekvensoitiin 983 kantaa.

Sekvenssit analysoitiin Ruokavirastossa käyttäen Ridom SeqSphere+ ohjelmistoa (Ridom, Münster, Saksa). Laatukriteerit läpäisseet raakasekvenssit (fastq-tiedostot) (Q30) koottiin käyttäen Velvet-algoritmia. Analyysissä verrattiin genomeja skeemassa, joka koostuu maksimissaan 3 002 ydingenomin geenistä (core genome MLST=cgMLST). Kantojen sukulaissuhde visualisoitiin siten, että sekvenssityyppien alleelierot näkyivät. Kanta tulkitettiin kuuluvaksi tiettyyn sekvenssityyppiryhmään, jos sen ja minkä tahansa muun ryhmään kuuluvan genomien välillä havaittu alleeliero oli maksimissaan 10. Saman sekvenssityyppiryhmän toisistaan kauimmaisten kantojen ero voi siten olla paljonkin yli 10 alleelia.

2.3 Tulokset

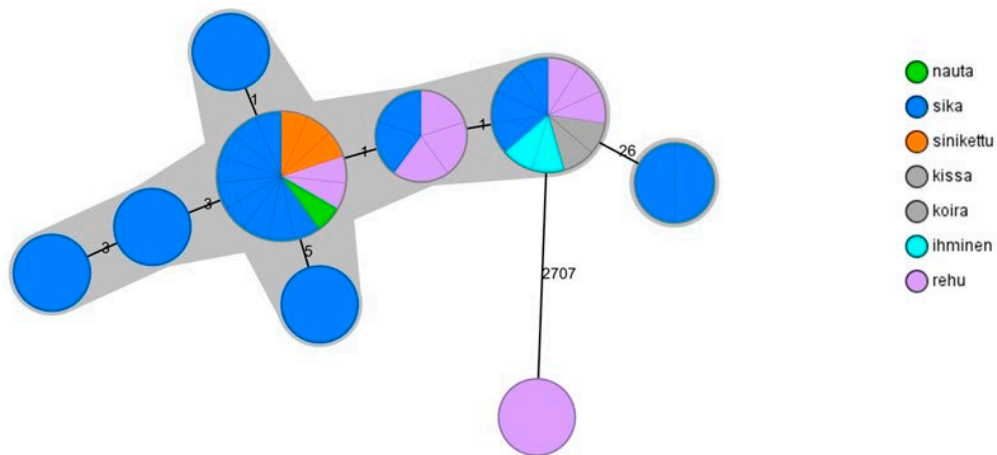
Kun eri serotyyppien kantoja verrattiin keskenään, sekvenssivertailussa saman serotyypin salmonellakannat erottuivat pääsääntöisesti omiksi ryhmikseen muutamien poikkeuksin. Saman faagityypin salmonellakannoista suuri osa ryhmittyi omiksi ryhmikseen, kun analysoitiin *S. Enteritidis* ja *S. Typhimurium* -kantoja. Tämä voi myös johtua kyseisten salmonellatartuntojen epidemiologisesta läheisyydestä, koska osa faagityypeistä jakaantui eri sekvenssityyppiryhmiin.

Osa serotyypeistä oli geneettisesti hyvin pysyviä, kun taas osassa esiintyi suurtakin geneettistä vaihtelua serotyypin sisällä. Lähes kaikki *S. Derby* -kannat kuuluivat yhteen sekvenssityyppiryhmään kahta kantaa lukuun ottamatta (Kuvio 2). Ryhmään kuului muun muassa sikatiloilta, turkiseläin- ja muista rehuista, turkiseläimistä sekä ihmisistä eristettyjä *S. Derby* -kantoja. Kantojen geneettinen yhteneväisyys voi johtua yhteisestä tartunnasta tai serotyypin luonnostaan alhaisesta geneettisestä vaihtelusta.

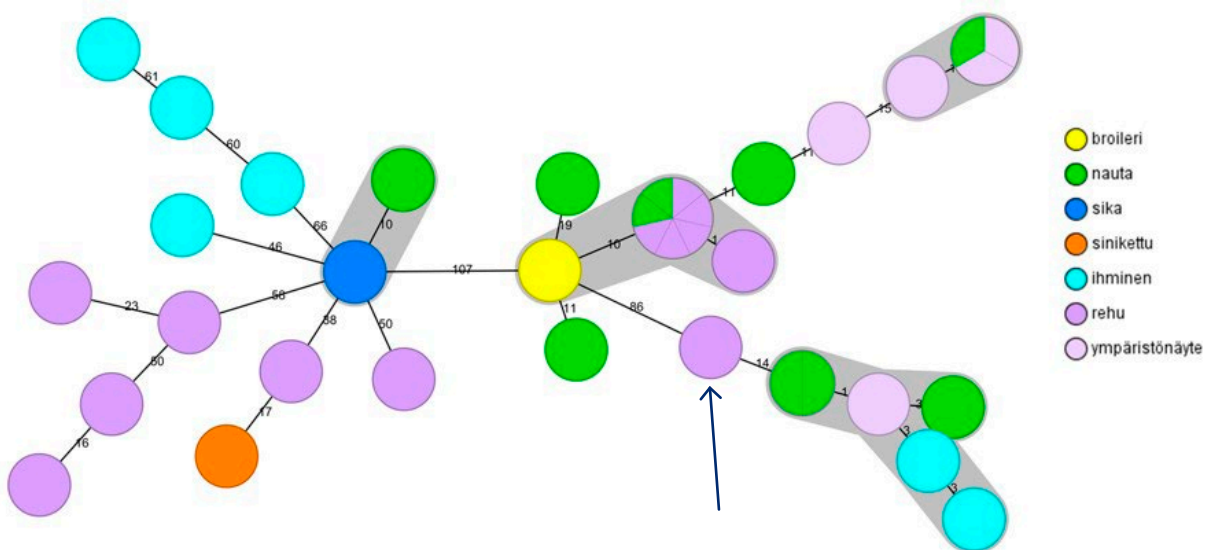
Tutkitut *S. Infantis* -kannat olivat sen sijaan geneettisesti hyvin vaihtelevia. Joukossa oli paljon eristyksiä rehutehtaista ja rehusta, mikä voi selittää asiaa. *S. Infantis* -kannoista 21 ryhmittyi neljään ryhmään, kun 16 kantaa jäi omiksi sekvenssityypeikseen (Kuvio 3). Analysoimme myös vuoden 1995 laajaan *S. Infantis*-rehuvälitteiseen epidemiaan liittyneen, nautatilalta eristetyn salmonellakannan (kuviossa 3 nuolen osoittama). Se poikkesi geneettisesti 11 alleelin erolla sekvenssityyppiryhmästä, johon kuului yhdeksän kantaa ympäristö- ja rehunäytteistä sekä nauta- ja broileritiloilta.

S. Tennessee -kannat ryhmittivät geneettisesti kahteen ryhmään. Näissä molemmissa oli rehuista eristettyjä kantoja ja näiden lisäksi toisessa kantoja sika- ja siipikarjatilalta ja toisessa nautatilalta.

Kuvio 2. *Salmonella* Derby -bakteerikantojen vertailu kokogenomisekvensoinnilla cgMLST-menetelmällä. Samassa pallossa olevat kannat ovat samaa sekvenssityyppiä. Samaan sekvenssityypiryhmään kuuluvat kannat näkyvät harmalla taustalla. Numero pallojen välissä kertoo alleelieron sekvenssityyppien välillä.



Kuvio 3. *Salmonella* Infantis -bakteerikantojen vertailu kokogenomisekvensoinnilla cgMLST-menetelmällä. Samassa pallossa olevat kannat ovat samaa sekvenssityyppiä. Samaan sekvenssityypiryhmään kuuluvat kannat näkyvät harmalla taustalla. Numero pallojen välissä kertoo alleelieron sekvenssityyppien välillä. Nuoli osoittaa vuoden 1995 rehuepidemiaan liittyntä nautojen *S. Infantis* -kanta.



Taulukko 3. *Salmonella* Typhimuriumin sekvenssityypiryhmät, joissa eläimistä, rehusta ja ihmisistä eristettyjä kantoja.

Sekvenssityypiryhmä	Kantojen lkm	Näytetyypit (kantojen lkm)
<i>S. Typhimurium</i> I – paljon faagityypin U277 kantoja	84	Nauta (12), Sika (1), Siipikarja (2) Lintu ¹ (51), Villieläin ² (7) Rehu (1) Ihminen (10)
<i>S. Typhimurium</i> II	54	Nauta (1), Sika (6), Siipikarja (1) Lintu (1) Villieläin (1) Siili (6) Ihminen (38)
<i>S. Typhimurium</i> III – kaikki monofaasisia kantoja	47	Nauta (6) Rehu (1) Ihminen (40)
<i>S. Typhimurium</i> IV	20	Nauta (5), Sika (7), Turkiseläin (3) Rehu (3) Ihminen (2)
<i>S. Typhimurium</i> V – paljon faagityypin FT 41 kantoja	13	Nauta (7) Lokki (3) Lintu (1) Villieläin (1) Ihminen (1)
<i>S. Typhimurium</i> VI – kaikki monofaasisia kantoja	10	Sika (5) Ihminen (5)
<i>S. Typhimurium</i> VII	8	Nauta (7) Ihminen (1)
<i>S. Typhimurium</i> VIII	7	Lokki (4) Rehu (1) Ihminen (2)
<i>S. Typhimurium</i> IX – kaikki monofaasisia kantoja	3	Nauta (1) Rehu (1) Ihminen (1)
<i>S. Typhimurium</i> X	3	Nauta (2) Ihminen (1)
<i>S. Typhimurium</i> XI	3	Lokki (1), Lintu (1) Ihminen (1)
<i>S. Typhimurium</i> XII	2	Nauta (1) Ihminen (1)

Sekvenssityyppiryhmä	Kantojen lkm	Näytetyypit (kantojen lkm)
Muut <i>S. Typhimurium</i> ryhmät – yhteensä 21 ryhmää	97	Nauta (20), Sika (5), Siipikarja (12), Turkiseläin (4) Lokki (9), Lintu (2) Rehu (3) Ihminen (42)
<i>S. Typhimurium</i> , ei ryhmissä	52	Nauta (5), Siipikarja (2) Lokki (2), Lintu (2), Villieläin (3) Rehu (6) Ihminen (32)

¹ Muut linnut kuin lokit ja siipikarja

² Muut luonnonvaraiset eläimet kuin siilit ja linnut

S. Typhimurium -kannat ryhmittivät yhteensä 33 sekvenssityyppiryhmään, joiden ulkopuolelle jäi 20/226 eläin- ja ympäristökannoista ja 32/179 ihmisten kannoista (Taulukko 3). *S. Typhimurium* -tartunnat nautatiloilla esiintyivät 18 sekvenssityyppiryhmässä viiden kannan (5/66) jäädessä ryhmien ulkopuolelle. Kaikki sikatiloilta eristetyt 24 kantaa ryhmittivät seitsemään sekvenssityyppiryhmään. Sekvenssivertailu osoitti, että lokeissa erityisesti esiintyvän, *S. Typhimurium* faagityypin FT 41 kantoja tavattiin myös naudoissa, kuten myös pikkulintujen faagityypin FT U277 kantoja. Siilien FT U277-kannat poikkesivat selvästi sekvenssityypiltään pikkulintujen FT U277-kannoista, mutta niitä esiintyi myös sika-, nauta ja siipikarjatililla sekä ihmisten tartunnoissa. Monofaasinen *S. Typhimurium* todettiin ensimmäisen kerran suomalaisissa tuotantoeläimissä vuonna 2019, vaikka se oli jo 2010-luvulla runsaasti lisääntynyt Euroopassa ja muualla maailmassa. Monofaasiset kannat ryhmittivät erilleen muista *S. Typhimurium* kannoista ja muodostivat kolme sekvenssityyppiryhmää. Toistensa kanssa kontaktissa olleiden sikatilojen monofaasiset kannat ryhmittivät omaan sekvenssityyppiryhmäänsä. Samoin muutaman nautatilan monofaasiset kannat muodostivat oman sekvenssityyppiryhmänsä. Eräällä nautatilalla oli kahta erilaista monofaasista *S. Typhimurium* -kantaa, joista toinen poikkesi muista tuotantoeläimistä eristetyistä kannoista. Mistä tartunnat alun perin olivat tuotantoketjuihin tulleet, ei selvinnyt. Tuontielintarvikkeissa monofaasista *S. Typhimurium* -serotyyppejä on todettu vuodesta 2012 alkaen.

Ihmisten *S. Typhimurium* -tartuntoja esiintyi yleisesti eri *S. Typhimurium* sekvenssityyppiryhmissä hieman eri painotuksin kuin eläinten tartuntoja.

Taulukko 4. *Salmonella* Enteritidis -sekvenssityypiryhmät, joissa eläimistä, rehusta ja ihmisistä eristettyjä kantoja.

Sekvenssityypiryhmä	Kantojen lkm	Näytetyypit (kantojen klm)
S. Enteritidis I	64	Nauta (15), Sika (4) Turkiseläin (35) Rehu (1) Ihminen (9)
S. Enteritidis II	30	Siili (29) Ihminen (1)
S. Enteritidis III	6	Nauta (1), Siipikarja (1) Ihminen (4)
S. Enteritidis IV	11	Nauta (2) Ihminen (9)
S. Enteritidis V	6	Nauta (1) Rehu (1) Ihminen (4)
Muut S. Enteritidis ryhmät	106	Ihminen (105) Talipallo (1)
S. Enteritidis, ei ryhmissä	37	Siipikarja (1) Turkiseläin (1) Pääskynen (1) Ihminen (34) broileri (1)

S. Enteritidis -tartunnat nautatiloilla jakaantuivat neljään sekvenssityypiryhmään, ja sikojen tartunnat olivat kaikki samassa ryhmässä (Taulukko 4). Turkiseläinten S. Enteritidis -kannat (faagityyppi FT 33) vuosilta 2014–2019 olivat yhtä kantaa lukuun ottamatta keskenään erittäin yhteneväisiä kuuluen sekvenssityypiryhmään I. Kaikki sikojen S. Enteritidis -kannat kuuluivat tähän turkiseläimille ominaiseen ryhmään. Ryhmässä oli salmonella-kantoja myös nautatilojen ja ihmisten tartunnoista. Siilien kannat (faagityyppiä FT 20) eri vuosilta olivat myös geneettisesti erittäin yhteneväisiä kuuluen sekvenssityypiryhmään II. Siilien S. Enteritidis -tartuntaa ei ollut todettu muissa eläimissä, ainoastaan yhdessä ihmisen salmonellatapauksessa. Valtaosa sekvenssivertailun muista S. Enteritidis -kannoista oli peräisin ihmisten tapauksista, ja ne poikkesivat pääsääntöisesti omiksi ryhmikseen.

Vuosien 2015–2019 aikana todettiin tuotantoeläimissä monofaasisen S. Typhimuriumin lisäksi useita serotyyppisiä, joita ei oltu aiemmin Suomessa todettu: S. Chester, S. Coeln, S. Newport, S. Senftenberg ja S. Umbilo. Pääosin nämä olivat yksittäisiltä tiloilta eristettyjä kantoja eivätkä päässeet leviämään tuotantoketjuissa.

2.3.1 Nauta- ja sikatilojen tartuntalähteiden ryhmittely sekvenssivertailulla

Salmonellatartuntojen lähteitä nauta- ja sikatiloille tarkasteltiin näyteryhmittäin ottaen huomioon eristysvuosi, serotyyppi, sekvenssityyppi, mahdollinen faagityyppi sekä Ruokaviraston salmonellatilastotiedot tutkimusjaksoa edeltäneistä tartunnoista.

2.3.1.1 Luonnonvaraiset linnut ja eläimet

Luonnonvaraisista linnuista ja eläimistä eristetyt *S. Typhimurium* kannat ryhmittäivät pääosin kahteen sekvenssityyppiryhmään, ja niissä molemmissa esiintyi myös nauta- ja sikatiloilta eristettyjä kantoja. Näistä ensimmäisessä ryhmässä oli myös faagityypitettyjä FT U277-salmonellakantoja, jotka ovat ominaisia pikkulintujen *S. Typhimurium* -tapauksissa. Tässä ryhmässä oli myös muutamia sika- ja nautatilojen salmonellakantoja samoilta vuosilta. Toisessa sekvenssityyppiryhmässä olivat kaikki faagityypitetty FT 41 -salmonellakannat, joita esiintyy erityisesti lokeissa. Tässä ryhmässä oli huomattavan paljon myös nautatiloilta sekä munintakanoista eristettyjä *S. Typhimurium* -kantoja.

Siilissä esiintyvä *S. Typhimurium* FT U277 ryhmittyi omaan sekvenssityyppiryhmään, jossa oli myös muutama nauta-, sika- ja siipikarjatilalla kanta. Sen sijaan siileille tyypillistä *S. Enteritidis* FT 20 sekvenssityyppiä ei todettu lainkaan tuotantoeläintiloilla.

2.3.1.2 Turkiseläintuotanto

Sekvenssivertailussa turkiseläimistä ja tuotantoeläimistä eristetyt *S. Enteritidis* FT 33 -kannat ryhmittäivät samaan sekvenssityyppiryhmään yhtä turkiseläimestä eristettyä kantaa lukuun ottamatta. Faagityyppiä FT33 todettiin vuonna 2002 ja 2005 tarhutuilla ketuilla ja vuodesta 2011 lähtien vuosittain turkistarhoilla, erityisesti siniketuisissa. Sitä esiintyi vuosina 2015–2019 yhteensä 12 nautatilalla sekä muutamilla sikatiloilla.

S. Typhimurium -kantojen vertailussa todettiin kolme sekvenssityyppiryhmää, joissa oli sekä turkiseläimistä että tuotantoeläimistä eristettyjä kantoja. Ensimmäisen ryhmän salmonellakannat olivat peräisin siniketusta sekä nauta- ja sikatiloilta vastaavina aikoina. Toisen ryhmän kannat olivat minkistä ja sikatilalta samoilta vuosilta. Kolmanteen ryhmään kuului kantoja supikoirasta, minkistä ja siniketusta eri tarhoilta sekä muutamilta nautatiloilta vastaavina aikoina. Mahdollisista yhteyksistä turkiseläintarhojen ja tuotantoeläintilojen välillä ei ole tietoa.

Kaikki *S. Derby* -kannat kuuluivat samaan sekvenssityyppiryhmään muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta (Kuva 2). Yksi kanta oli peräisin siniketusta vuodelta 2016, jolloin *S. Derby* todettiin kolmella sinikettutarhalla samalla paikkakunnalla. Saman sekvenssityyppiryhmän kantoja esiintyi toistuvasti sikatiloilla vuosina 2015–2019 sekä yhdellä

nautatilalla. Lisäksi kantoja oli eristetty turkis- ja seuraeläinten rehusta sekä seuraeläimistä. Turkistarhat ovat voineet saada tartunnan niiden rehuna käytetystä kontaminoituneesta teurastuotteesta, koska serotyyppejä ei ole muuten esiintynyt turkiseläimissä.

Kaikki *S. Poona* -kannat turkiseläimistä, rehuista sekä ainoasta tuotantoeläimestä, kalkkunasta, ryhmittivät samaan sekvenssityyppiin. Serotyyppejä esiintyi turkistarhoilla vuosien 1999 ja 2016 välillä. Sitä esiintyi myös turkiseläinrehussa, lihaluu- ja lihahöhenjauhoissa sekä rehusilakoissa lähes vuosittain 2003–2015. Ihmisten *S. Poona* -tartunnoista eristetyt 11 kantaa poikkesivat sekvenssivertailussa selvästi eläinten kannoista.

2.3.1.3 Tuontirehut

Tuontirehuista eristetyt *S. Tennessee* -kannat jakautuivat kahteen sekvenssityyppiryhmään, joiden kannat poikkesivat toisistaan rehun maantieteellisen lähtöalueen mukaan. Ensimmäisen ryhmän rehut olivat tulleet Saksasta (7 kantaa), Alankomaista ja Tanskasta (kumpikin 1 kanta), toisen ryhmän rehut Venäjältä (13 kantaa) ja Saksasta (3 kantaa). Vuoden 2009 rehuepidemian jälkeen *S. Tennessee* serotyyppejä on todettu hyvin harvoin tuotantoeläimissä, vaikka sitä on esiintynyt tuontirehuissa.

Eläimistä ja rehuista eristettyjä *S. Mbandaka* -kantoja oli mukana sekvenssivertailussa yhteensä 22 kantaa. Serotyyppejä on esiintynyt erilaisissa rehuissa ja rehuraaka-aineissa vuodesta 1996 lähtien ja vuosittain 2006 alkaen. Tuotantoeläintiloilla serotyyppejä todettiin kuitenkin vain yhdellä sikatilalla useana vuotena. *S. Mbandaka* -kannat ryhmittivät kahta kantaa lukuun ottamatta kahteen ryhmään, joista toinen sisälsi sikatilalta eristetyt kannat.

Yhden nautakarjatilan *S. Senftenberg* -kanta ja samaan aikaan lemmikkieläinten makupalasta (nautan henkitorvi) eristetty kanta olivat samaa sekvenssityyppiryhmää. Yhteensä tutkittiin tästä serotyypistä 13 kantaa, joista 11 oli rehusta eristettyjä.

Valtaosaa rehuista eristetyistä serotyypeistä ei todettu lainkaan tuotantoeläimissä eikä näitä otettu mukaan tutkimukseen. Hankkeessa ei ollut mukana kantoja vuoden 2009 rehuvälitteisestä epidemiasta. Valvontatoimet, rehujen käsittely, rehuerien alhaiset salmonellamäärät tai rehussa esiintyvien salmonellatyyppien heikko taudinaiheutuskyky ovat kaikki osaltaan voineet edesauttaa siihen, ettei rehuperäisiä tartuntoja ole esiintynyt.

2.3.1.4 Tilojen välinen tartunta

Sekvenssivertailulla voitiin vahvistaa, että tartunta aiemman epäilyn mukaisesti oli levinnyt elävien eläinten mukana tilojen välillä. Kananmunantuotantoketjusta eristetyt *S. Typhimurium* FT 41 -kannat kuuluivat kaikki samaan sekvenssityyppiryhmään, mikä osoitti tartunnan siirtyneen alkuperäiseltä tilalta muille tiloille. Vastaavasti sekvenssivertailu vahvisti

moniresistentin *S. Kentucky*n siirtyneen alkuperäiseltä tartuntatilalta kolmelle kontaktitilalle. Lisäksi sekvensointi osoitti, että Suomessa esiintynyt *S. Kentucky* -kanta oli geneettisesti samanlainen kuin maailmalla lisääntynyt moniresistentti kanta (Hawkey ym. 2019).

2.3.1.5 Muista maista tuodut eläimet

Tuotujen eläinten valvontatutkimuksissa todettiin sioissa *S. Typhimurium* FT 120 -tartuntoja, jotka keskenään kuuluivat yhteen sekvenssityypiryhmään. Siipikarjasta eristettiin geneettisesti samanlaiset *S. Typhimurium* FT 41 -kannat, jotka sekvenssivertailussa poikkesivat Suomessa todetuista FT 41 -kannoista.

2.3.1.6 Pienimuotoiseen kotieläintuotantoon ja eksoottisiin lemmikkeihin liittyvät tartunnat

Pienimuotoisista kananmunantuotantoparvista todettiin kahdeksan erilaista salmonella-tartuntaa. Näistä yksi oli *S. Enteritidis* aiheuttama, ja sekvenssityypiltään vastaavaa tartuntaa oli myös saman tilan muissa tuotantoeläimissä. *S. Adelaide* -tartuntatapauksessa kanalan omistajan lemmikkisiilistä oli aiemmin eristetty *S. Adelaide*, ja kanojen sekä siilin salmonellakannat olivat sekvenssityypiltään samanlaisia. *S. Hvittingfoss* -tartuntatapauksessa omistajalla oli hoidossaan useita lintulajeja ja matelijoita, jotka usein kantavat salmonellaa. Kuitenkaan eristyksiä muista eläinlajeista ei ollut käytettävissä, joten alkulähdettä ei pystytty tutkimaan. Kahdesta kanojen *S. Typhimurium* FT U277 tartuntatapauksesta eristetyt kannat kuuluivat samaan sekvenssityypiryhmään, jossa oli myös valtaosa pikkulinuista eristetyistä FT U277 -kannoista. *S. Typhimurium* FT NST -tartuntatapauksen kanta taas ryhmittyi samaan ryhmään luonnonvaraisten siilien ja naakan kantojen kanssa. *S. Typhimurium* FT 195 -tartunta ei vertailussa ryhmittynyt minkään muun tutkitun kannan kanssa. Pienimuotoisessa tuotannossa kanoilla on yleensä suora yhteys luontoon, mikä selittää tartuntojen esiintymistä. Lisäksi omistajilla saattaa olla muita, myös eksoottisia eläimiä, joista salmonella voi tarttua.

2.3.2 Eläinten ja ihmisten kantojen sekvenssivertailu

Ihmisistä eristettyjä *S. Enteritidis* -kantoja analysoitiin yhteensä 166 kappaletta. Näistä yhteensä 27 kantaa ryhmittyi viiteen sekvenssityypiryhmään, joissa oli sekä ihmisistä että eläimistä eristettyjä kantoja (Taulukko 3). Ryhmässä I muutama ihmiskanta ryhmittyi samaan ryhmään turkiseläinten faagityypin FT 33 ja muutamilta nauta- ja sikatiloilta eristettyjen kantojen kanssa. Ryhmässä II yksi ihmisistä eristetty *S. Enteritidis* kanta ryhmittyi samaan ryhmään siileissä esiintyvien *S. Enteritidis* FT 20 kantojen kanssa. Sekvenssityypiryhmässä III oli yhteisiä tartuntoja erään tilan ihmisessä ja eläimissä sekä myös muita

ihmistartuntoja, ja karjan salmonellatartunnan lähde saattoi olla ihminen. Kaiken kaikkiaan tuotantoeläimillä ja ihmisillä esiintyi vähän yhteisiä *S. Enteritidis* -kantoja.

Ihmisten tartunnoista analysoitiin yhteensä 179 *S. Typhimurium* -kanta. Näistä 107 kantaa ryhmittyi samoihin sekvenssityypiryhmiin, jossa oli myös eläinkantoja (Taulukko 3). Kannoista 12 kuului sekvenssityypiryhmään I, jossa oli paljon faagityypin U277 -kantoja eri eläimistä ja ympäristöstä, ja 48 kantaa kuului ryhmään II, jossa oli myös tuotantoja luonnonvaraisista eläimistä ja linnuista eristettyjä kantoja. Monofaasisen *S. Typhimurium*in osalta ryhmään III kuului 40 ihmisistä eristettyä kantaa vuosilta 2017–2020 ja nau-doista eristettyjä kantoja vuodelta 2019. Vastaavasti ryhmään VI kuului viisi monofaasista kantaa ihmisistä vuodelta 2020 sekä sioista vuodelta 2019. Tuontielintarvikkeista on monofaasisia *S. Typhimurium* -kantoja eristetty jo ainakin vuodesta 2012 alkaen. Näitä kantoja ei sisällytetty tähän tutkimukseen, joten yhteyttä tuotantoeläin- ja ihmistartuntojen sekä tuontielintarvikkeiden osalta ei voida tämän tutkimuksen osalta osoittaa.

Muita tuotantoeläimillä ja ihmisillä yhteisiä serotyyppejä olivat tässä aineistossa *S. Coeln*, *S. Derby*, *S. Infantis*, *S. Livingstone*, *S. Mbandaka*, *S. Montevideo*, *S. Newport*, *S. Poona* ja *S. Tennessee*. Näistä yhteisiä tartuntoja löytyi serotyypeistä *S. Derby*, *S. Infantis* ja *S. Newport*. Ihmisistä eristetyt kaksi *S. Derby* kantaa ryhmittyvät samaan ryhmään muista lähteistä eristettyjen kantojen kanssa, mutta *S. Derby* oli geneettisesti hyvin yhtenäinen koko tutkimusajalla eristyslähteestä riippumatta. *S. Infantis* -kannoista löytyi sekvenssityypiryhmä, jossa oli sekä ihmisistä että nautatiloilta eristettyjä kantoja sekä ryhmä, jossa oli sekä ihmisistä että sikatilalta eristettyjä kantoja. Ihmisistä eristetyistä *S. Newport* kannoissa oli suurta geneettistä vaihtelua, mutta ainoa nautatilalta eristetty kanta ryhmittyi samaan ryhmään joidenkin ihmiskantojen kanssa.

Tässä aineistossa tuotantoeläintiloilta ja ihmisistä todettiin hyvin harvoin samanlaisia kantoja. Tämä tukee sitä käsitystä, että kansallinen salmonellavalvontaohjelma on onnistunut hyvin estämään salmonellatartuntojen siirtymisen tuotantoeläintiloilta ihmisiin. Ihmisillä on suurempi todennäköisyys saada tartunta luonnonvaraisista linnuista ja eläimistä, lemmikkieläimiltä sekä turkistarhaustoimintaan liittyen kuin tuotantoeläimistä.

2.4 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset

Salmonellabakteerien kokoperimän sekvenssivertailulla saatiin lisävahvistusta jo aiemmin epäiltyihin tartuntaketjuihin sekä pystyttiin osoittamaan mahdollisia tartuntalähteitä. Samalla saatiin koottua genomiaineistoa kattavasti erilaisista, tuotantoeläin- ja ihmisiin liittyvistä lähteistä eristetyistä kannoista. Genomiaineistoa voidaan jatkuvasti täydentää uusilla

tartuntakannoilla. Hankittua tietopääomaa hyödynnetään sekä kansallisissa että kansainvälisissä epidemiaselvityksissä tulevaisuudessa. Tässä hankkeessa aineistoa hyödynnettiin mallinnuksessa työpaketissa B.

Tarkentuneella tyypitysmenetelmällä ei saatu lisätietoa nautatilojen vuosina 2018–2019 äkillisesti lisääntyneiden salmonellatartuntojen lähteistä. Aineisto rajoittui olemassa oleviin salmonellabakteerikantoihin, joiden joukossa ei ollut mahdollisia tartuntalähteitä tai tartuntojen levittäjiä, kuten haittaeläimet ja muut luonnonvaraiset eläimet. Luonnonvaraiset linnut ja eläimet ovat jatkuva mahdollinen tartuntalähde, jolloin eläintilojen ja rehuvarastojen suojaaminen niiltä on olennaista. Laitumella tai jaloittelutarhoissa eläimiä pidettäessä eläinten suojaaminen tartunnoilta voi olla kuitenkin haastavaa. Eläinten kylmäkasvatus, viileät pihatot ja muut avonaiset rakenteet vaikeuttavat tartunnoilta suojautumista. Erityisesti kun tartunnoissa löytyy uusia serotyyppejä tai aiemmista kannoista geneettisesti poikkeavia kantoja, on tartuntalähteenä otettava huomioon muuttolinnut, jos muuta lähdettä ei löydetä. Tutkimuksen mukaan siilien yleisintä salmonellatyyppiä ei ole esiintynyt tuotantoeläimissä.

Turkistarhojen ja tuotantoeläintilojen läheisyys muodostaa riskin salmonellatartuntojen leviämislle avoimilta turkistarhoilta esimerkiksi haittaeläinten ja lintujen mukana tuotantoeläintiloille. Tosin voi olla vaikeaa osoittaa kumpaan suuntaan tartunta on kulkenut. Turkiseläinrehuihin käytetyt raaka-aineet (esimerkiksi teurastustuotteet, tuontihöhenjauhot) voivat sisältää salmonellaa, jolloin niiden kuumentaminen kaikille turkiseläinlajeille käytäviin rehuihin vähentäisi tartuntojen mahdollisuutta. Lisätietoa turkiseläinten merkityksestä saataisiin, jos tuotantoeläintilalla todetun tartunnan selvityksessä tutkittaisiin mahdolliset läheiset turkistarhat salmonellan varalta.

Tuontirehujen mukanaan tuoma salmonellan riski on kasvanut sen jälkeen, kun rehujen formaldehydikäsittely lopetettiin vuoden 2018 alusta ja siirryttiin rehujen happokäsittelyyn. Rehut tutkitaan säännöllisesti ja niissä todetaan salmonellaa ajoittain. Bakteerimäärät ovat kuitenkin yleensä pieniä ja epätasaisesti jakautuneet rehuun, joten kaikkia salmonelloja ei voida rehuista todeta tutkimallakaan. Rehuista todettuja serotyyppejä ei kuitenkaan vuosina 2014–2019 juuri todettu tuotantoeläimissä, joten kyseisenä aikana rehuperäisiltä tartunnoilta oli erilaisten ennalta ehkäisevien toimenpiteiden ja käsittelyjen avulla välttytty.

Tartunnat voivat siirtyä eläinliikenteen, tuotantovälineiden ja kulkuneuvojen sekä tuotantoeläintiloilla ja -tilojen välillä liikkuvien ihmisten välityksellä. Tuotantorakenteiden muutoksien myötä esimerkiksi tilakoon kasvu, eläinten siirrot eri tiloille kasvatusvaiheiden mukaan, ulkomaiset työntekijät, yhteiset koneet sekä tiloilla kiertävät urakoitsijat voivat lisätä tartuntojen riskiä. Eläinten terveys ETT ry. ohjeistaa sivuillaan tuotantotilojen bioturvallisuudesta ja tautiriskien hallinnasta nauta- ja sikatiloilla. Ohjeistus sisältää salmonellatutkimukset ennen eläinten siirtoa, henkilö- ja ajoneuvoliikenteen ja ulkomaan kontaktit.

Vuosien 2014–2019 aikana oli todettu tai oli viitteitä tartuntojen siirtymistä tiloilta toisille eläinten mukana ja epäilyjä tartunnan saamisesta ulkomaan matkalta.

Kasvava matkailu ja opintomatkat ulkomaille lisäävät salmonellan tartuntariskiä. Heti ulkomaan matkan jälkeen tulisi noudattaa hyvää hygieniaa ja välttää eläintiloihin menemistä. Huonosti kypsennetty liha ja kanamunat tunnistetaan usein riskiksi, mutta yhä useammin epidemiat maailmalla ovat olleet kasvis- tai hedelmäperäisiä johtuen esim. salmonellojen saastuttamista kasteluvesistä.

Tähän asti vähemmällä huomiolla on jäänyt eksoottisten, usein salmonellaa kantavien lemmikkieläinten (erityisesti matelijat) aiheuttama riski tuotantoeläimille. Myös lisääntyvä lemmikeille tarkoitettujen raakaravintovalmisteiden käyttö voi lisätä salmonellatartuntojen riskiä kuten tutkimuksessa mukana olleet lemmikkieläinten ja raakaravintovalmisteiden *S. Derby* -kannat osoittivat.

3 Salmonellalähteiden mallintaminen

3.1 Aineisto

Tässä osatyössä arvioitiin tilastollisesti lähdeluokittelulla salmonellan tartuntalähteiden suhteellisia osuuksia vastaanottavalle ryhmälle (nauta, sika). Työssä hyödynnettiin salmonellakantojen kokogenomin sekvenssitietoa. Salmonellakannoilla tarkoitetaan epidemiologisesti edustavia salmonellaeristyskäytöksiä Suomessa otetuista salmonellanäytteistä. Näytteet ja niistä eristetyt kannat voidaan luokitella näytteenotto-kohteen mukaisesti, määriteltävissä oleviin eläimiä ja rehuja edustaviin populaatioihin. Kukin tällainen populaatio edustaa oletettua mahdollista salmonellatartuntojen lähdeä (source) jollekin tartuntojen kohteena olevalle ns. vastaanottavalle populaatiolle; tässä osatyössä joko nauta- tai sikaeläintuotannolle. Aineistossa oletettuja tartuntalähteitä edustavat seitsemän erilaista eläin- tai rehu-luokkaa. Aineisto koostuu kokoelmasta niistä eristettyjä, sekvensoituja salmonellakantoja sekä näiden kantojen taustatietoja. Taustatiedoista ilmeni mihin eläin- tai rehuiluokkaan kanta kuului sekä erityisvuosi ja sijainti maakuntatasolla. Hankkeessa saatua salmonellakantojen kokogenomin sekvensointituloksia käytettiin luokitteluanalyysissä. Ihmisistä eristettyjä kantoja ei otettu mukaan lähdeluokitteluun.

Aineiston salmonellakantakokoelma ja kantojen taustatiedot on kerätty osana kotimaista salmonellavalvontaa, ja aineiston laatu on tarkastettu asiantuntija-arvioin. Ydingenomi-sekvensointiin perustuva tyypitys ja tätä tukeva epidemiologinen aineisto esikäsiteltiin mallinnusta varten perustuen näytteiden kotimaisuuteen, relevanssiin, tyypityksen tarkkuuteen. Alkuperäisestä 584:n tyypitetyn kannan joukosta poistettiin seuraavat osuudet (suluissa poistettujen kantojen lukumäärä): kannat, joiden katsottiin saaneen alkunsa Suomen ulkopuolelta (74), joiden osalta puuttui näytteen sijaintitiedot kuntatasolla (20) ja joiden alkuperää ei pystytty tunnistamaan (16) tai salmonellan alkuperä oli määritelty lemmikkeihin tai niiden rehuun (9). Lisäksi nautakarjan kantojen luokitteluanalyysissä poistettiin kolme salmonellakantaa sikojen rehuista, jotka olivat epätodennäköisiä lähteitä nautojen salmonellatapauksille. Huonolaatuisen tyypitystuloksen perusteella poistettiin yksi turkiseläinrehusta eristetty salmonellakanta. Lopullinen aineisto naudon salmonellakantojen luokitteluanalyysissä koostettiin 461 kannasta ja sian kantojen luokitteluanalyysissä 464 kannasta vuosilta 1995–2020. Valtaosa (noin 97 %) salmonellakannoista asettui vuosille 2014–2020. Kahdeksaa (8) alalajin *diarizonae* kantaa lukuun ottamatta kaikki salmonellakannat edustivat lajin *S. enterica* subsp. *enterica* serotyyppejä, joita aineistossa oli 28 erilaista. Yhdeksälle salmonellakannalle ei voitu määrittää serotyyppiä.

Kantojen lähdeluokittelua varten kannat arvioitiin monimuotoisuudeltaan ja esiintymistiheydeltään edustavaksi otokseksi kotimaisissa lähdepopulaatioissa esiintyviä salmonelloja. Kantojen luokittelu mahdollisiin lähteisiin tehtiin alueellisella tarkastelulla, jossa Suomi jaettiin kolmeen osaan, Etelä-Suomeen, Itä- ja Pohjois-Suomeen sekä Länsi-Suomeen sisältäen Pohjanmaan turkistuoantoalueen. Kuviossa 4 näkyvät nämä alueet ja salmonellakantojen määrät eri alueilla. Jokainen kanta määritettiin yhteen seuraavista ryhmistä (suluissa koko maan lukumäärät): naudat (130), turkiseläimet ja -rehut (78), muiden luonnonvaraisten eläinten näytteet (70), siat (56), siilit (39), tuotantoeläinrehut (34 nauta/37 sika), siipikarja (30) ja yhdyskuntalinnut (24). Tuotantoeläinrehuista eristetyt kannat luokiteltiin alueellisesti eristyspaikan mukaan. Turkisrehukannat yhdistettiin osaksi turkiseläinten ryhmää, koska turkiseläinrehusta ja turkiseläimistä eristettyjen salmonellakantojen määrän katsottiin olevan liian pieni ryhmien käsittelyyn erikseen. Aineiston yleisimmät serotyypit olivat *S. Typhimurium* (210) ja *S. Enteritidis* (94), mutta paljon todettiin myös muita maailmanlaajuisestikin yleisinä raportoituja serotyyppijä, joista suurilukuisimpia kotimaisessa aineistossa olivat *S. Derby* (36), *S. Infantis* (23) ja *S. Poona* (13). Aineiston perusteella valtaosa Suomessa esiintyvistä salmonellatyypeistä on sopeutunut useampaan kuin yhteen isäntäpopulaatioon.

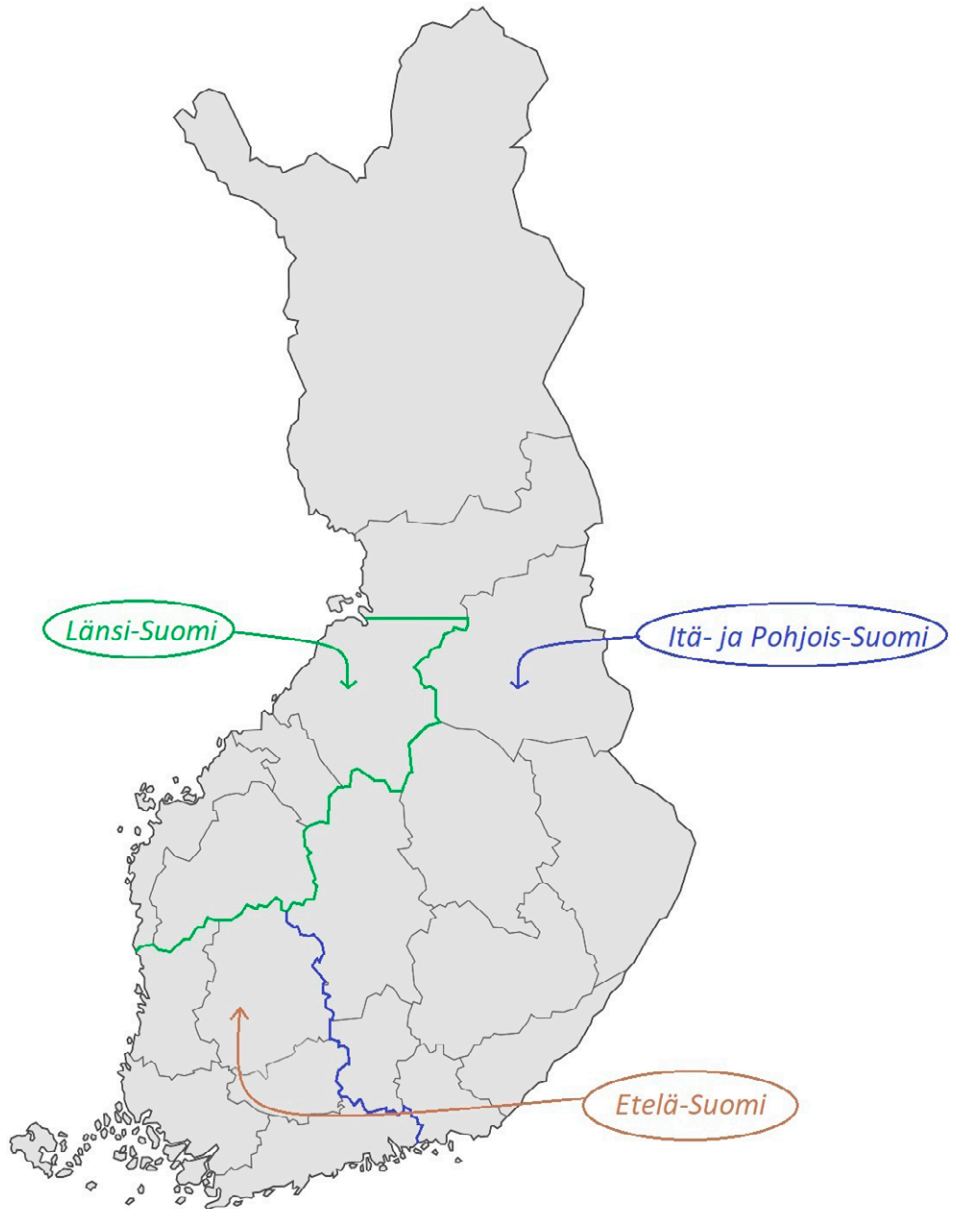
3.2 Menetelmät

Tapausten lähdeluokittelu, tai lähdeattribuutio, on kvantitatiivinen menetelmä, jolla lasketaan arvio nk. ulkoisten tartuntalähteiden muodostamista, suhteellisista tartuntaosuuksista nk. vastaanottavalle ryhmälle. Hypoteesina toimii tällöin oletamus epidemiologisesta syy-seuraus-tartuntayhteydestä, joka ilmenee salmonellakantojen ja -tyyppien geneettisessä samankaltaisuudessa lähdepopulaatioiden ja vastaanottavan populaation välillä. Olettaen täten, että luokittelussa nimetyt lähteet ovat ainoat (ja toisensa poissulkevat) vaihtoehdot kunkin tartunnan alkuperästä, lähteiden todennäköisyydet voidaan määrittää erikseen jokaista luokiteltavaa kantaa kohti. Lähdeluokittelu perustuu tässä yhteydessä salmonellatyyppien geneettisten tietojen tilastomallinnettuun vertailuun eri lähteiden ja vastaanottavan populaation välillä. Geeniperimätiedon mukaisessa tyyppityksessä ja kantojen lähdeluokittelussa tarkastellaan alleelityyppien jakaumia geenilokuksittain. Tällöin jokaisessa lokuksessa alleeli tulkitaan satunnaisena tuloksena jostakin tartuntalähteestä, ja kannan kokonaistodennäköisyys lasketaan sen koko lokusjoukolle.

S. enterican ydingenomi koostuu 3 002 alleelilokuksesta, mutta tyyppitysmenetelmän sekä tietokannan puutteista johtuen osa lokuksien alleelityypeistä jäi tunnistamatta, ja tämä osuus lokuksia poistettiin alustavasti jo esikäsitelyvaiheessa. Seuraavaksi kannat jaettiin Suomessa maantieteellisesti kolmeen osaan. Poikkeuksena tartuntalähteiden (niitä edustavien kantojen) alueittaiselle määrittelylle olivat yhdyskuntalintujen ja luonnonvaraisten eläinten lähdepopulaatiot, jotka vapaan liikkuvuutensa vuoksi määriteltiin mahdollisina

lähteinä yhtäläisesti koko maan alueella (koko Suomen kannat). Tämän jälkeen aineistosta poistettiin lokukset, joissa ei havaittu alleelitason eroja minkään salmonellakantojen välillä. Lisäksi poistettiin lokukset, joiden osalta vähintään yhdestä kannasta ei löytynyt alleelitunnistetta tyyppityksen epäonnistumisen tai alleelitietokannan puutteiden vuoksi. Tämän seurauksena hyödynnettävien lokusten määrä jäi tutkitusta alueesta riippuen runsaaseen tuhanteen lokukseen. Näiden lokuksien kohdalla sovellettiin informatiivisten lokusten etsintään feature selection -menetelmiä, jotka painottavat lokuksia niiden soveltuvuudessa salmonellakannan lähdepopulaatiotunnisteen ennustamisessa. Näiden menetelmien yhteinen ominaisuus on valita piirteet, eli tässä tapauksessa lokusjoukko, siten että määriteltyjen lähdepopulaatioiden sisäinen geneettinen variaatio on minimoitu ja lähdepopulaatioiden välinen variaatio on maksimoitu. Laajasta ydingenomista valitaan tällä periaatteella rajattu otos lokuksia, jonka perusteella luokitellaan testiaineistossa satunnaisesti valittuja salmonellakantoja niiden jo tunnettuihin lähdepopulaatioihin. Feature selection -menetelmissä tukeuduttiin menetelmiin 'minimization of joint mutual information measure' (JMIM) (Bennasar et al. 2015) ja satunnaismetsä (engl. Random Forest) permutaatiopainoarvoilla (engl. permutation importance) (Altmann et al. 2010).

Kuvio 4. Alueellisessa salmonellatapausten lähdeluokittelussa sovelletut maakunta-alueet (ylhäällä). Analysoitujen salmonellakantojen lukumäärä aineiston lähdepopulaatioissa (alhaalla).



		Lähdepopulaatio								
		Luonnonvarainen eläin	Tuotantoeläinrehu	Silli	Sijikarja	Turkiseläin (ja -rehu)	Vindyskuntalintu	Nauta	Sika	Yhteensä / Koko maa
ALUE	Länsi-Suomi	6	17	6	9	73	1	81	33	226
	Etelä-Suomi	25	16	4	15	2	11	7	17	97
	Itä- ja Pohjois-Suomi	39	4	29	6	3	12	42	6	141
	Yhteensä / Koko maa	70	37	39	30	78	24	130	56	464

Valitun lokusjoukon mukaista alleelidataa hyödynnetään bayesiläisessä luokittelumallissa, joka perustuu määriteltyjen lähdepopulaatioiden sisäisiin alleelien suhteellisiin esiintymisfrekvensseihin. Kokonaistodennäköisyys kannan sisältämälle usean lokuksen alleeliyhdistelmälle muodostuu sen lähdepopulaatiossa ilmenevien alleelien esiintymisfrekvenssien tulosta yli lokuksien. Tiettyä lähdepopulaatiota pidetään luokittelussa todennäköisimpänä tartunnan alkuperänä, mikäli lähdepopulaation salmonellakannoissa on muihin oletettuihin lähdepopulaatioihin verrattuna suhteellisesti runsaammin tartunnan alleleja vastaavia tyyppisiä. Kun sama toistetaan jokaisen (naudasta tai siasta) eristetyn kannan kohdalla, saadaan kaikki kannat luokiteltua todennäköisiin lähteisiin. Samalla niiden jakosuhteet antavat yleistetyt arvion eri lähdepopulaatioiden osuuksista vastaanottavassa populaatiossa (tässä nauta- tai sikaeläintuotannossa). Malli mahdollistaa yksittäisten tartuntakantojen luokittelun lisäksi myös bayesiläisten todennäköisyysvälien laskennan populaation tartuntalähdeosuuksille.

Naudan ja sian salmonellatartuntojen lähdeluokittelu toteutettiin erikseen kolmella alueella ja tämän jälkeen arvioitiin koko maan tilannetta naudoista ja sioista eristettyjen kantojen alueosuuksilla painoarvotettuina. Tuloksina saatiin todennäköisyysarviot ulkoisten lähderyhmiä osuuksista suomalaisen nautakarja- ja sikatalouden oletetuissa salmonellalähteissä. Uuden, alueellisen luokittelumallin lisäksi tutkittiin ristiinvalidoimalla lokusjoukkojen valinnan ja lokusjoukon koon vaikutusta lähdeluokitteluun lokusmäärillä 7, 15, 30, 50 ja 70.

Genomityypitetystä datasta ja siitä johdetusta kantojen luokittelumallista tarkasteltiin lokusten ja niiden määrän vaikutusta sekä MCMC-simulointimenetelmän laskennan teknistä konvergoitumista. Ristiinvalidoinnissa aineistosta valittiin otos, opetusjoukko, jolla toteutettiin edellä esitetty malli. Mallia testattiin ylijäävällä osalla dataa eli arvioitiin mallin kykyä soveltua aiemmin havaitsemattomalle dataotokselle. Tällöin voitiin tarkastella lokusten valintaa objektiivisesti. Ristiinvalidoinnissa hyödynnettiin nk. leave-one-out (LOO)-protokollaa, eli lähdeluokittelu suoritettiin valitsemalla vuoron perään yksittäinen kanta josta-kin lähdepopulaatiosta. Kanta luokiteltiin, jonka jälkeen voitiin todeta, kuinka hyvin takaisinluokittelu onnistui. Mikäli salmonellakanta luokiteltiin takaisin alkuperäiseen lähdepopulaatioonsa, malli oli onnistunut tehtävässään. On myös syytä huomata, että kaikki kannat eivät välttämättä luokituta takaisin omaan ryhmäänsä. Etenkin jos ryhmä on erityisen heterogeeninen ja luokiteltava kanta on poikkeava havainto.

Kantojen lähdeluokittelumallin tekninen toteutus tehtiin R-ympäristössä. Ohjelmoinnissa hyödynnettiin integroitua kehitysympäristöä RStudio versio 1.3.1073, sekä CRAN-projektin alla olevia työkalukirjastoja 'praznik' (Kursa 2021), 'dplyr', 'ranger' (Wright ja Ziegler 2017) ja 'viridis' (Garnier et al. 2021). Bayesiläisen ohjelmointiympäristön 'OpenBUGS' yhteensovittaminen R-ympäristöön tapahtui kirjaston 'R2OpenBUGS' (Sturtz et al. 2005) välityksellä ja evaluoitu naiivi Bayes -kaltainen luokittelija kirjoitettiin JAGS-formaatissa. Tulosten

kerääminen ja visualisointi toteutettiin R-ympäristössä. Tämä alleelitason mallinnus R-ympäristöön on johdettu Ruokaviraston aiemmasta koodikirjastosta, josta on saatavilla alkuperäinen lähdeluokittelumalli R-pakettina 'kilde' (Ranta ja Rosendal 2017) GitHub-palvelun välityksellä. Havaintoaineiston sekvenssityypitys on suoritettu aiemmassa osiossa esitetyillä työkaluilla ja aineisto on soveltuvilta osiltaan tuotu R-ympäristöön kantojen lähdeluokittelumallia varten.

3.3 Tulokset

Esitetyt tulokset on laskettu hyödyntäen satunnaismetsiä informatiivisten lokusjoukkojen esimäärittelyssä. Feature selection -menetelmät, satunnaismetsät ja keskinäinen informaatio -metriikka, tuottivat yhtenevät tulokset. Satunnaisotoksella valittu lokusjoukko sen sijaan tuotti lievästi poikkeavia tuloksia ja ristiinvalidoinnissa noin 10–15 % feature selection -menetelmiä matalamman takaisinluokittelun osuuden. Täten feature selection -menetelmien hyödyntäminen tarpeettoman ja liiallisen lokusdatan karsimisessa helpottaa lähdeluokittelun tulkitsemista.

Lokusjoukon koko vaikutti takaisinluokittelun tarkkuuteen ja tulokset stabiloituivat nau-takarjan ja sikojen kantojen lähdeluokitteluissa 50 lokuksen määrällä. Lähdeluokittelussa havaittiin luokitteluosuuksien stabiloituvan samoilla lokusmäärillä ja tulosten olevan yhtäläisiä feature selection -menetelmien välillä. Tuloksissa ei havaittu merkittävää muutosta suuremmalla lokusmäärällä. Lähdeluokittelu on esitetty seuraavissa osioissa 70 lokuksen joukoilla laskettuina. Bayesiläisen mallin parametrisoinnissa laskettiin 14 000 MCMC-iteraatiota kutakin aluekohtaista analyysiä varten, ja iteraatioista poistettiin ensimmäiset 10 000 arvoa burn-in-käytäntöjen mukaisesti.

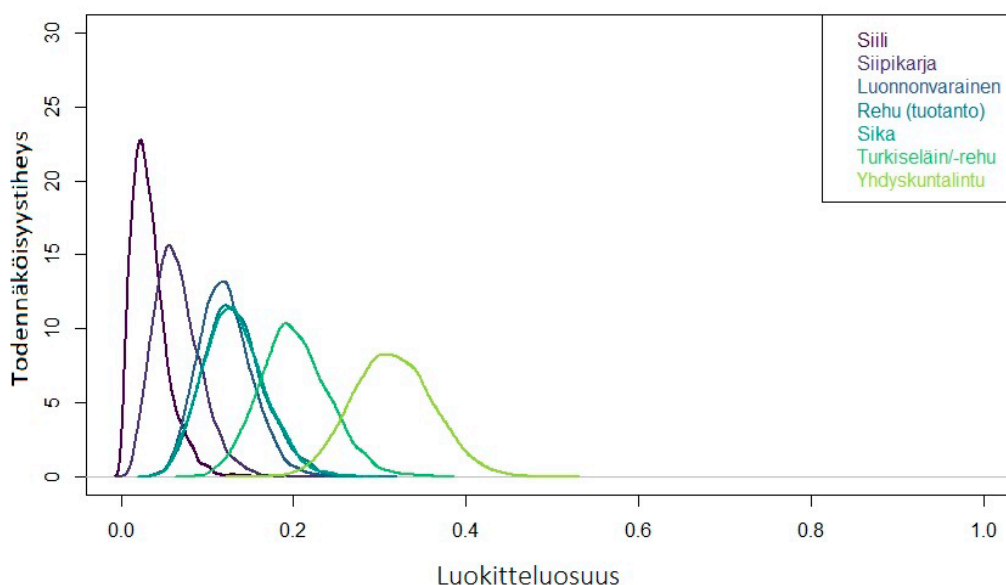
3.3.1 Nautojen altistumislähteet

Alueellisesti nautojen salmonellakantoja oli seuraavat määrät: Länsi-Suomi (81), Etelä-Suomi (7) ja Itä- ja Pohjois-Suomi (42). Kuviossa 5 on esitetty lähderyhmien luokitteluosuudet kokoelmana niiden yksittäisjakaumia, jotka kuvaavat osuuden epävarmuutta. Laaja todennäköisyysväli, eli osuusjakaumien leveät hännät, sekä useiden lähderyhmien vaikutus nautojen salmonellatyyppien luokitteluosuuksiin merkitsevät sitä, että arviot lähderyhmien keskinäisestä järjestyksestä eivät ole yksiselitteisiä. Jakaumien keskiarvot ovat kuitenkin käyttökelpoisia lähdeosuuksien yleisen suuruusluokan arvioissa. On hyvä huomioida, että luokitteluosuudet määrittelevät pääsääntöisesti sitä osuutta vastaanottavan populaation (nautojen) salmonellatyyppiä, jotka ovat geneettisesti samankaltaisia jossakin lähdepopulaatiossa useimmin kuin toisessa. Epidemiologinen arviointi perustuu tässä yhteydessä lähdeluokittelumallin olettamukseen tartuntaketjun suunnasta, mutta tarkkaa

tartuntasuuntaa ei voida osoittaa vain geneettisen informaation perusteella ja täten luokitteluosuudet ovat arvioita eri lähdepopulaatioiden mahdollisista tartuntaosuuksista.

Kantojen lähdeluokittelussa arvioidut osuudet antavat vahvan viitteen yhdyskuntalintujen, eli esimerkiksi lокkien ja naakkojen, kantojen merkityksestä naudoissa esiintyvissä kannoissa, ja näiden lajien roolista salmonellatartuntojen välittäjinä. Arvion mukaan yhdyskuntalinnut muodostavat koko Suomessa 32 % osuuden (95 % todennäköisyysväli: 23–41 %) nautojen salmonellatyypeistä. Tässä osuudessa ilmenee lievää vaihtelua maantieteellisesti: Itä-Suomessa osuus on 29 %, ja kasvaa Länsi-Suomen – Pohjanmaan alueen 32 % osuuteen. Yhdyskuntalintujen suurin lähdeosuus on Etelä-Suomessa 34 % osuudella, mutta korkeaa lukua saattaa selittää naudoista todettujen salmonellakantojen vähäinen näytemäärä tältä alueelta. Yhdyskuntalintujen merkitys salmonellan välittäjänä on viime vuosina korostunut ja erityisesti monien lокkilajien kantama *S. Typhimurium* on yleistynyt sekä Suomessa että muissa pohjoismaissa. Lisäksi naakoissa on havaittu serotyyppiä *S. Altona* sekä epäilty varislintujen merkitystä monofaasisen *S. Typhimuriumin* väli-isäntänä sioista nautaan. Valkoposkihanhiin merkityksestä salmonellan levittäjänä nauttiloilla ei ole vähäisen aineiston vuoksi riittävää näyttöä. Lähdeluokittelussa lokusjoukon valintametodista riippumatta yhdyskuntalinnut olisivat suurin yksittäinen lähdepopulaatio nautojen salmonellatapauksissa 94 % todennäköisyydellä.

Kuvio 5. Naudan salmonellatartuntojen arvioidut altistuslähteet ja niiden luokitteluosuudet koko maassa todennäköisyysjakaumina esitettyinä.



Nautojen salmonellakantojen lähdeluokittelu arvioi turkiseläinten salmonellatyypin luokitusosuuden koko Suomen alueella 20 %:n suuruiseksi (95 % todennäköisyysväli: 13–29 %). Luokitusosuus oli 28 % Länsi-Suomessa Pohjanmaan maakunnissa ja 8–9 % muualla kotimaassa. Turkiseläinten (ja niiden rehujen) kantojen katsotaan olevan toiseksi suurin yksittäinen lähde nautojen salmonellakannoista. Erityisesti turkiseläinten salmonellatyypin katsotaan olevan yhteydessä nautojen *S. Enteritidis* -tartuntoihin ja osittain myös *S. Typhimurium* -tapauksiin. Erityisesti *S. Typhimurium* osalta naudat, siat ja turkiseläimet muodostavat erillisen salmonellatyypin joukon, joka saattaa kertoa ristialtistuksesta tuotantotilojen välillä. Tulokset viittaavat kasvaneeseen salmonella-altistukseen turkistarhausalueella.

Sikataloutta ei tyypillisesti pidetä merkittävänä salmonellariskinä naudoille, sillä taudinaiheuttajan tartuntaketjua pystytään harvoin paikantamaan. Lisäksi sioissa esiintyneitä serotyyppejä *S. Derby* ja *S. Tennessee* ei yleisesti tavata naudoissa. Sian salmonellatyypin keskisuuri 13 %:n lähdeosuus naudoille (95 % todennäköisyysväli: 7–21 %), muodostuu pääasiassa *S. Typhimurium* monofaasisesta muodosta sekä nautojen, turkiseläinten ja sikojen yhteisestä *S. Typhimurium* -tyypistä. Sikojen lähdeosuudet nautojen salmonellakannoista painottuvat pääsääntöisesti Länsi- ja Itä-Suomeen, joissa sikojen lähdeosuus on 10–15 %. Luokitteluosuus Etelä-Suomen alueella arvioidaan 7 %:n suuruiseksi. Monofaasinen *S. Typhimurium* on maailmanlaajuisesti huolta herättävä taudinaiheuttaja, sillä se on yleistynyt nopeasti, erityisesti sioissa, ja sille on kehittynyt antibioottiresistenssiä. Yksittäisissä tapauksissa sian ja naudan mahdollisena väli-isäntänä on pidetty yhdyskuntalintuja, sillä monofaasisen variantin tartunnat ovat maantieteellisesti hajaantuneita. On mahdollista, että sikatilojen ja turkistarhojen maantieteellinen keskittyminen lähelle nautatiloja luo edellytykset tartuntaketjun syntymiseen.

Luonnonvaraisista eläimistä, kuten varpusista, telkistä ja rusakoista, on todettu etenkin serotyypin *S. Typhimurium* ja salmonellan alalaji *S. diarizonae* salmonellakantoja. Laajasta eläinlajikirjosta huolimatta luonnonvaraisten eläinten salmonellajoukko on huomattavan homogeeninen ja tälle lähteelle tyypillisiä salmonellatyyppejä ei pääsääntöisesti löydy muista populaatioista kuin naudoista. Tämä lähdepopulaatio onkin 12 %:n (95 % todennäköisyysväli: 7–19 %) osuudella keskisuuri tartuntalähde nautojen salmonellatapauksissa ja luonnonvaraisten eläinten katsotaan olevan hyvin todennäköinen lähdepopulaatio määrätulle osalle nautojen saman tyypin salmonellatartunnoista. Luonnonvaraiset eläimet katsotaan merkittäviksi välittäjiksi erityisesti Itä- ja Etelä-Suomessa, joissa ne arvioidaan toiseksi merkittävimmäksi salmonellalle altistavaksi lähdepopulaatioksi yhdyskuntalintujen jälkeen 20–25 %:n luokitusosuudella. Länsi-Suomessa luonnonvaraisten eläinten merkitys salmonellan tartuttamisessa nautoihin katsottiin pieneksi (7 %). Todennäköinen tartuntaketju saattaa muodostua nautatilalla pesivistä eläinlajeista, erityisesti lähdepopulaatiossa enemmistönä edustetuista lintulajeista, jotka voivat saastuttaa navettaympäristön tai rehun.

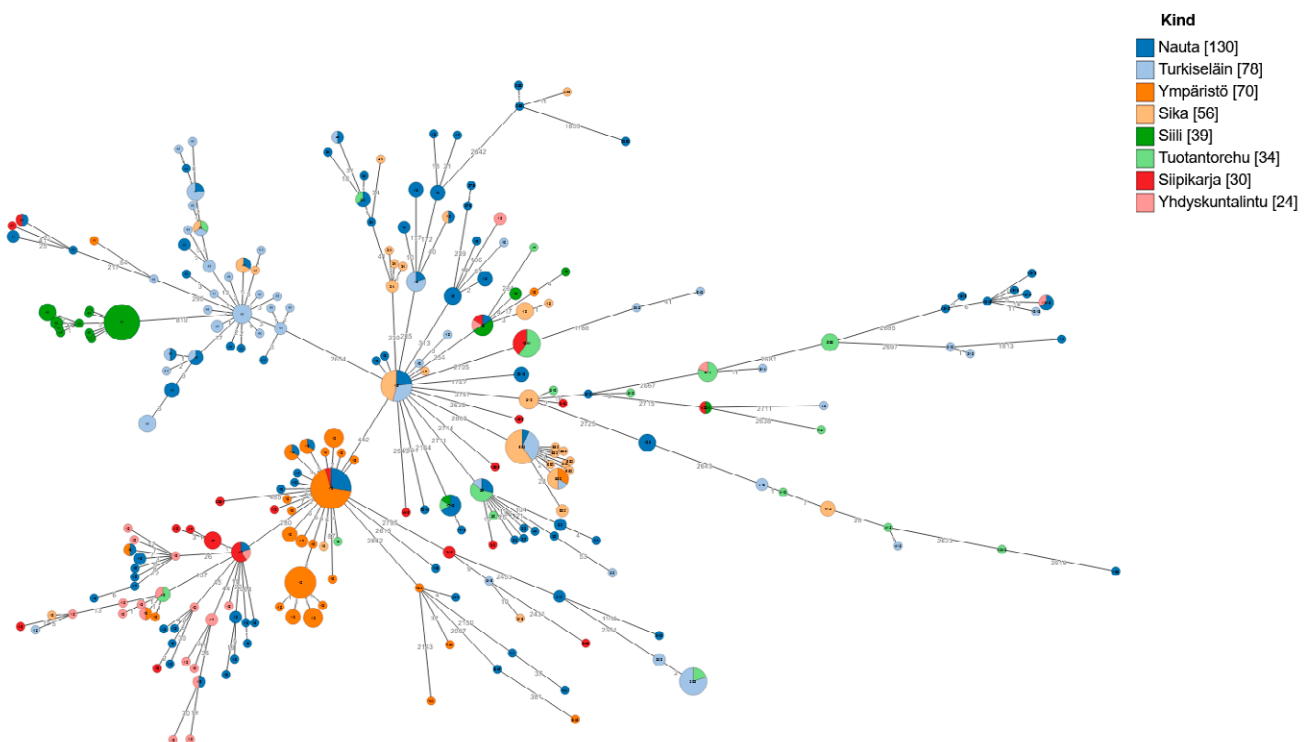
Tuotantoeläinrehua on yleisesti pidetty suoraviivaisena nautojen salmonellatartuntojen alkulähteenä. Lähdeluokittelu osoittaa kuitenkin vain keskisuuren 13 %:n lähdeosuuden (95 % todennäköisyysväli: 7–21 %) rehulle. Kaikki lähdeluokittelussa hyödynnetyt tuotantoeläinrehunäytteet olivat kotimaisia eikä ulkomaisia rehunäytteitä ollut mukana tarkastelussa. Aineiston perusteella lähdeluokittelun tulos ei kuitenkaan ole yllättävä; tuotantoeläinrehu on merkittävä lähdepopulaatio naudon salmonellatapauksissa serotyypin *S. Infantis* ja *S. Konstanz* osalta, mutta muutoin yhteisiä salmonellatyyppejä rehun ja nautakarjan välillä on vähän. Tästä huolimatta *S. Infantis* ja *S. Konstanz* ovat naudalla yleisiä ja maantieteellinen yhteys rehun ja nautakarjan välillä havaitaan etenkin Länsi-Suomessa sekä Itä- ja Pohjois-Suomessa 14 %:n luokitusosuudella. Etelä-Suomessa rehujen osuus nautojen salmonellatapauksissa arvioitiin 7 %:n suuruisiksi. Pääsääntöisesti kotimaiset tuotantoeläinrehut eivät vaikuta mahdollisia yksittäisiä taudinpurkauksia lukuun ottamatta muodostavan merkittävää salmonella-altistusta nautakarjaan. Tässä vertaillut muut lähteet ovat vaikutuksiltaan paikallisia, mutta rehujen jakeluketjun välityksellä rehukontaminaatiolla olisi potentiaalisesti laaja vaikutus, vaikka sen todennäköisyys olisi pieni. Tämä korostaa rehuvalvonnan tärkeyttä.

Siipikarjaa pidetään pääsääntöisesti sisätiloissa eikä suoraa salmonellan tartuttamisriskiä tai siipikarjan läsnäoloa epäsuorana tartunnanvälittäjänä nautakarjalle voida pitää todennäköisenä. Koska näillä eläinlajeilla todetut tartunnat poikkeavat ajallisesti ja maantieteellisesti, ei siipikarja juurikaan aiheuta salmonella-altistusta nautatuotantoon. Kantojen lähdeluokittelun osuus perustuu hajanaisiin *S. Enteritidis*-tapauksiin, joiden perusteella munintakanoista eristetyillä salmonellakannoilla olisi havaittavissa vain heikkoa yhteyttä yksittäisiin nautakantoihin. Kokonaisuudessaan kotimaisen siipikarjan salmonellatyyppien katsotaan kohdistavan 7 %:n lähdeosuuden (95 % todennäköisyysväli: 2–13 %) nautojen salmonellatapauksista. Alueellisesti suurin siipikarjan kantojen lähdeosuus nautojen salmonellakannoista paikallistui Itä- ja Pohjois-Suomeen (15 %) ja Etelä-Suomeen (11 %). Luokitteluosuus Länsi-Suomen alueella oli hyvin pieni (2 %). Munantuotannosta poiketen kotimaisen broilerintuotannon ei katsottu tulosten valossa olevan uskottava salmonella-tartunnan lähde nautatiloille.

Siileistä erotetut salmonellakannat ovat pääasiallisesti homogeenisiä ja edustavat serotyyppejä *S. Enteritidis* (FT 20) ja *S. Typhimurium* (FT U277). Erityisesti *S. Enteritidis*-kannat eroavat muiden eläinlajien salmonellakannoista. Nautojen salmonellakantojen lähdeluokittelussa havaittiin vain pieniä hajaosuuksia siilien kannoille, ja kokonaislähdeosuus arvioitiin vain 3 %:n suuruisiksi (95 % todennäköisyysväli: 1–8 %). Alueellisesti arviot antoivat siilien kantojen suurimmat lähdeosuudet Itä- ja Pohjois-Suomessa sekä Etelä-Suomessa (4 % ja 8 %). Länsi-Suomessa siilien kantojen osuus nautojen salmonellatapauksista todettiin hyvin pieneksi (2 %). Yhtäkään naudon salmonellatapausta ei voitu yksiselitteisesti liittää siileihin.

Nautakarjasta havaittujen salmonellakantojen keskinäinen heterogeenisuus voidaan esittää fylogeneettisenä graafina. Kuviossa 6 on esitetty arvio bakteerityypin polveutumisesta erinäisissä salmonellakannoissa. Rakenteeseen on korostettu naudasta eristetyt salmonellakannat. Graafi on toteutettu GrapeTree-ohjelmalla, joka esittää salmonellakantojen välisen alleelietäisyyden puurakenteena. Alleelietäisyys on esitetty logaritmisella asteikolla. Jokaista salmonellakantaa edustaa puun haarautuma, ja pallorakenteessa erilaiset koot viittaavat yhtenevän geneettisen rakenteen ilmenemiseen useassa salmonellakannassa. Puun haarautumat on esitetty kahden, toisiaan lähinnä olevan salmonellakannan tai -kantojen välille eivätkä alleelietäisyydet summaudu usean puuhaaran välillä. Graafilla voidaan perustella lähderyhmien karkeata jakoa, esimerkiksi osoittaa selkeästi eriytynyt *S. Typhimuriumin* ryhmä luonnonvaraisista eläimistä ja naudoista havaituissa salmonellatapauksissa. Graafista havaitaan, että nautojen kannat ovat yhtenäisiä poikkeuksellisen monen potentiaalisen lähdepopulaation kanssa.

Kuvio 6. GrapeTree -graafi salmonellakantojen välisestä geneettisestä, alleeliparien etäisyydestä esitettyinä näytteiden lähdepopulaatioiden mukaan.

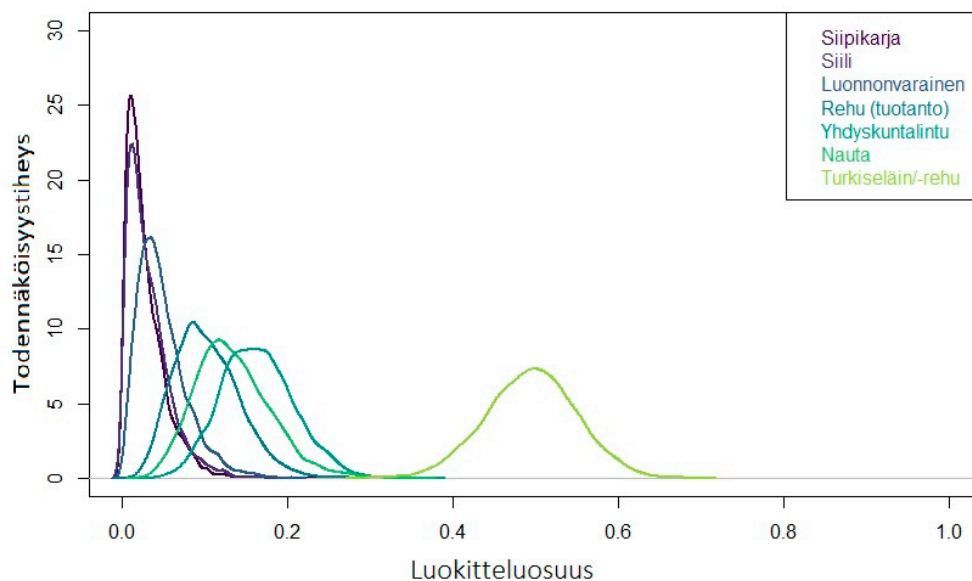


3.3.2 Sikojen altistumlähteet

Sikojen altistumlähteitä tutkittiin lähdeluokittelumallilla vastaavasti kuten naudoilla. Mallissa siat on nyt määritetty salmonellatartuntoja vastaanottavaksi ryhmäksi. Aineistosta koostettiin seitsemän lähdepopulaatiota, nyt mukana myös naudat, joiden populaatiossa ilmenevät salmonellat saavat vuorostaan roolin mahdollisena lähteenä sikojen salmonellatartunnoissa. Seuraavissa kappaleissa on esitetty lähderyhmien luokitteluosuuksien odotusarvo (tässä, keskiarvo), keskihajonta ja 95 % todennäköisyysväli. Aluejaottelu on tehty samoin kuin edellä, kolmella maantieteellisellä alueella. Kuten edellä, poikkeuksena alueellisesti määritellyille lähteille ovat yhdyskuntalinnut ja luonnonvaraiset eläimet, joiden kannat edustavat koko maata.

Kuviossa 7 on esitetty sikojen salmonellakantojen luokitteluosuuksien kuvaajat todennäköisyysjakaumina jokaiselle lähdepopulaatiolle. Lähdeosuuksien perusteella turkiseläinten salmonellakannat katsotaan suurimmaksi yksittäiseksi lähdepopulaatioksi sikojen salmonellatapauksissa. Lisäksi mahdollisina tartuntaryhminä todetaan yhdyskuntalinnut ja naudat sekä pienemmissä määrin tuotantoeläinrehu. Siipikarjan, luonnonvaraisten eläinten ja siilien osalta malli arvioi hyvin pientä tartuntaosuutta sikoihin. Luokitteluosuuksien jakaumista havaitaan, että bayesiläiset todennäköisyysvälit ovat varsin leveät mikä osoittaa suurehkoa epävarmuutta. Siksi lähderyhmien osuuksien keskinäisestä suuruusjärjestyksestä, lukuun ottamatta turkiseläinten kantojen merkitystä, ei voida tehdä yksiselitteistä päätelmää.

Kuvio 7. Sikojen salmonellatartuntojen arvioidut altistuslähteet ja niiden luokitteluosuudet koko maassa todennäköisyysjakaumina esitettyinä.



Turkiseläimet ilmenevät suurimpana kantojen lähdepopulaationa sikojen salmonellakannoissa 49 %:n osuudella lähdeluokittelussa (95 % todennäköisyysväli: 39–60 %). Erityisesti turkiseläinten kantojen kanssa samankaltaiset salmonellakannat painottuivat Länsi-Suomeen Pohjanmaan maakuntiin 70 %:n ja Itä- ja Pohjois-Suomessa 55 %:n luokitteluosuuksilla. Etelä-Suomessa sen sijaan havaittiin vain pieniä hajaosuuksia turkiseläinkannoille. Aineiston perusteella turkiseläimistä havaitut salmonellakannat ovat geneettisesti samankaltaisia kuin sioista havaitut *S. Derby*, *S. Typhimurium* ja *S. Enteritidis* -tapaukset. Erityisesti sioissa yleistä serotyyppiä *S. Derby* on havaittu runsaasti myös turkiseläimissä ja lähdeluokittelu kohdentaa niille suuren lähdeosuuden. Vain yksittäisiä *S. Enteritidis* -tapauksia on havaittu sioissa ja niiden lähteenä pidetään yleisesti turkiseläimissä puhjennutta epidemiaa Pohjanmaan alueella. Koska sikatalous ja turkiseläintarhaus sijoittuu samoille maantieteellisille alueille, salmonella kahden tai useamman tilan välillä saattaa kulkeutua haittaeläinten, kuten jyrtsijöiden, ja ihmisten mukana. *S. Typhimurium* -tapauksessa havaitaan erityisesti yhteys sikojen ja turkiseläinrehun välillä. Tämä voi viitata myös vastakkaiseen tartuntasuuntaan, sillä sikojen teurastuksen sivututotteita hyödynnetään yleisesti turkiseläinrehussa. Kuten naudan lähdeluokittelussa on havaittu, sika, nauta ja turkiseläimet muodostavat yhteisiä tai samankaltaisia salmonellakantoja, ja siksi näiden lähderyhmiä rooli on korostunut sikojen salmonellakantojen lähdeluokittelussa.

Naudoissa ilmenevät salmonellatyyppit edustavat poikkeuksellisen heterogeenistä populaatiota taudinaiheuttajia. Usea havainto *S. Typhimurium* ja *S. Hessarek* -kannoista viittaa myös mahdolliseen salmonella-altistukseen nautojen ja sikojen välillä. Nautojen kannat katsotaan keskiuureksi lähdepopulaatioksi sikojen salmonellatapauksissa muodostaen mallissa 16 %:n luokitteluosuuden (95 % todennäköisyysväli: 6–23 %). Alueellisesti nautojen salmonellakantojen samankaltaisuus sikojen salmonellakantojen kanssa ilmeni Itä- ja Pohjois-Suomen alueella (22 %) ja Länsi-Suomessa (16 %). Erityisesti tämä on havaittavissa monofaasisen *S. Typhimuriumin* kohdalla. Tässä yllättävässä havainnossa ilmenee lähdeluokittelun oletukseen sisältyvä neutraalisuus epidemiologisen reitin valinnassa; siat ovat yleisesti otaksuttu isäntä ensimmäisissä monofaasisen salmonellan tapauksissa ja taudinaiheuttaja on myöhemmin, mahdollisesti (yhdyskunta)lintuvälitteisesti, siirtynyt nautakarjaan. Mutta koska muita monofaasisia salmonelloja ei aineistossa ole, nautaperäinen kanta tulkitaan sikojen salmonellan lähteeksi. Lisäksi *S. Typhimurium* ja *S. Hessarek* -kannoissa sioilla ja naudoilla havaitaan geneettisesti samankaltaisia tyyppijä. Koska näitä kantoja on aineistossa paljon, nautaperäiset kannat muodostavat olennaisen lähdeosuuden.

Yhdyskuntalinnut sekä muut luonnonvaraiset eläimet, pääosin monet lintulajit, kantavat yhteneviä salmonellakantoja suomalaisilta sikatiloilta havaittujen kantojen kanssa. Yhdyskuntalintujen luokitteluosuus sikojen salmonellatapauksissa arvioitiin 16 %:n (95 % todennäköisyysväli: 8–25 %) suuruiseksi ja tämä ilmeni pääosin Etelä-Suomen alueella, jossa lähdepopulaation luokitteluosuus arvioitiin 43 %:n suuruiseksi. Luonnonvaraiset eläimet tätä vastoin ilmentävät vain matalahkoa, tartuntaosuudeltaan 5 %:n (95 % todennäköisyysväli:

1–12 %) lähdeosuutta sikojen kannoista, ja tämä osuus painottuu yhdyskuntalintujen tavoin Etelä-Suomen alueelle (8 %). Monofaasisen *S. Typhimuriumin* osalta yhdyskuntatai luonnonvaraisten lintujen on arvioitu toimivan mahdollisena väli-isäntänä sikojen ja nautojen tartuntojen välillä, viitaten mahdollisesti laajempaan tartuntaketjuun sikojen ja yhdyskuntalintujen välillä. Aineisto ei kuitenkaan sisällä yhdyskuntalinnuista eristettyä monofaasista *S. Typhimurium* kantaa.

Kotimaisen tuotantoeläinrehun, eritoten sianrehun, merkitys sian salmonellatapauksissa korostuu serotyypeissä *S. Mbandaka* ja *S. Tennessee*, joita todetaan yleisesti myös ulkomailta tuodusta tuotantoeläinrehussa. Lähdeluokittelussa tuotantoeläinrehu kohdentuu edellä mainittuihin, siasta tyypitettyihin variantteihin, muodostaen matalan 10 %:n lähdeosuuden (95 % todennäköisyysväli: 4–19 %) sian salmonellakannoista. Tuotantoeläinrehusta käynnistyneitä sikojen salmonellaepidemioita ei ole aineiston perusteella havaittu muiden serotyyppien välittämänä. Lisäksi tuotantoeläinrehusta syntyneet *S. Mbandaka* ja *S. Tennessee* -tartunnat ovat maantieteellisesti keskittyneet Etelä-Suomeen (luokitteluosuus 24 %), ja esimerkiksi Länsi-Suomessa arvio rehuperäisten lähteiden osuudesta sikojen salmonellatapauksiin on matala.

Kuviossa 6 on esitetty GrapeTree -visualisaatio salmonellakantojen fylogeneettisestä polveutumisesta aineistossa. Siinä näkyy sioista eristettyjen salmonellakantojen keskinäinen sijainti; GrapeTree-graafi vastaa muutoin naudnan tulosten tarkastelua. Erityistä huomiota sikojen salmonellatapauksissa tulee kiinnittää salmonellakantojen jakautumiseen eri serotyyppeihin. Nautakarjaan verrattuna sikojen homogeeniset salmonellakannat paikallistuvat selkeästi naudnan, turkiseläinten (ja näiden rehun) sekä tuotantoeläinrehun kantojen joukkoon. Tämä havainto tukee lähdeluokittelun tulosta sikojen salmonellakannoille.

Yleiset sioissa esiintyvät serotyypit ovat *S. Derby*, *S. Typhimurium* ja sen monofaasinen muoto sekä *S. Enteritidis*, *S. Tennessee* ja *S. Mbandaka*. Huolimatta laajasta salmonellakirjosta, yksittäisistä sioista havaitut kannat ovat pääsääntöisesti kohdennettavissa yhdelle tai useammalle lähdepopulaatiolle ja sikojen salmonellakannat ovat vahvasti homogeenisiä serotyyppien sisällä. Lähdeluokittelu on koostettu erillisistä sikakannoista, jotka on yhteensovitettu edustamaan sikoja lähdeluokittelun vastaanottavana ryhmänä. Täten lähdeosuudet voivat muodostua eri tavoin serotyyppien välillä. Lähderyhmien hajanaisuus havaitaan esimerkiksi turkiseläinten osuudessa sikojen *S. Derby* -tapauksissa ja nautojen osuudessa monofaasisen *S. Typhimuriumin* osalta, vaikka nämä salmonellatyypit ovat ominaisia juuri sioille.

3.4 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset

Tässä osatyössä arvioitiin lähdeluokittelulla vastaanottavan ryhmän (nauta tai sika) salmonellatartunnan lähteiden suhteellisia osuuksia. Lähdeluokittelussa valitaan nk. salmonella vastaanottava ryhmä, joihin kaikkia muita määriteltyjä ryhmiä verrataan mahdollisina salmonellalähteinä. Sama voitaisiin tehdä mille tahansa valitulle ryhmälle, jolloin muut ryhmät vuorostaan toimisivat mahdollisina lähteinä. Koska yksi ryhmistä on etukäteen valittu tartuntoja vastaanottavaksi ja muut ryhmät tartuntalähteiksi, joiden keskinäistä osuutta arvioidaan, ei tartuntasuuntaa voida yksiselitteisesti päätellä kuin tämän oletuksen puitteissa. Luokittelu perustuu saatavilla olevaan salmonellakanta-aineistoon, jolloin tärkeitä lähteitä tai tartunnan välittäjiä voi jäädä pois. Koko monen vuoden salmonellakanta-aineisto käsiteltiin kokonaisuutena, jolloin tartuntoihin liittyvää ajallista yhteyttä mallissa ei otettu huomioon. Nämä epävarmuusseikat tulee ottaa huomioon tulosten tarkastelussa.

Kotimaiseen nautakarjaan kohdistuva salmonella-altistus on peräisin laajasta kirjosta tartunnanlähteitä. Suurin yksittäinen tartuntalähde painottuu yhdyskuntalintuihin, eli joihin-kin loppilajeihin ja naakkoihin. Erityisesti Länsi-Suomessa turkistarhaus todettiin toiseksi suurimmaksi salmonellatartuntojen lähteeksi. Kotimaisen tuotantoeläinrehun, sikojen, ja luonnonvaraisten eläinten tartuntaosuudet nautojen salmonellatapauksissa arvioitiin kärkeästi yhtä suuriksi ja muodostavat yhdessä noin kolmanneksen koko maan tartuntaosuudesta. Kotimaisen siipikarjatalouden katsottiin muodostavan tätä vastoin vain matalan salmonellatartunnan altistuksen nautakarjaan. Aineiston perusteella näiden lähteiden välillä on todennäköinen yhteys, mutta tartuntaketjun suuntaa ei tiedetä. Tilojen keskittyminen maantieteellisesti pienelle alueelle voi osaltaan vaikuttaa salmonellan siirtymiseen tilojen välillä luonnonvaraisten eläinten tai ihmisten välityksellä.

Sikojen salmonellatapauksissa todettiin pääasiallisesti turkiseläinten ja toissijaisesti nautojen ja yhdyskuntalintujen yhteys moniin tartuntaketjuihin. Etelä-Suomessa havaittiin eritoten kohonnut tuotantoeläinrehun aiheuttama riski. Muutoin sikojen salmonella-altistus painottui Länsi-Suomessa turkiseläinten kantoihin, Etelä-Suomessa yhdyskuntalintujen ja muutamissa Itä- ja Pohjois-Suomen tapauksissa myös nautakarjan kantoihin. Havaintojen perusteella siat, turkiseläimet ja naudat altistuvat yhtä lailla läheiselle salmonellatartunnalle, jonka ilmenemistä näissä eläinlajeissa voivat edistää paikalliset haittaeläimet, tuotantotilojen keskittymät ja turkiseläinrehun puutteellinen käsittely.

Ruokavirasto, THL ja muut viranomaiset jatkavat kotimaisen salmonellatilannekuvan seuraamista. Tilastollisten analyysimenetelmien kehitystyö ja kokogenomityypitys nähdään potentiaalisesti lähestymistavaksi tartuntalähteiden tunnistamisessa tai niiden poissulkemisessa. Hankkeessa luodulla mallinnuksella voidaan jatkossa hyödyntää muussa epidemiologisessa seurannassa syntyvää genomidataa ja seurata pitkällä aikajänteellä salmonellatartuntojen lähteitä ja niiden muutostrendejä, myös ihmistartuntojen lähteiden arviointia väestötasolla, sekä kansainvälisiä aineistoja yhdistämällä laajemminkin.

4 Salmonellan saneeraus tartuntatiloilla

4.1 Aineisto

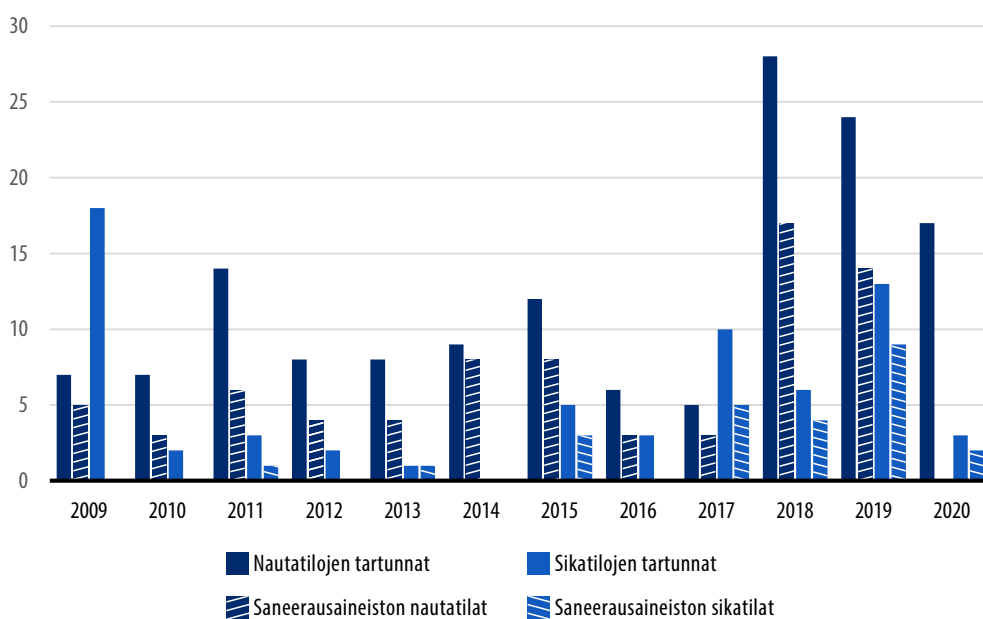
Tutkimusaineistona oli Eläinten terveys ETT ry:n asiantuntijaeläinlääkäri Olli Ruohon tekemiä salmonellasaneerauksia nauta- ja sikatiloilla. Olli Ruoho on koulutukseltaan tarttuvien eläintautien ja tuotantoeläinten terveyden- ja sairaanhoidon erikoiseläinlääkäri, lisäksi hänellä on eurooppalainen erikoistumistutkinto nautojen terveydenhuollosta (Dipl. ECBHM). Urallaan Olli Ruoho on saneerannut yli 250 nauta-, sika- tai siipikarjatilaa vuodesta 1995 alkaen, jolloin Suomessa oli laaja rehuperäinen salmonellaepidemia (*S. Infantis*). Hänen toimenkuvaansa on kuulunut lisäksi salmonellariskinhallintakonsultointia suomalaisilla rehutehtailla sekä siipikarjatuotantoketjussa Ruotsissa ja Tanskassa.

Tutkimukseen otettiin mukaan yhteensä 100 nauta- tai sikatilaa, joiden salmonellasaneeraus suunnitelman Olli Ruoho on laatinut, ja joiden saneerausta hän on konsultoinut joko yksin tai yhdessä teurastamoiden terveydenhuoltoeläinlääkäreiden tai paikallisten praktikkoeläinlääkäreiden kanssa. Nautatilojen (n=75) saneeraukset ovat alkaneet vuosina 2009–2019 ja sikatilojen (n=25) vuosina 2011–2020. Koska aineiston sikatiloista usealla on ollut salmonellatartunta kahdesti tai useammin, kaiken kaikkiaan käytiin läpi 37 saneerausta 25 sikatilalla. Näistä saneerauksista 3 oli kesken aineiston tarkastushetkellä, joten niiden kesto ei ole tiedossa. Nautatilojen salmonellasaneerauksia läpikäytiin vain yksi kullakin tilalla. Kuviossa 8 on esitetty todettujen salmonellatapausten määrä nauta- ja sikatiloilla Suomessa sekä hankkeen saneerausaineistona olevien salmonellasaneerattujen nauta- ja sikatilojen lukumäärät vuosina 2009–2020. Aineiston tilojen tuotantosuunnat ja eläinmäärät on esitetty taulukossa 5. Kaikille tiloille Olli Ruoho on tehnyt vähintään yhden tilakäynnin ja huomattavalle osalle tiloista useita käyntejä. Tilallisten kanssa on myös useasti keskusteltu puhelimitse tai oltu sähköpostitse tai virtuaalikokouksin yhteydessä saneerauksen kulusta ja tehtävistä toimenpiteistä. Saneerattavilla tiloilla on käytetty paljon aikaa ja saneerauksen eri vaiheet on dokumentoitu kattavasti. Tiedot saneerauksista koostettiin Olli Ruohon kertomien tilatietojen, tilan saneeraus suunnitelman, näyttteenottotulosten sekä mahdollisten valokuvien ja pohjapiirrosten avulla. Vuoden 2009 rehuepidemian aikaisia salmonellasaneerauksia ei otettu mukaan aineistoon. Aineiston nauta- ja sikatilojen maantieteellistä sijaintia on kuvattu aluehallintovirastotasolla (AVI) kuviossa 9.

Tiedot kunkin tilan saneerauksista koottiin strukturoituun Excel-tilukkuun, jossa oli sekä suljettuja kysymyksiä että avoimia kenttiä laajempia kuvailuja varten. Nauta- ja sikatiloille oli pääosin samanlaiset kysymykset, mutta joitain eroavaisuuksia oli tuotantomuotojen

erilaisuuksien vuoksi. Nautatiloilla tilojen eläinmäärätieto poimittiin saneeraussuunnitelmasta, sikatiloilla eläinmäärä otettiin Sikavan terveydenhuoltokäyntiraportista (Tilan eläinmäärä ajanjaksolla x: rajoittavien määräysten alkua juuri edeltävä terveydenhuoltokäynti). Raportissa aineistoa on pääosin kuvattu sanallisesti ja siitä on koostettu keskiarvoja ja muita hajontalukuja. Nautatiloilla joitain valittujen ryhmien välisiä tilastollisia eroja on tarkasteltu t-testin avulla. P-arvo (p) <0,05 katsottiin tilastollisesti merkitseväksi. Tilastollinen käsittely on tehty R-ohjelmalla (RStudio, version 1.4.1106).

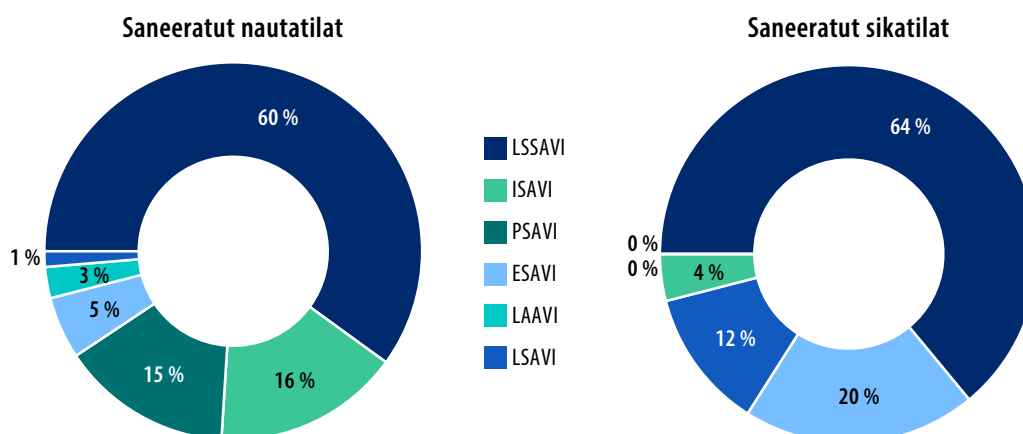
Kuvio 8. Suomessa vuosittain todetut salmonellatapaukset nauta- ja sikatiloilla¹ sekä hankkeen saneerausaineistona olleet asiantuntijaeläinlääkäri Olli Ruohon tekemät salmonellasaneeraukset (raidalliset pylväät) 2009–2020, joista vuoden 2009 rehuepidemian aikaiset salmonellasaneeraukset on rajattu aineistosta pois.



1 Lähde: Eläintaudit Suomessa raportit <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/julkaisut/julkaisut/elaimet/>

Taulukko 5. Aineiston nauta- ja sikatilojen tuotantosuunnat ja niiden eläinmäärät

Nautatilat	Tilat lkm	Eläinmäärä keskiarvo (vaihteluväli)	Sikatilat	Tilat lkm	Eläinmäärä keskiarvo (vaihteluväli)
Lypsykarja	57	76 (17–260) ¹	Porsastuotantosikala	8	871 (91–2 214) ²
Robottilypsy n=18			Yhdistelmäsikala	2	125 (96–154) ²
Lypsyasema n=23			Lihasikala	13	2 638 (352–15 135)
Lypsy parressa n=17			Muu tuotantomuoto ³	2	970 (40–1 900)
Hiehotelli	2	275 (100–450)			
Vasikkakasvattamo	5	464 (140–720)			
Lihanautakasvattamo ⁴	5	314 (170–600)			
Emolehmätila	6	47 (18–80) ¹			
Yhteensä	75		Yhteensä	25	

¹ Lehmien lukumäärä² Emakoiden lukumäärä³ Esimerkiksi porsaiden välikasvattamo⁴ Ternistä teuraaksi tai välitysvasikoiden loppukasvatus**Kuvio 9.** Saneerausaineiston nauta- ja sikatilojen jakaantuminen eri aluehallintovirastojen (AVI)¹ alueille.¹LSSAVI = Länsi- ja Sisä-Suomen AVI, ESAVI = Etelä-Suomen AVI, LSAVI = Lounais-Suomen AVI, ISAVI = Itä-Suomen AVI, PSAVI = Pohjois-Suomen AVI, LAAVI = Lapin AVI

4.2 Tulokset

4.2.1 Nautatilojen salmonellatapaukset

Saneerausaineiston nautatiloilla todetun salmonellatartunnan aiheutti useimmiten *S. Typhimurium* (37/75, 51 %) tai *S. Enteritidis* (15/75, 20 %) (Taulukko 6). Näiden serotyyppien faagityypeistä yleisimmät olivat *S. Typhimurium* DT104 (7 kpl), *S. Typhimurium* FT1 (5 kpl), *S. Typhimurium* FT41 (4 kpl), *S. Typhimurium* FTU277 (4 kpl), *S. Typhimurium* NST (4 kpl) sekä *S. Enteritidis* FT33 (7 kpl) ja *S. Enteritidis* FT8 (3 kpl). Vuosina 2018–2019 todetuissa tartunnoissa (31 kpl) *S. Typhimurium* oli yleisin (29 % tartunnoista), kun ennen vuotta 2018 se todettiin jopa 64 %:ssa tartunnoista. *S. Enteritidis* (26 %) ja *S. Altona* (16 %) olivat seuraavaksi yleisimmät serotyypit 2018–2019.

Nautatiloilla yleisin salmonellanäytteenoton peruste (63 % tiloista) oli omavalvonta, kuten eläinten tilalta toiselle tilalle tehtävien siirtojen yhteydessä tapahtuva näytteenotto. Tartuntatilojen kontaktitiloina näytteenotto tehtiin 19 % tiloista ja eläimille havaitut sairauden oireet, kuten ripuli, olivat näytteenoton syynä 16 %:lla tiloista. Yhdellä tilalla näytteenoton perusteena oli tilalla todettu ihmisen salmonellatartunta.

Kunakin 75 nautatilan salmonellatartunnan todennäköisin syy luokiteltiin Olli Ruohon arvion mukaan. Todennäköisimmäksi tartuntalähteeksi arvioitiin 54 tilalla (72 %) ympäristöperäinen, haittaeläinten välittämä tartunta, 46 tilalla (61 %) epäily kohdistui erityisesti lintuihin. Linnut voivat saastuttaa ulosteillaan jonkin rehuketjun osan, kuten viljasii-lon, rehuvaraston, apevaunun tai apesekoittimen, kiskoruokkijan, väkirehukioskin, ruokintapöydän, vasikoiden juoma-astiat tai muut juomalaitteet tai alueen, josta rehunjako-neilla kuljetaan ruokintapöydälle tai jossa rehun käsittely tapahtuu. Tällöin naudat voivat saada salmonellatartunnan syömänsä rehun mukana. Tilalta toiselle tapahtuvan nautojen siirron mukana tartunta tuli todennäköisesti 10 tilalle (13 %). Nämä tilat olivat yhtä lypsykarjaa lukuun ottamatta vasikka- tai lihanautakasvattamoja. Selkeästi laitumeen yhdistyvä tartunta todettiin kolmella tilalla (4 %). Näillä tiloilla oli laitumella oleskellut runsaasti villilintuja. Laitumella olleet ruokintalaitteet olivat olleet kuluneita, huonokuntoisia sekä hankalasti puhdistettavia, ja villilinnut olivat saastuttaneet ne ulosteillaan. Lisäksi kahdella tilalla (3 %) tartunnan taustaksi epäiltiin rehua. Toisessa näistä tiloista salmonellaa todettiin rehusiilosta, jota oli täyttänyt vain rahtisekoittaja ja johon oli todennäköisesti puhallettu myös seosta, joka oli sisältänyt lämpökäsittämätöntä rypsirouhetta. Toisella tilalla todettiin salmonellaa rahtisekoittajan kalustosta otetusta näytteestä. Salmonellakontaminaatio oli peräisin joko rehuseokseen käytetystä tilan omasta viljasta tai rahtisekoittajan kalustosta. Yhdellä tilalla epäiltiin tartunnan taustalla tilan ihmisillä ollutta tartuntaa ja yhdellä tilalla turkistarhan läheisyyttä. Kyseisessä tapauksessa turkistarhan valumavedet kulkivat lehmälaitumen läpi. Useita mahdollisia syitä arveltiin olleen kolmen tilan tartuntojen takana (4 %). Yhdellä tilalla tartunnan tausta jäi hämärän peittoon. Aineistossa kerättiin tietoa myös mahdollisten turkistarhojen läheisyydestä. Kolmasosa nautatiloista sijaitsi

turkistarha-alueella, eli niissä Pohjanmaan kunnissa, joissa on paljon turkistarhausta. Noin joka viidennen tilan (21 %) lähistöllä oli turkistarha.

Taulukko 6. Saneerausaineiston nautatiloilla todetut serotyypit 2009–2019.

Serotyyppi	Tiloja
<i>S. Typhimurium</i>	37
<i>S. Enteritidis</i>	15
<i>S. Altona</i>	6
<i>S. Eastbourne</i>	2
<i>S. Kentucky</i>	2
<i>S. Konstanz</i>	2
<i>S. Senftenberg</i>	2
Muu serotyyppi ¹	9
Yhteensä	75

¹Muu serotyyppi: *S. Chester*, *S. Coeln*, *S. Goldcoast*, *S. diarizonae*, *S. Derby*, *S. Infantis*, *S. Muenchen* ja *S. Newport* ja *S. Typhimurium* monofaasinen

Salmonellatartunnan levinneisyyttä tilalla arvioitiin tarkastelemalla positiivisten eläin- ja tuotantoympäristönäytteiden osuutta ja sijaintia tuotantotilalla salmonellasaneerauksen alkuvaiheessa (ei todettu, pistemäinen, keskinkertainen tai voimakas). Tilan arviot risiintaulukoitiin ja yhteenlaskettu levinneisyys nautatiloilla on esitetty taulukossa 7. Nautatiloilla 11 % saneerauksista oli sellaisia, joissa ensimmäisen positiivisen näytteen jälkeen salmonellaa ei todettu eläin- tai tuotantoympäristönäytteistä. Näillä tiloilla alkuperäisen näytteenoton syy oli pääosin ollut omavalvonta ja yhdessä tapauksessa tila oli ollut positiiviseksi todetun rahtisekoituslaitteiston kontakti. Tiloista 51 %:lla oli eläin- ja tuotantoympäristönäytteiden yhdistelmän perusteella laajalle levinnyt tartunta, kun eläin- ja ympäristönäytteissä todettiin pääosin keskinkertainen tai voimakas tartunta.

Kun tartunta oli levinnyt laajalle, saneeraus kesti pidempään (keskiarvot 153 vrk vs. 65 vrk, $p < 0,001$). Nämä tilat olivat myös hieman suurempia kuin tilat, joilla tartunnan levinneisyys oli alussa pienempi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (72 lypsylehmää vs. 55 lypsylehmää, $p=0,182$). Aineiston viidestä vasikkakasvattamosta neljällä tartunta oli levinnyt laajalle. Toisaalta kuudesta emolehmätilasta vain kahdella tilalla tartunta oli levinnyt laajalle; ryhmien välisiä eroja ei testattu ryhmien pienen koon vuoksi. Muissa tuotantomuodoissa ei havaittu selkeitä eroja.

Taulukko 7. Nautatilojen (n=75) salmonellatartunta alkunäytteenotossa tilan eläimissä sekä tuotantoympäristössä, % tiloista. Pylväät kuvaavat prosenttiosuutta¹.

		Tuotantoympäristön näytteenotto					
Eläinnäytteenotto		Ei todettu	Pistemäinen	Keskinkertainen	Voimakas		
Ei todettu	11	3	0	0	13		
Pistemäinen	15	16	1	0	32		
Keskinkertainen	0	4	15	20	39		
Voimakas	0	1	3	12	16		
	25	24	19	32	100		

¹Koska rivien ja sarakkeiden summat on laskettu alkuperäisistä luvuista, ei pyöristetyistä prosenttiluvuista tule joka kohdassa täysin samaa lopputulosta.

Saneeraustietojen läpikäynnin yhteydessä kerättiin tietoa tilan eläinten mahdollisista oireista ja oireiden vakavuudesta. Eläimillä oli todettu selkeitä oireita 19 %:lla nautatiloista ja vakavia oireita 22 %:lla tiloista. Kun näytteenoton syy oli eläinten oireilu, 11/12 nautatilalla (92 %) eläimillä oli ollut vakavia oireita tai eläimiä kuollut. Tilan naudoilla oli todettu selkeitä kliinisiä oireita jossain vaiheessa saneerauksen aikana 23 %:lla tiloista silloinkin, kun alkuperäinen näytteenoton syy oli ollut muu kuin eläinten oireilu, kuten siirto toiselle tilalle tai kontakti salmonellapositiiviseen tilaan.

4.2.2 Sikatilojen salmonellatapaukset

Saneerausaineiston sikatilojen salmonellatartunnan aiheutti useimmiten *S. Typhimurium*, *S. Derby* tai *S. Typhimurium* monofaasinen -serotyyppi (Taulukko 8). *S. Typhimurium*in eri faagityyppejä todettiin useita, kuten *S. Typhimurium* FTU 277 (3 kpl), *S. Typhimurium* FT 1 (2 kpl) ja *S. Typhimurium* NST (2 kpl).

Sikatiloilla yleisin syy näytteenottoon oli salmonellaepäily, 72 % saneerauksista, kun salmonellaa oli todettu tilan eläimistä teurastamolla tai sikalan kontaktitilalla. Viidessä salmonellasaneerauksessa (20 %) tartunta todettiin omavalvonnan, kuten Sikavan terveystuokituksen kansallisen tason ehtojen mukaisissa näytteenotoissa. Eläinten oireilu oli näytteenoton syynä kahdessa (8 %) saneerauksessa.

Aineiston 25 sikatilan salmonellatartunnan todennäköisin syy luokiteltiin Olli Ruohon arvion mukaan. Salmonellatartunta oli peräisin haittaeläimistä 10 tilalla (40 %). Näillä tiloilla haittaeläinten, etenkin jyräjoiden, ulostetta oli todennäköisesti päässyt saastuttamaan rehun, ruokintalaitteet tai kuivikkeet. Kymmenelle tilalle (40 %) salmonellatartunta

tuli sian mukana. Tiloista kahdeksan oli lihasikalaita, jonne tartunta siirtyi porsaiden mukana porsastuotantosikalasta. Haittaeläinten roolia tartunnan taustalla epäiltiin myös kolmella muulla sikatilalla (12 %), joilla tartunnan todennäköisin syy oli toiselta tilalta ostettu vilja. Viljaa ei välttämättä ollut säilytetty haittaeläimiltä suojattuna myyntitilalla. Yhdellä tilalla mahdollisia tartunnan lähteitä oli useita ja yhden tilan tartunnan tausta jäi epäselväksi. Aineiston 25 tilasta 2 tilalla todettiin myöhemmin uusi, eri serotyypin aiheuttama salmonellatartunta. Näistä toisen tilan tartunnan taustalla oli ilmeisimmin lämpökäsittämätön soijarouhe ja toisen haittaeläimet. Sikatiloista kolmanneksen (32 %) lähitöllä sijaitsi turkistarha, ja tiloista 28 % sijaitsi turkistarha-alueella, pääosin niissä Pohjanmaan kunnissa, joissa on paljon turkistarhausta.

Taulukko 8. Saneerausaineiston sikatiloilla todetut salmonellaserotyyppit 2010–2020.

Serotyyppit	Tiloja
<i>S. Typhimurium</i>	9
<i>S. Derby</i>	8
<i>S. Typhimurium monofaasinen</i>	4
<i>S. Enteritidis</i>	1
<i>S. Mbandaka</i>	1
<i>S. Hessarek</i>	1
<i>S. Montevideo</i>	1
Yhteensä	25

Salmonellatartunnan levinneisyyttä tilalla arvioitiin tarkastelemalla positiivisten eläin- ja tuotantoympäristönäytteiden osuutta ja sijaintia tuotantotilalla salmonellasaneerauksen alkuvaiheessa (ei todettu, pistemäinen, keskinkertainen tai voimakas). Sikatiloilla täysin puhtaita alkunäytteenottoja ei ollut, mutta tiloista yhdeksän (36 %) oli sellaisia, joilla kaikki eläinnäytteet tai kaikki ympäristönäytteet olivat alkukartoituksessa negatiiviset (taulukko 9). Tiloista kahdeksalla (32 %) oli eläin- ja tuotantoympäristönäytteiden yhdistelmän perusteella laajalle levinnyt tartunta. Näistä tiloista kuusi oli porsastuotantotiloja, eli 6/8 (75 %) aineiston porsastuotantotiloista. Lisäksi laajalle levinnyt tartunta todettiin kahdessa lihasikalassa.

Saneerauksen läpikäynnin yhteydessä kerättiin tieto myös mahdollisista eläinten sairauksien oireista. Sikatiloilla selkeitä oireita eläimillä oli todettu 12 %:lla tiloista. Kaikilla näillä tiloilla näytteenoton perusteena oli ollut eläinten oireilu.

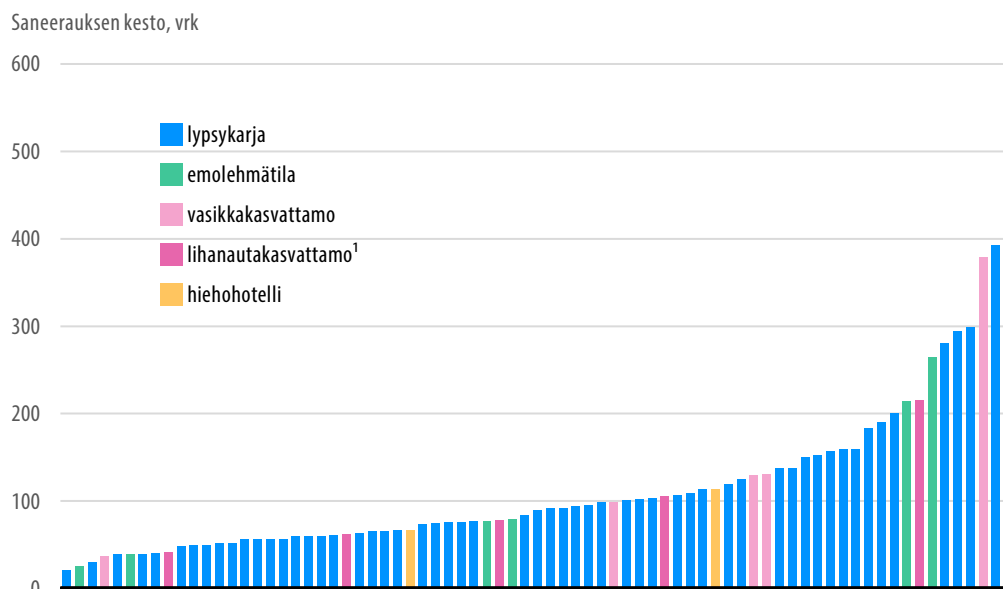
Taulukko 9. Sikatilojen (n=25) salmonellatartunta alkunäytteenotossa tilan eläimissä sekä tuotantoympäristössä, % tiloista. Pylväät kuvaavat prosenttiosuutta.

		Tuotantoympäristön näytteenotto						
Eläinnäytteenotto		Ei todettu	Pistemäinen	Keskinkertainen	Voimakas			
Ei todettu		0	8	4	0		12	
Pistemäinen		24	20	4	0		48	
Keskinkertainen		0	8	24	0		32	
Voimakas		0	0	4	4		8	
		24	36	36	4		100	

4.2.3 Nauta- ja sikatilojen salmonellasaneerauksien kesto

Saneerauksen laskettiin kestävän läänineläinlääkäriin antamasta päätöksestä salmonellatartunnan leviämisen estämiseksi² päätöksen purkamiseen. Nautatiloilla saneerauksen kesto oli keskimäärin 114 vrk (vaihteluväli 21–553 vrk). Saneerauksista pitkittyneiksi katsottiin nautatiloilla yli 6 kk (180 vrk) kestäneet saneeraukset, joita oli aineiston 10 tilalla (13 %). Saneerauksen kesto oli alle 60 vrk 18 tilalla. Näillä tiloilla alkutilanteen näytteenotossa tartunta oli pääosin pistemäinen eläin- tai tuotantoympäristönäytteissä, tai salmonellaa ei todettu lainkaan. Siksi päätös tartunnan leviämisen estämiseksi voitiin purkaa nopeasti. Nautatiloista neljällä tilalla oli aiempi, tiedossa oleva salmonellasaneeraus, ja kahdella tilalla todettiin aineistoon kirjatun saneerauksen jälkeen uusi salmonellatartunta. Näistä kuudesta tilasta yhdellä tilalla edellinen tartunta oli todettu noin 20 vuotta aiemmin, mutta muilla viidellä tilalla uusi tartunta todettiin noin 0,5–4 vuoden kuluttua edellisen saneerauksen päättymisestä. Vain yhdellä, puolen vuoden päästä edellisestä tartunnasta uusineella tilalla salmonellan serotyyppi oli sama molemmilla saneerauskerroilla, muilla tartunnan aiheuttivat eri serotyypit (20 vuotta vanhasta tartunnasta ei ole serotyyppitietoa). Nautatilojen saneerausten kestot tuotantomuodoittain on esitetty kuviossa 10.

² Salmonellan vastustusta koskeva lainsäädäntö on muuttunut vuosien mittaan. Periaatteena on ollut, että virkaeläinlääkäri antaa tilalle tilan toimintaa rajoittavan päätöksen. Päätös kumotaan, kun tilan näytteenotoissa ei enää todeta salmonellaa.

Kuvio 10. Salmonellasaneerauksen kesto nautatiloilla tuotantomuodoittain.

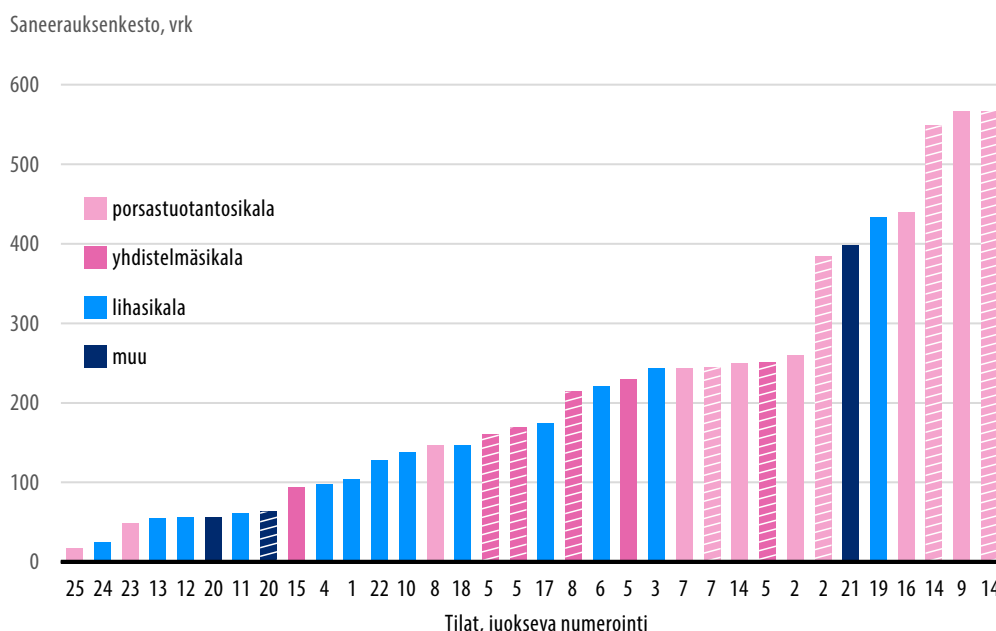
¹Ternistä teuraaksi tai välitysvasikoiden loppukasvatus

Sikatiloilla ensimmäisen saneerauksen kesto oli keskimäärin 185 vrk (vaihteluväli 17–566 vrk; mediaani 147 vrk) ja seuraavilla kerroilla keskimäärin 289 vrk (63–549 vrk; mediaani 245 vrk). Lihasikaloiden saneeraus katsottiin pitkittyneeksi, jos se kesti yli 6 kk (180 vrk). Porsastuotantotiloilla saneeraus saadaan yleensä tehtyä 9 kuukaudessa, jos isoja rakenteellisia muutoksia ei tehdä. Ensimmäisellä saneerauskerralla pitkittyneiksi määritellyjä saneerauksia oli aineistossa 6 kappaletta (24 %), joista 2 porsastuotantosikalaa, 3 lihasikalaa ja 1 muu sikala. Lyhyimmät saneeraukset (kesto < 65 vrk, 8 kpl) tehtiin suurimmaksi osaksi sikaloissa, joissa tartunta eläimissä oli pistemäinen eikä ympäristönäytteistä todettu salmonellaa saneerauksen alussa. Lisäksi yhdessä lihasikalassa tartunta todettiin saneerauksen kannalta sopivaan aikaan, koska sikala oli osittain jo tyhjä ja tilalla oli vain teuras-kypsiä, salmonellanegatiivisia eläimiä, jotka saatiin teurastettua poikkeusluvalla. Jos tartunta oli saneerauksen alussa levinnyt laajalle (8 tilaa, taulukko 9), saneeraus kesti porsastuotantosikalassa (6 tilaa) keskimäärin 317 vrk (147–566 vrk) ja lihasikalassa (2 tilaa) 179 vrk (137–221 vrk).

Aineiston sikatiloista seitsemän (28 %) on saneerattu kaksi kertaa tai useammin. Nämä tilat ovat pääosin porsastuotanto- tai yhdistelmäsikaloita (6/7, 86 %) ja niissä oli ensimmäisellä saneerauskerralla emakoita keskimäärin 608 (96–1754). Näillä tiloilla todettiin seuraavissa tartunnoissa usein sama serotyyppi kuin ensimmäisellä kerralla. *S. Derby*-tartunta uusiutui kahdella tilalla, toisella näistä neljä kertaa. Myös *S. Typhimurium* NST, *S. Typhimurium* FTU

277 ja S. Mbandaka todettiin samalla tilalla toistamiseen, kukin serotyyppi yhdellä tilalla. Kahdella sikatilalla toisen saneerauskerran salmonellaserotyyppi oli eri kuin ensimmäisellä (S. Mbandaka → S. Typhimurium monofaasinen, S. Derby → S. Enteritidis FT 33). Aineiston tarkastushetkellä päättyneiden saneerausten ja uusintasaneerausten (n=34) kestot näkyvät kuviossa 11. Saneerausaineiston läpikäynnin jälkeen on myös yhdessä aineiston lihasikalassa todettu saman serotyypin salmonellatartunta uudelleen.

Kuvio 11. Salmonellasaneerauksen kesto sikatiloilla tuotantomuodoittain. Tilan ensimmäinen saneeraus on esitetty tasavärisinä pylväinä ja seuraavat saneeraukset raidallisina pylväinä. Kuviossa on esitetty aineiston tarkastushetkellä päättyneet saneeraukset (34 kpl).



4.2.4 Saneerauksen pitkittymisen taustalla olevia tekijöitä

Saneerauksen pitkittymisen taustalla havaittiin erilaisia tekijöitä. Saneeraus saattaa pitkittyä, jos tartuntalähde ei selviä heti. Tällöin saneeraustoimenpiteistä huolimatta uusia positiivisia löydöksiä todetaan toistuvasti saneerauksen aikaisessa eläinten tai tuotantoympäristön näytteenotossa. Alkukartoituksessa tulee olla erityisen huolellinen ja ottaa kattavasti näytteitä tilan tuotantoympäristöstä, kuten koko rehu- tai ruokintaketjusta.

Saneeraus voi pitkittyä, jos salmonellapositiivisia eläimiä ei poisteta ajoissa. Esimerkiksi nauta tavallisesti puhdistuu oireettomasta salmonellatartunnasta muutamassa kuukaudessa. Yksittäiset eläimet voivat kuitenkin pysyä salmonellan kantajina ja pitävät siten tartuntaa yllä karjassa. Monella tilalla eläintiheys kasvaa tartunnan toteamisen jälkeen, kun

eläinmäärä uusien poikimisten ja porsimisten myötä lisääntyy, eikä eläimiä saa siirtää tilalta pois muutoin kuin poikkeusjärjestelyin. Jos lisätiloja ei ole eikä eläimiä lopeteta tai saada teuraaksi, kasvava eläinmäärä lisää tartuntapainetta ja voi johtaa salmonellatilan-teen huonontumiseen ja siten saneerauksen pitkittymiseen. Lypsykarjatilojen toiminta on useimmiten suunniteltu niin että vasikat lähtevät teurastamon eläinvälitykseen muutaman viikon ikäisinä, eikä ylimääräisiä vasikkatiloja ole. Sikalan tuotantokierto on varsin nopea ja porsaita tulee isoissa sikaloissa jopa satoja joka viikko. Eläintiheys kasvaa nopeasti, jolloin tartunta saattaa lähteä leviämään ja saneeraus pitkittyy.

Jos puhdistus-, pesu- ja desinfiointitoimet eivät ole riittäviä ja salmonellaa todetaan edelleen saneerauksen aikaisessa tuotantoympäristön näytteenotossa, on toimenpiteet uusittava. Pahimmillaan huolimaton eläintilan pesu voi jopa levittää tartuntaa eläintilassa. Vanhat, ahtaat ja sokkeloiset tuotantotilat ovat hankalasti puhdistettavia, jolloin saneeraustoimenpiteisiin kuuluu huomattavasti enemmän aikaa. Tällaisissa tiloissa jo eläinten normaali hoito on usein työlästä. Toisinaan sovitua toimintatavoista ei pidetäkään kiinni, vaan keksitään menetelmiä tai tapoja, jotka hidastavat saneerauksen onnistumista. Ohjeituksen tulee olla riittävän selkeä ja yksityiskohtainen, jotta väärinymmärryksen vaaraa ei ole. Monella tilalla on myös ulkomaista työvoimaa ja yhteinen kieli voi puuttua. Kyse voi olla myös kulttuurieroista. Muualla maailmassa toimenpiteiden suorittamisen nopeus voi olla laatua parempi mittari tai toisaalta pelko kasvojen menettämistä suuri, jos käy ilmi, ettei olekaan ymmärtänyt ohjeistusta.

Saneeraus pitkittyy myös, jos käytettävissä oleva työpanos ei riitä. Tämä voi johtaa uupumiseen ja jaksamisen ongelmiin. Jo yksittäisen saneeraustoimenpiteen epäonnistuminen tai tekemättä jättäminen saattaa johtaa siihen, että tartunta tilalla säilyy.

4.2.5 Salmonellatartunnan uusimisen taustalla olevia tekijöitä

Osalla sikatiloista, joilla salmonellatartunta todettiin saneerauksen jälkeen pian uudelleen, epäiltiin salmonellan jääneen sikalan rakenteisiin. Ongelmallisia rakenteiksi havaittiin muun muassa ontoista muovilankuista tehdyt karsina-aidat tai osastojen väliseinät (Valokuva 1), joidenkin rakennusten ullakkotilat ja ilmanvaihtojärjestelmät. Rakenteisiin jäätyään salmonella voi aiheuttaa uuden taudinpurkauksen, kun sikalaosastoja erätaukopesuissa pestään painepesurilla, ja karsina-aitojen tai sikalaosastojen väliseinien sisään kulkeutuu pesuvettä. Myöhemmin pesuvesi valuu karsinoihin levittäen salmonellabakteereita. Ilmanvaihtokanavista voi vastaavasti valua alas saastunutta kondenssivettä. Yksittäisissä sikaloissa voi myös olla erikoisia rakenteita, kuten lattian alla olevia ilmanvaihtokanavia, joista edes tuottaja itse ei ole tietoinen. Myös nautatiloilla salmonellabakteeri saattaa säilyä navetan rakenteissa liassa ja pölyssä ja laitumellakin huonokuntoisissa rakenteissa, vaikka itse laidun olisikin uudistettu.

Jos salmonella saastuttaa sikalan rehuketjun, voi olla haasteellista löytää ja saneerata ongelmakohdat. Salmonellakontaminaatio voi jäädä esimerkiksi rehusiilojen kansien sisäpinoille, rehuspiraaleihin, liemiruokintakoneen kanteen, rehun alastuloputkiin tai liemiruokintaputkiston ruokintaventtiileihin. Salmonellan saastuttama kuivaruokintajärjestelmä on käytännössä purettava osiin, ennen kuin sen puhdistaminen on mahdollista.

Yksittäisissä tapauksissa on epäilty salmonellatartunnan jääneen piilevänä tilan emakoihin, vaikka emakot on tutkittu useasti salmonellan varalta saneerauksen aikana negatiivisin tuloksin. Porsimisen yhteydessä on kuitenkin emakoissa todettu salmonellaa. Emakon piilevä tartunta voi aktivoitua tiineyden lopussa, ja salmonellaeritys alkaa uudelleen. Kotimaan salmonellasaneerauksissa on havaittu käytännössä, että tietyt serotyypit, kuten *S. Derby*, *S. Enteritidis*, *S. Infantis* ja *S. Typhimurium* monofaasinen, ovat välillä haastavia saneerata. Saneerattu tila voi myös saada saman tartunnan uudelleen, jos tartunta säilyy tilan haittaeläimissä, vaikka itse tuotantotilat on saneerattu. Yksittäisillä tiloilla todettiin uusi, eri serotyypin aiheuttama salmonellatartunta. Näillä tiloilla tulisi kohentaa tilan tautisuojausta ja panostaa haittaeläintorjuntaan.

Valokuva 1. Salmonellabakteeri saattaa jäädä tuotantotilan rakenteisiin. Sikaloissa on paljon käytetty muovilankuista tehtyjä karsinoiden väliseiniä. Jos muovilankkujen päitä ei ole suljettu tiiviisti, voi rakenteen sisälle kertyä likaa ja karpäsen toukkia ja niiden mukana myös salmonellaa. Tämä aiheuttaa riskin salmonellatartunnan uusiutumista (Kuva: Olli Ruoho).



4.2.6 Salmonellasaneeraukset nauta- ja sikatiloilla

Salmonellasaneerauksen peruseriaatteet nauta- ja sikatiloilla on esitetty infolaatikoissa sivulla 57 ja 58.

NAUTATILAN SALMONELLASANEERAUS PÄHKINÄNKUORESSA

Nautatilan salmonellasaneerauksen peruseriaate on eläinten rehun ja juomaveden puhtauden varmistaminen sekä salmonellan tartuntaketjun katkaisu eläinten ulosteesta suuhun.

Tilakäynnillä selvitetään tartunnan levinneisyys. Otetaan ryhmä- tai yksilökohtaiset ulostenäytteet kaikista eläimistä ja kattavat tuotantoympäristönäytteet rehuketjusta sekä eläin- ja muista tiloista. Jos kyseessä on epäily rehun saastumisesta salmonellalla, otetaan näytteet tilalla käytettävistä rehuista ja rehupölynäytteet rehun käsittelylaitteista ja rehuvarastoista. Tilakäynnin ja näytteiden tutkimustulosten perusteella laaditaan saneeraussuunnitelma. Suunnitelma sisältää päivittäiset ja pitemmän aikavälin toimet salmonellan tartuntaketjun katkaisemiseksi. Saneerausta seurataan 2–4 viikon välein otettavilla uloste- ja tuotantoympäristönäytteillä (omavalvontanäytteet). Saneeraussuunnitelmaa päivitetään tutkimustulosten perusteella.

Suurin osa eläimistä vapautuu salmonellatartunnasta 3–4 kuukauden kuluessa, jos salmonellan tartuntaketjun katkaisussa on onnistuttu. Jos karjassa saneerauksen aikana ilmenee uusia salmonellapositiivisia eläimiä, ei tartuntaketjun katkaisussa ole täysin onnistuttu. Tällöin on syytä ottaa uudet tuotantoympäristönäytteet rehuketjusta ja eläintiloista. Jos karjassa on vielä 4–5 kk saneerausajan jälkeen salmonellapositiivisia eläimiä, ne kannattaa poistaa, jotta salmonellasaneeraus ei pitkity.

Kun tilalta on saatu omavalvontana otetuista uloste- ja tuotantoympäristönäytteistä vähintään yhden puhtaat tutkimustulokset, ja saneeraussuunnitelmassa mainitut toimenpiteet on pääosin toteutettu, virkaeläinlääkäri ottaa salmonellarajoitusten peruuttamiseksi tarvittavat uloste- ja tuotantoympäristönäytteet. Jotta salmonellatartunnan leviämisen estämiseksi annettu päätös voidaan peruuttaa, on tilalta saatava kahdet salmonellanegatiiviset ulostenäytteet ja yhden tuotantoympäristönäytteet. Ulostenäytteiden välin tulee olla 2–4 viikkoa. Tilan salmonellasaneeraukseen sisältyy myös tuotantorakennusten ulkoalueiden ja lannan käsittely saneeraussuunnitelman mukaisesti.

SIKATILAN SALMONELLASANEERAUS PÄHKINÄNKUORESSA

Sikatilan salmonellasaneerauksen peruserä on eläinten rehun ja juomaveden puhtauden varmistaminen, tiheä näytteenotto ja tartunnankantajaeläinten karsinta. Toisena vaihtoehtona on sikalan tyhjennys kokonaan eläimistä ja tuotantotilojen perusteellinen pesu ja desinfiointi.

Aluksi selvitetään tartunnan levinneisyys. Otetaan ryhmä- tai yksilökohtaiset ulostenäytteet kaikista eläimistä ja kattavat tuotantoympäristönäytteet rehuketjusta sekä eläin- ja muista tiloista. Jos kyseessä on epäily rehun saastumisesta salmonellalla, on otettava näytteet tilalla käytettävistä rehuista sekä rehuöllynäytteet rehun käsittelylaitteista ja rehuvarastoista. Saneeraustapa valitaan tutkimustulosten valmistuttua. Vaihtoehtoina ovat, joko saneeraus "tuotanto päällä" (vaihtoehto A) tai sikalan tyhjennys kokonaan eläimistä eli "totaalisaneeraus" (vaihtoehto B).

Vaihtoehto A. Saneeraus tuotanto päällä

Otetaan eläinnäytteitä ryhmäkohtaisesti (emakoista myös yksilökohtaisesti) 2 viikon välein koko sikalasta tai salmonellaposiitiviksi todetuista osastoista. Salmonellaposiitiviset eläimet karsitaan nopeasti. Näytteenottoa jatketaan 2 viikon välein, kunnes salmonellaposiitivisia ja karsittavia eläimiä ei enää löydy. Osastot pidetään kertatäyttöisinä ja -tyhjenteisinä sekä pestään ja desinfioidaan huolellisesti erien välillä. Sikalassa on tiukka sisäinen tautisuojaus, erilliset epidemiologiset yksiköt sekä osasto-kohtaiset suojavaatteet, -jalkineet ja työvälineet. Porsastuotantosikaloissa ongelmana voi olla se, että tartuntaa kantavat emakot eivät välttämättä eritä salmonellaa ulosteeseensa ja löydy näytteenotossa tiineyden puolivälissä. Emakot alkavat erittää salmonellaa porsimisen lähestyessä, jolloin myös syntyvät porsaas saavat tartunnan.

Vaihtoehto B. Sikalan tyhjennys kokonaan eläimistä eli totaalisaneeraus

Sikala tyhjenetään kokonaan eläimistä mahdollisimman nopeasti. Tuotantotilat pestään ja desinfioidaan saneeraussuunnitelman mukaisesti. Tuotantoympäristönäytteet otetaan pestyistä ja desinfioiduista tuotantotiloista (omavalvontanäytteet). Jos salmonellaa yhä todetaan, pesu uusitaan. Porsastuotantosikalan tuotannon palautuminen salmonellatartunnan toteamista edeltäneelle tasolle kestää noin kaksi vuotta.

Kun tilalta on saatu omavalvontana otetuista uloste- ja / tai tuotantoympäristönäytteistä vähintään yhdet puhtaat tutkimustulokset, ja saneeraussuunnitelmassa mainitut toimenpiteet on pääosin toteutettu, virkaeläinlääkäri ottaa salmonellarajoitusten peruuttamiseksi tarvittavat uloste- ja / tai tuotantoympäristönäytteet. Jotta salmonellatartunnan leviämisen estämiseksi annettu päätös voidaan peruuttaa, on tilalta saatava kahdet salmonellanegatiiviset ulostenäytteet ja yhdet tuotantoympäristönäytteet. Ulostenäytteiden välin tulee olla 2–4 viikkoa. Salmonellasaneerauksen takia tyhjennetyistä sikaloista edellytetään vain tuotantoympäristönäytteiden ottoa. Tilan salmonellasaneeraukseen sisältyy myös tuotantorakennusten ulkoalueiden ja lannan käsittely saneeraussuunnitelman mukaisesti.

4.2.6.1 Tuotantoympäristön näytteenotto

Kun tilalla on todettu salmonellatartunta, tehdään siellä salmonellasaneerauksen alkukartoitus, jossa otetaan kattavat uloste- ja tuotantoympäristönäytteet tartunnan levinneisyyden selvittämiseksi. Tuotantoympäristön näytteenottokohdat tulee valita systemaattisesti ja riittävän laajasti. Tuotantoympäristön näytteitä otetaan yleensä koko ruokintaketjusta eli rehuvarastoista ja ruokintaan käytettävistä koneista ruokinta- ja juomalaitteisiin asti. Näytteitä otetaan lisäksi ihmisten kulkureiteiltä, eteistiloista, huolto- ja sosiaalityloista, tarvikevarastoista, ilmanvaihtokanavista sekä lypsykarjatiloihin maitohuoneesta. Tilanteesta ja epäilyistä tartuntalähteestä riippuen voidaan ottaa myös rehuympäristö- eli rehu-pölynäytteitä sekä näytteitä tilalla eläinten ruokinnassa käytettävistä rehuista. Salmonellabakteerit eivät kuitenkaan aina ole rehussa tasaisesti jakautuneena vaan paikallisesti vain yksittäisissä kohdissa, esimerkiksi jyräjän ulostekontaminaation seurauksena, ja niiden löytäminen näytteenotolla saattaa olla hankalaa.

Myös saneerauspesujen onnistumista kontrolloidaan näytteenotolla eri työvaiheissa. Nauttilojen saneerauksissa tuotantoympäristönäytteillä seurataan, onko ruokintalinjassa salmonellakontaminaatiota eli onko tartuntaketjun katkaisussa onnistuttu. Sikatilojen saneerauksissa otetaan pesujen jälkeen yleensä ainakin yhdet tuotantoympäristönäytteet omavalvontana ennen viranomaisnäytteenottoa.

4.2.6.2 Pesu ja desinfektio salmonellasaneerauksessa

Tautisaneerauksessa tehtävä pesu on aivan eri asia kuin normaali navetan tai sikalan pesu ja siihen pitää varata enemmän aikaa. Ylipäätään tuotantotilan tautisaneerauspesu ja -desinfiointi on hyvin eri asia kuin eläintaudin saneeraaminen sairaalamaisista olosuhteista. Tuotantotilalla orgaanisen lian ja pölyn määrä on huomattavasti suurempi. Lisäksi

navetoissa ja sikaloissa on useita erilaisia, mahdollisesti hyvin huokoisia pintamateriaaleja ja vaikeasti puhdistettavia rakenteita. Tuotantotilojen pesu ja desinfiointi tehdään tilakoh-
taisen suunnitelman mukaan, johon kuuluu alkudesinfiointi, mekaaninen puhdistus, var-
sinainen pesu, kuivatus ja loppudesinfiointi. Kunnollista alkudesinfiointia ei ole syytä lai-
minlyödä, koska juuri sillä pyritään tuhoamaan salmonellabakteereita pestäviltä pinnoilta
ja estämään kontaminaation leviämistä varsinaisen pesun yhteydessä. Pesu tehdään mah-
dollisuuksien mukaan desinfioivalla, emäksisellä vaahdotettavalla pesuaineella. Salmonel-
latartunta voi levitä tehokkaasti painepesurin pesusumun ja -roiskeiden mukana. Käytän-
nössä tulisi tuotantotila aina saada tyhjennettyä eläimistä tautisaneerauspesun ja -desin-
fioinnin ajaksi.

4.2.6.3 Nautatilán saneerauksessa erityisesti huomioitavia kohteita

Lintujen ja jyr-sijöiden salmonellapitoisilla ulosteillaan kontaminoimat rehuvarastot ja ruo-
kintalaitteet ovat yleinen tartuntalähde. Ruokintajärjestelmässä saattaa olla jokin kohta,
jossa olosuhteet salmonellabakteereiden säilymiselle ja jopa lisääntymiselle ovat otol-
liset. Seosrehuruokinta on tilakoon kasvaessa ja ruokintatekniikan kehittyessä voimak-
kaasti yleistynyt. Seosrehu sinänsä ei ole riskitekijä muihin ruokintatekniikoihin verrattuna.
Monella tilalla on kuitenkin käytäntönä varastoida seosrehuun käytettäviä komponentteja
osittain suojaamatta, kuten avoimissa laakasiiloissa joko kokonaan ulkona tai kolmiseinäi-
sissä katoksissa. Erityisesti suojaamaton murskeviljasiilo on osoittautunut riskitekijäksi ja
useammalla suurella nautatilalla salmonellatartunnan todennäköisimmäksi alkulähteeksi.
Avatulla siilolla aterioiva monisatapäinen lintuparvi on kontaminoinut rehun ulosteillaan.
Murskeviljaa säilötään myös muovituubeihin, joihin etenkin talviaikana ruokaa etsivät jyr-
sijät pääsevät helposti käsiksi. Murskeviljan varastointiin tulisikin kehittää ratkaisuja, joissa
rehu on nykyistä paremmin suojassa haittaeläimiltä, mutta jotka eivät kuitenkaan kohtuut-
tomasti hankaloita päivittäistä ruokintatyötä.

Uusi ja kustannustehokas tekniikka tuo mukanaan uusia riskitekijöitä. Eräällä lypsykarja-
tilalla saastui varastokuivuri salmonellalla. Todennäköisesti avoinna pidetystä kaatosup-
pilosta pääsi viljan mukana lintujen ulosteita kuivuriin. Varastokuivuriin puhalletaan läm-
mintä ilmaa ja siellä olevaa puintikostea viljaa sekoitetaan kuivauksen alkuvaiheessa
koko ajan, joten kuivurissa on salmonellabakteereiden säilymiselle ja jopa lisääntymiselle
otolliset olosuhteet. Perinteisessä lämminilmakuivurissa lämpötila on huomattavasti kor-
keampi, joten vastaavaa ei tapahdu. Varastokuivuri on sinänsä edullinen tapa varastoida
tilalla eläinten rehuksi käytettävää viljaa, kunhan kaatosuppilo pidetään suojattuna, kun
sitä ei käytetä.

Rehuvarastoihin ja ruokintalaitteiden ympäristöön kertyvä, syömättä jäänyt rehu houkut-
telee haittaeläimiä ja jäterehekasoista muodostuu helposti jyr-sijöiden pesäpaikkoja. Pihat-
tonavetoiden visiiriruokintapöytien alle ja automaattisten ruokintajärjestelmien kiinteiden

apesekoittimien ympäristöön kertyy helposti paksu kerros maahan pudonnutta rehua. Rehuvarastojen ja ruokintalaitteiden siisteydestä on huolehdittava ja ylimääräiset rehu-
jäänteet on siivottava. Eläinten ruokintapöytä tai juoma-altaat voivat olla pinnoiltaan niin
kuluneita ja rikkonaisia, että niiden puhtaanapito ei ole mahdollista. Tällöin on korjattava
tai uusittava laitteita ja välineitä.

Vasikoiden salmonellatartunnan taustalla voi olla juottoautomaatti (Valokuva 2). Lämmin
vasikanjuoma on hyvä elatusalusta salmonellabakteereille. On varsin epätodennäköistä,
että teollisesti valmistetuissa vasikoiden juomarehuissa olisi salmonellaa. Lämminjuot-
toautomaatin juomajauhesäiliö voi kuitenkin kontaminoitua, jos sinne tyhjenetään juo-
majauhesäkkejä, joiden pinnalle on rehuvarastossa kertynyt salmonellapitoista pölyä. Toi-
nen mahdollinen kontaminaatiokohta on juomajauheen sekoitussäiliö, johon voi päästä
kärpäsiä. Kärpäsissä voi olla salmonellabakteereita, jos navetassa on voimakas salmonel-
lakontaminaatio. Lämminjuottoautomaatit ovat usein varsin hankalia puhdistaa ja desin-
fioida. Monesti saneerauksessa on vaihdettu vanha automaatti uuteen. Vaihtoehtona on
siirtyä väliaikaisesti hapanjuottoon eli alentaa vasikoiden juoman pH:ta salmonellabaktee-
reiden tuhoamiseksi (pH 4).

Tiloilla käytetään usein erilleen lypsettyä maitoa vasikoiden juottoon. Lypsyrobotin
maidonerottelujärjestelmä voi kontaminoitua esimerkiksi lintujen salmonellapitoisilla
ulosteilla, jos sitä ei ole suojattu tai sijoitettu suljettuun huonetilaan. Näiden maidonerot-
telujärjestelmien puhtaana pito on usein hankalaa, eikä välttämättä säännöllistä, koska
kyse ei ole meijeriin toimitettavasta maidosta.

Valokuva 2. Vasikoiden juottoautomaatit voivat kontaminoitua salmonellalla. Automaatit ovat usein han-
kalia puhdistaa ja desinfioida (Kuva: Olli Ruoho).



4.2.6.4 Sikalan rakenteisiin liittyviä erityispiirteitä

Sikalarakennuksissa saattaa olla rakenneratkaisuja, jotka hankaloittavat tuotantotilojen puhdistusta ja desinfiointia. Vanhoissa tuotantorakennuksissa voi olla myös seinärakenteita, lanta-, virtsa- tai ilmanvaihtokanavia, joista tilan nykyinen omistaja ei ole edes tietoinen. Sikalarakennuksissa on viimeksi kuluneiden 20 vuoden aikana käytetty karsina-aitojen ja sikalaosastojen väliseinissä sisältä onttoja muovikoteloita eli muovilankkuja (valokuva 1). Rakenne on kevyt, mutta näiden muovikoteloiden sisälle kertyy helposti lantaa ja karpästen toukkia, mikäli koteloiden päitä ei ole suljettu tiiviisti. Vanhemmissa sikaloissa on aikoinaan metritavarana hankituista muovilankkuista tehtyjä karsina-aitoja, joiden päät ovat avoimia ja joiden ala- ja yläreunassa on ponttiurat. Tällaiset rakenteet ovat käytännössä mahdottomia puhdistaa ja desinfioida riittävän hyvin sisäpinnalta, ellei niitä pureta osiin. Jos tämä ei onnistu, tulee rakenteet korvata uusilla. Sikalaosastojen muovilankkuista tehdyt väliseinät voidaan purkaa pois ja valaa uusien väliseinien alaosat betonista karsinoiden lämpökatojen yläpuolelle asti. Muovilankkuja voidaan käyttää seinien yläosassa. Uudemmissa sikaloissa tilanne on parempi, sillä muovilankkuista tehdyt karsina-aidat on usein hankittu määrämittäisinä ja valmiina, jolloin koteloiden päät on suljettu tiiviisti jo tehtaalla.

Sikaloiden ilmavaihtojärjestelmissä esiintyy niin ikään rakenneratkaisuja, jotka asettavat haasteita salmonellasaneerauksen toteutukselle. Sikalaosastoissa on suotoilmakattoja, joissa ilma tulee osastoon katon läpi sikalan ullakkotilasta. Nämä rakenteet keräävät pölyä ja mahdollisesti hometta, tukkeutuvat eivätkä enää toimi suunnitellulla tavalla. Suotoilmakattoja ei käytännössä ole mahdollista pestä ja desinfioida, joten toisinaan on tyydytty puhdistukseen kuivaharjaamalla ja alapinnan kostuttamiseen desinfiointiaineella. Useimmiten vaihdetaan koko suotoilmakatto uuteen tai desinfiointin jälkeen peitetään katon alapinta pelti- tai levykatolla ja tehdään tavalliset, ullakkotilaan johtavat tuloilmaluukut.

Yleensä sikalaosastoista poistoilma johdetaan ullakkotilan läpi ulos katolle johtavien poistoilmahormien kautta. Monessa sikalassa nämä hormit on tehty uretaanista valmistetuista elementeistä, joiden väliin jää poikittaisia saumakohtia. Pesun jäljiltä saattaa hormoneihin kertynyttä pölyä ja pölyssä olevia salmonellabakteereita jäädä elementtien saumakohtiin ja valua kovalla sateella tai talvella kondenssiveden mukana alas sikalaosastoon. Poistoilmahormien uretaanipinta saattaa myös usein toistuvien pesujen seurauksena vaurioitua, jolloin siihen muodostuu likaa kerääviä taskuja. Huonokuntoiset poistoilmahormit kannattaa vaihtaa uusiin, esimerkiksi yhtenäisestä muoviputkesta tehtyihin saumattomiin malleihin.

Porsastuotantosikaloissa voi olla ilmanvaihtorakenteita, joissa kokorituläjäjärjestelmällä toteutetun porsitusosaston alla on koko sikalaosaston alueelta tyhjää tilaa ja raitisilmaputket emakoita varten. Erilaiset alakautta toteutetut ilmanvaihtojärjestelmät ovat käytännössä mahdottomia puhdistaa, ellei rakenteita pureta ja avata.

4.2.6.5 Tilan toimintatavat, työvoiman riittävyys ja jaksaminen saneerauksessa

Tilalla saattaa olla toimintatapoja, jotka altistavat salmonellakontaminaation leviämiselle, mutta jotka eivät tilakäynneillä välttämättä tule esille. Moni asia voi tuntua saneerausta hoitavasta eläinlääkäristä itsestään selvältä, mutta tilanväen näkökulmasta näin ei välttämättä ole. Totutuista toimintatavoista on vaikea luopua erityisesti silloin, jos muutosten perusteet eivät ole selvillä ja uusien toimintatapojen katsotaan lisäävän työtä. Näissä tilanteissa on syytä käydä saneeraustoimenpiteet uudelleen läpi rauhassa ja riittävän yksityiskohtaisesti.

Tilalla todettu salmonellatartunta ja sen seurauksena toteutettava salmonellasaneeraus on monesti tilan omistajille ja työntekijöille pitkä ja raskas prosessi, jonka aikana sekä henkinen että fyysinen jaksaminen ovat koetuksella. Erityisesti pitkittyneissä saneerauksissa on tilanväen jaksamisen hiipussa vaarana, että saneeraustoimenpiteistä aletaan vähitellen lipsua ja salmonellatartunta pääsee leviämään tilalla uudelleen. Tilan työvoiman riittävyys tulee varmistaa jo saneerauksen alussa, ettei myöhemmässä vaiheessa jouduta tilanteeseen, jossa tilanväen jaksaminen on loppu, eikä saneeraus etene toivotulla tavalla. Tarvittavan lisätyövoiman tarve tulee pyrkiä ennakoimaan.

Salmonellasaneerauksessa korostuu saneerausta hoitavan eläinlääkärin rooli saneerauksen eteenpäin viejänä ja tilanväen tukena. Yhteistyö meijerin, teurastamon, vakuutusyhtiön ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa tilan auttamiseksi on tärkeää. Tilalle tulee hankkia tarvittavaa ammattiapua.

4.3 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset

4.3.1 Tärkeimmät johtopäätökset

Suurimman osan aineiston salmonellatartunnoista nauta- ja sikatiloilla epäiltiin olleen peräisin haittaeläimistä, joko jyräjyistä tai linnuista. Tutkimusaineistosta on rajattu pois rehuvälitteinen S. Tennessee -epidemia 2009, joka levisi usealle sika- ja siipikarjatilalle. Osa aineiston tiloista sai salmonellatartunnan elävien eläinten mukana. Lypsykarjatilalla primääritartunta siirtyi välitysvasikoiden mukana ja aiheutti sekundaaritartunnan vasikoita vastaanottavalle tilalle. Vastaavasti porsitus- tai yhdistelmäsisikalan primääritartunta siirtyi välitysporsaiden mukana lihasikalaan.

Salmonellatartunnat ovat erilaisia eri tuotantotiloilla. Tilan saneeraukseen vaikuttavat muun muassa tartunnanlähde, se miten laajalle salmonella on tilalla levinnyt ja mikä serotyyppi tartunnan on aiheuttanut. Alkutilanne on kartoitettava tarkasti ja riittävän laajasti.

Olenaisena osana on kattava tuotantoympäristön näytteenotto, johon sisältyy myös rehuvarastot ja ruokintalaitteet. Kaikki saneeraustoimenpiteet tulee tehdä huolellisesti ja suunnitellun mukaisesti.

4.3.2 Tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset

4.3.2.1 Tautisuojaus ja haittaeläimet

Tässä aineistossa korostuu haittaeläinten, jyrsijöiden ja lintujen, merkitys tartuntojen taustalla. Olennaista salmonellatartuntojen ehkäisyssä on panostaa tilatason tautisuojaukseen. Tautisuojaus on kokonaisuus – esimerkiksi pelkkä asiallinen suojarustus vierailijoille ei ole riittävä toimenpide, jos toisaalta rehunkuljetus- ja lantareitit risteävät päivittäin eikä kyseistä riskiä ole edes tiedostettu. Tilan tautisuojaus on jokapäiväistä toimintaa, jota on tarkasteltava säännöllisesti ja tarvittaessa myös muutettava. Myös tautisuojauksen arviointia tulisi kehittää paremmin vastaamaan Suomen tautitilannetta ja erityisesti salmonellan torjuntaa.

Tautisuojauksessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti siihen, että haittaeläimet eivät pääse kontaminoimaan rehuja, rehuvarastoja, ruokintalaitteita, juoma-astioita tai kuivikkeita. Tuotantotiloissa tai niiden läheisyydessä ei tulisi olla suojapaikkoja jyrsijöille, kuten kasvillisuutta tai erilaista tavaraa rakennusten seinustoilla. Tuotantorakennuksissa ei saa olla istumapaikkoja linnuille ruokintapöydän tai -laitteiden yläpuolella. Jyrsijätorjunnan, kuten syöttien ja loukkujen käytön, tulee olla suunnitelmallista, pitkäjänteistä ja suunnitelman toteutumista pitää seurata.

Salmonellatilalla oleva haittaeläinpopulaatio voi olla riski tilan tartunnan uusiutumiselle. Toisaalta jos kyseisen tilan tautivastustus ja rehujen suojaus kohenee, haittaeläimet saattavat siirtyä muille lähialueen tiloille ja tartuttaa salmonellan niille. Tästä syystä tulisi myös miettiä mahdollisten salmonellaposiitivisten haittaeläinpopulaatioiden järkeviä hävittämiskeinoja. Joitain keinoja lintujen karkottamiseen tuotantotilasta on käytettävissä, mutta niiden teho on epävarma ja käyttö voi olla ongelmallista. Joissain tilanteissa haittalintujen hävittäminen on välttämätöntä ja sen pitäisi olla mahdollista. Eläinten terveys ETT ry:n Ruokaketjuhanke 3:ssa on tekeillä haittaeläinopas, johon tullaan kokoamaan tietoa asiasta.

4.3.2.2 Tilojen välinen eläinliikenne

Eläinten siirrot tilojen välillä ovat salmonellatartunnan riskitekijöitä. Lypsykarjatilan primaritartunta voi levitä välitysvasikoiden mukana ja aiheuttaa sekundaaritartunnan vasikoita vastaanottavalle tilalle. Vastaavasti porsitus- tai yhdistelmäsikalan primaritartunta voi levitä porsaiden mukana lihasikalaan. Koska iso nauta- tai sikatila tuottaa paljon välityseläimiä, voi mahdollinen salmonellatartunta levitä laajalle. Näiden

sekundaaritartuntojen määrään voidaan vaikuttaa putkittamalla eläinliikenne mahdollisuuksien mukaan siten, että saman tilan vasikat siirtyisivät aina samaan kasvattamoon. Vastaavasti ison emakkosikalan porsaas siirrettäisiin korkeintaan muutamaan lihasikalaan, jotka pysyisivät aina samoina. Toisaalta usein joudutaan keräämään eläimiä monelta pieneltä tilalta, jotta vasikkakasvattamon tai lihasikalan osasto saadaan täyteen. Tämä lisää tilojen välisten kontaktien määrää. Periaatteessa säännöllinen, esimerkiksi vuosittainen, salmonellanäytteenotto on hyvä tapa toimia, mutta silläkään ei pystytä ehkäisemään kaikkien tartuntojen leviämistä. Jokaisen siirtyvän vasikka- tai porsaserän tutkiminen ei kuitenkaan käytännössä ole mahdollista taloudellisista ja aikataullisista syistä.

Vasikkakasvattamoissa tulisi olla erillinen tulo-osasto, joka olisi erillinen epidemiologinen yksikkö muuhun tilaan nähden. Jos vasikkaerässä todettaisiin salmonellatartunta, tartunta ei välttämättä leviäisi koko kasvattamoon, jolloin voitaisiin mahdollisesti saneerata vain kyseinen tulo-osasto.

4.3.2.3 Suosituksia ja kehittämiskohteita salmonellasaneerauksissa

Systemaattisuus on oleellista salmonellasaneerauksessa. Tämä edellyttää hyvää suunnitelmaa ja sitä että saneeraus toteutetaan ohjeiden mukaan. Tilalla on oltava toimiva, tilanteen tasalla oleva työnjohto. Riittävästä resurssista saneerauksessa ja toisaalta myös tilan normaalista toiminnasta on huolehdittava. Tuotantotilojen pesussa tulee huomioida riittävä alkudesinfiointi, jotta tartunta ei pesun edetessä leviä osastosta toiseen. Erilaiset tarkastuslistat helpottavat saneerauksen ohjeistamista ja työn etenemisen seuraamista. Eriyisesti sikojen osalta on pohdittava, miten eläinten lopettaminen tarvittaessa toteutetaan tehokkaasti, järkevästi ja ottaen huomioon eläinsuojelulliset näkökohdat. Eläinlääkäreiden osaamista salmonellasaneerauksista tulisi lisätä. Tätä varten olisi järkevää koostaa opas hyvistä toimintatavoista salmonellasaneerauksissa ja saneerauksen suunnittelussa. Saneeraukseen liittyviä yksityiskohtaisia suosituksia nauta- ja sikatiloilla on kuvattu kohdassa 4.2.6 Salmonellasaneeraukset nauta- ja sikatiloilla.

Virallisessa rehunäytteenotossa löytyy harvoin salmonellaa tuotantotilan rehuista. Vaikka rehuperäistä tartuntaa tilalla epäiltäisiinkin, voi kyseisen rehuerän syötöstä olla jo kauan aikaa ja tilan siiloissa jo täysin muuta rehua. Jos parhaillaan käytössä oleva rehu on todettu salmonellavapaaksi, voi toimijoille tulla valheellinen turvallisuudentunne tilan rehuketjun salmonellavapaudesta. Rehunäytteenottoa tulisikin kohdistaa enemmän rehuympäristö- ja rehupölynäytteisiin, jolloin saataisiin tietoa jo käytetyistäkin rehuista. Tällainen näytteenotto on kuitenkin hankalaa, vaatii erikoistuntemusta ja -välineitä ja saattaa joskus olla vaarallistakin. Tällaista näytteenottoa ei voida myöskään identifioida yksittäiseen rehuerään, joten rehun valmistajan vastuu ja mahdolliset seuraukset ovat poissuljettuja. Kuitenkin saneeraajalle tällaisten näytteiden informaatio on olennainen tieto.

4.3.2.4 Navetan ja sikalan rakenteet ja toiminta

Tilan jokapäiväinen toiminta ja siihen liittyvät asialliset tautisuojaustoimenpiteet tulisi suunnitella huolellisesti jo rakennusvaiheessa. Esimerkiksi rehunkuljetus- ja lantareitit eivät saisi ristettyä eläintilassa eivätkä sen ulkopuolella ja tuotantotilassa tulisi olla riittävästi käsien- ja saappaiden pesupisteitä järkevissä kohdissa. Rakennussuunnittelussa tulisi huomioida, että ullakkotilaan tulisi päästä haittaeläintorjunnan toteuttamisen vuoksi. Ullakkotilaan tulee päästä myös muutoin kuin katon kautta ja siellä on voitava liikkua turvallisesti kulkurampeja pitkin palo-osastosta toiseen. Moni tila on aikanaan suunniteltu täysin asiallisesti, mutta tilaa laajennettaessa voikin olla hankala järjestää kaikki toiminnot siten, että esimerkiksi rehun- ja lannankuljetusreitit eivät enää risteäisi. Kaikki tuotantotilan rakenteet ja laitteet on myös pidettävä kunnossa ja toimivina ja niitä tulee käyttää oikein. Kun eläimiä ulkoilutetaan, tulee huolehtia hyvästä ruokinta- ja juomahygieniasta.

Tuotantotilassa tulisi pitää kyseiseen tilaan sopivaa eläinmäärää. Jos eläimiä on liikaa, tilan eläinvirtojen hallinta on hankalaa. Joudutaan tekemään erityisratkaisuja, jotka hankaloittavat eläinten hoitoa ja tilojen puhtaanapitoa. Lypsykarjanavetoissa tulisi olla riittävästi asiallisia vasikkatiloja. Optimaalisesti tilalla olisi kaksi erillistä vasikkaosastoa, joista toinen olisi vuorollaan käytössä ja toinen tyhjänä ja pestävänä. Sikalat koostuvat usein monista pienistä osastoista. Kaikkien osastoiden pitäminen erillisinä epidemiologisina yksikköinä on käytännön työssä haastavaa ja aikaa vievää. Useassa sikalassa olisi kuitenkin toteutettavissa eri-ikäisten eläinten osastojen erottelu tautisuluilla. Näin mahdollisessa tartuntatilanteessa sikala voitaisiin jakaa helpommin erilliseen epidemiologisiin yksiköihin, jolloin salmonellatartunnasta aiheutuvat tappiot olisivat todennäköisesti alhaisemmat. Sikaloissa osastokohtainen kertatäytyisyys ja etenkin kertatyhjennys tulee pitää tavoitteena ja eläimien turhaa sekoittelua ryhmästä toiseen tulee välttää. Lihasikaloissa kannattaisi ennemmin olla puskuri- tai sairausosasto, jonne yksittäiset siat siirrettäisiin kasvaamaan. Tämä puskuriosastokin tulisi tyhjentää kokonaan sekä pestä ja desinfioida vähintään kaksi kertaa vuodessa.

Kuivatun viljan ostossa pitää olla tarkka. Oleellista on, miten vilja on myyjätilalla varastoitu, onko se ollut suojattuna haittaeläimiltä, ja miten viljavaraston haittaeläintorjunnasta on huolehdittu. Huolellinen tuottaja voi vähentää tätä riskiä tarkistamalla viljan säilytysolosuhteet myyvällä tilalla itse ennen ostoa. Valitettavasti jos viljasta on puutetta, on sitä pakko ostaa sieltä mistä saadaan, eikä ostopaikkaa voi juuri valikoida. Mahdollisesti viljaa joudutaan ostamaan usealta eri tilalta sekä monella erilaisella kuljetuskalustolla ja erillisellä käynnillä omalle tilalle kuljetettuna. Lisääntynyt rehuliikenne helposti lisää riskiä tarttuvien tautien leviämiseksi.

5 Työturvallisuus salmonellatiloilla

5.1 Työntekijöiden salmonellatartunnat ja niiden rekisteröinti ammattitaudiksi

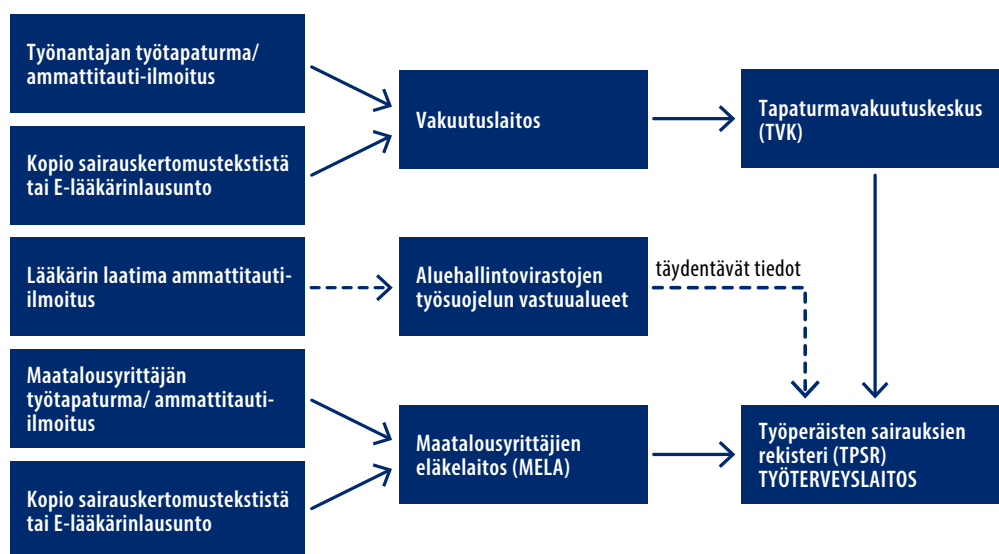
Jos eläintilallinen tai tilalla työskennellyt henkilö saa salmonellatartunnan, tulee selvittää eläinten salmonellatartuntatilanne. Salmonellabakteerin aiheuttamaa tartuntatauti eli salmonelloosia voidaan pitää biologisen tekijän aiheuttamana ammattitautina silloin, kun lääkärintutkimuksen yhteydessä on selvitetty todennäköinen tartuntareitti ja kirjattu työtilanne, jossa tartunta on todennäköisesti tapahtunut. Tartunnan todennäköisyyden arviointia helpottaa, jos altistusmahdollisuus pystytään samanaikaisesti osoittamaan tapauskohtaisesti.

Lääkäreillä on lakisääteinen velvollisuus (Laki työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistoiminnasta 44/2006) ilmoittaa viipymättä ammattitaudista tai sen epäilystä tai muusta työperäisen sairauden epäilystä Aluehallintovirastoon työsuojelun vastualueelle (kuviot 12). Lisäksi maatalousyrittäjän on tehtävä itse vahinkoilmoitus ammattitautiepäilystä 60 päivän kuluessa salmonellatartunnan ilmenemisestä Maatalousyrittäjien eläkelaitokselle (MELA). Työsuhteisia työntekijöitä pitävän työnantajan tulee tehdä ilmoitus ammattitaudista viimeistään 10 arkipäivän kuluessa siitä, kun työnantajalle tai tämän edustajalle on ilmoitettu ammattitaudista tai sen epäilystä. Ilmoituslomake lähetetään siihen vakuutuslaitokseen, jossa työnantajan työtapaturma- ja ammattitautilain mukainen vakuutus on. Jos työnantajalla ei ole lain mukaista vakuutusta, ilmoitus tehdään Tapaturmavakuutuskeskukselle (TVK). MELA ja TVK ovat virallisia tilastonpitäjiä työtapaturmien ja ammattitautien osalta. He toimittavat ammattitauteja ja ammattitautiepäilyjä koskevat tiedot Työperäisten sairauksien rekisteriin (TPSR), jota ylläpitää Työterveyslaitos. Työtapaturma- ja ammattitautilaki (459/2015) ja Maatalousyrittäjän työtapaturma- ja ammattitautilaki (873/2015) määrittelevät TPSR:n oikeuden saada vakuutuslaitoksista ammattitauteihin liittyviä tietoja. TPSR:lla on lisäksi oikeus saada tietoja myös lääkärien Aluehallintovirastojen työsuojelun vastualueille ilmoittamista ammattitaukeista ja niiden epäilyistä sekä työstä johtuneista muista sairauksista työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistoiminnasta annetun lain (44/2006) 46 §:n perusteella.

TPSR:n mukaan salmonellatartuntojen aiheuttamia ammattitauteja tai ammattitautiepäilyjä on rekisteröity vain kaksi tapausta Suomessa ajalla 2005–2018. Näistä toinen on todettu eläinlääkärillä ja toinen maatalouslomittajalla. Syitä alhaiseen rekisteröintimäärään tulisi selvittää. Voi olla mahdollista, että työperäisiä salmonellatartuntoja ei esiinny Suomessa, vaikka eläimillä havaitaan salmonellatartuntoja vuosittain. Toisaalta

salmonellatartunnan aiheuttamat oireet voivat olla niin lieviä, että hoitoon ei hakeuduta. Voidaan myös kokea epäselvyyttä salmonellatartuntojen kirjaamiskäytännöissä tai työperäisyyden toteamisessa. Eläintilallisista noin puolet kuuluu työterveyshuoltoon. Muut käyttävät julkisia tai muita yksityisiä terveydenhuollon palveluita.

Kuvio 12. Tiedon kertyminen eri tahoilta Työperäisten sairauksien rekisteriin (TPSR 2017).



Ammattitauti-ilmoitusten vähäisyys voi johtua myös siitä, ettei salmonellan aiheuttamiin henkilökohtaisiin sairauskuluihin tarvitse hakea korvausta vakuutusyhtiöiltä eikä ammattitauti-ilmoituksia lähetetä vakuutusyhtiöille. Tartuntatautilain (1227/2016) mukaan kaikki salmonellatartunnat ovat yleisvaarallisia tartuntatauteja, joten tutkimus, hoito ja hoitoon määrätty lääkkeet ovat salmonelloosiin sairastuneelle maksuttomia (Laki sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasmaksuista 734/92). Hoitokustannuksista vastaa potilaan kotikunta. Kansaneläkelaitos korvaa tulonmenetykset työstä pidättäytymisen johdosta tai tartunnan saaneen lapsen hoitamisesta aiheutuneesta vanhemman työstä poissaolosta. Salmonellatartunta, myös oireeton, oikeuttaa tartuntatautipäivärahaan. Valtio vastaa terveydenhuollon häiriötilanteesta kustannuksista, jotka ovat aiheutuneet henkilön määräämisestä karanteeniin, eristykseen tai pakolliseen terveystarkastukseen yleisvaarallisen tai yleisvaaralliseksi perustellusti epäillyn tartuntataudin vuoksi, jos henkilöllä ei ole Suomessa kotikuntaa ja aiheutuneita kustannuksia ei ole saatu muutoin perittyä.

Salmonellatartuntoja seurataan mahdollisen epidemiariskin vuoksi. Siksi tuotantoeläintilalla työskentelevän tai asuvan henkilön salmonellatartunnasta ilmoitetaan eläinlääkintäviranomaiselle. Jos kyseisellä tilalla todetaan eläimillä salmonellatartuntoja, tulee

kunnaneläinlääkäriin olla yhteydessä kunnan tartuntataudeista vastaavaan henkilöön. Myös salmonelloosipotilasta hoitava lääkäri voi ottaa yhteyttä terveyskeskuksen tartuntataudeista vastaavaan lääkäriin toimenpidetarpeen selvittämiseksi. Jos laboratorion tai lääkärin antamassa tartuntatauti-ilmoituksessa voisi ilmoittaa samalla myös salmonellatartunnan saaneen henkilön ammatin ja toimialan, se saattaisi edesauttaa salmonellatartuntojen työperäisyyden jäljittämistä, seuraamista ja todentamista Suomessa. Salmonelloosipotilasta hoitavan lääkärin tulee muistaa, että tartunnan työperäisyys kannattaa selvittää ja viedä tapausta eteenpäin ammattitautina tai sen epäilynä. Eläintiloilta saatujen ihmisten salmonellatartuntojen todentaminen nykyistä tehokkaammin voisi parantaa työturvallisuutta eläintiloilla.

5.2 Työturvallisuus salmonellan torjuntakeinona nauta- ja sikatiloilla

Tärkeintä on tiedostaa ja omaksua asenne, että hyvillä työturvallisuuskäytännöillä voidaan vähentää salmonellabakteerien leviämistä ja ehkäistä ihmisten salmonellatartuntoja tuotantotiloilla. Eläintiloissa työntekijän altistumisreitti on yleensä salmonellabakteerilla likaantuneiden käsien kautta suuhun. Salmonellaa voi esiintyä myös ilmassa tilanteissa, joissa pölyä runsaasti tai muodostuu aerosolia esimerkiksi pintojen voimakkaan pesemisen seurauksena.

Ihmistartuntoja voidaan ehkäistä henkilökohtaisella suojautumisella ja hyvillä hygieniakäytännöillä. Tuotantotilojen suunnitteluvaiheessa tai niiden muutoksissa tulisi huomioida riittävät pesu- ja sosiaalitulat työntekijöille mm. tautisulun yhteyteen.

Motivaatiota tartuntatautien ehkäisyyn ja ymmärrystä niiden tärkeydestä voisi lisätä. Eläintiloilla työskenteleville tulisi antaa koulutusta, jossa on huomioitu terveys ja turvallisuus myös työntekijän itsensä näkökulmasta. Alan oppilaitoksissa tulisikin antaa teoreettinen pohjakoulutus henkilökohtaiseen suojautumiseen ja harjoitustöissä toimia suojautumisharjoitusten mukaisesti. Yksi lisävaihtoehto olisi todentaa eläinhoitotyötä tekevien osaaminen esimerkiksi bioturvatodistuksella, joka voisi olla vastaavanlainen kuin elintarviketyöntekijöiltä vaadittava hygieniapassi. Monilla muilla toimialoilla samankaltainen todistus on työturvallisuuskortti, jolla työntekijä osoittaa tietävänsä perustiedot työympäristön vaaroista ja työsuojelusta yhteisellä työpaikalla. Turvallisuustodistuksen osoittaminen helpottaisi eläintilallisen vastuuta siitä, että tilalle palkattava työntekijä osaa toimia terveysturvallisesti.

Osaamisen varmistamisen lisäksi työntekijä tulee perehdyttää tartuntatautien leviämistä estäviin tilakäytäntöihin viimeistään työtehtävän antamisen yhteydessä. Jos tilalla on

todettu tai edes epäillään esiintyvän tarttuvaa eläintautia, siitä on etukäteen ilmoitettava tilalle saapuvalla työntekijälle kuten esimerkiksi eläinhoitajalle ja -lääkärille, seminologille, sorkkahoitajalle, maatalouslomittajalle, maito- tai eläinkuljettajalle, laitehuoltajalle sekä saneeraajille. Maatalousyrittäjän on työnantajan ominaisuudessa perehdytettävä kaikki tilalla työskentelevät työntekijät talon tavoille ja samassa yhteydessä on käytävä läpi työhön liittyvät erilaiset vaara- ja haittatekijät ja niistä aiheutuvat riskit sekä riskinhallintakeinot. Työnantaja on näillä toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä (Työturvallisuuslaki 738/2002).

5.3 Työntekijän suojautuminen päivittäisessä eläinhoitotyössä

Ennen eläintiloihin menemistä työntekijän tulee pystyä vaihtamaan ylleen tarpeelliset suojarusteet sekä työasu ja päähine. Erillisen suojatakin, haalarin tai esiliinan käyttö on tarpeen, kun on tarve estää muuta vaatetusta likaantumasta ja ehkäistä mikrobirtuntojen leviämistä työvaatteiden välityksellä liikuttaessa työtehtävästä toiseen. Jalkineiden tulee olla tukevat ja turvalliset sekä helposti puhdistettavissa. Suoja- ja turvajalkineissa on eläintöihin tarpeellinen karkisuoja, jolla vältetään eläinten aiheuttamia jalkaterä- ja varvasvammoja. Työssä käytettävät käsineet tulee olla tila- ja osastokohtaiset, ellei niitä voi helposti puhdistaa työtehtävän jälkeen. Tartuntariskin vähentämiseksi olisi hyvä käyttää helposti vaihdettavia kertakäyttöisiä suojakäsineitä, kun kosketaan sairaan eläimen peräpäähän, limakalvoihin tai eritteisiin. Suojakäsineet eivät korvaa hyvää käsihygieniaa, joka on tärkein asia salmonellatartunnalta suojautumisessa. Roiskevaaratilanteissa suun, silmien ja kasvojen suojaaminen on tarpeen esimerkiksi kasvovisiirillä tai suu-nenäsuojuksella ja suojalaseilla. Hengityksensuojainta tulee käyttää sellaisissa toimenpiteissä, joissa epäilee olevan ilmaitse tarttuvan mikrobin vaara, muodostuu muuta terveydelle haitallista aerosolia ilmaan (esim. desinfiointiaineesta) tai pölyä runsaasti kuten kalkin levityksessä.

Suojavarustus on riisuttava kokonaan ja työasu on vaihdettava siviilivaatteisiin ennen kuin poistutaan eläintiloista muualle kuten autoon tai asuintiloihin. Samoin jalkineet vaihdetaan eläintiloista poistuttaessa. Kaikki uudelleen käytettävät suojarusteet ja työvälineet on myös puhdistettava ennen kuin niitä käytetään toisella eläintilalla. Suositeltavaa on pestä vaatteet joko tilalla tai pesulassa, ettei tilan ulkopuolisen työntekijän kuten maatalouslomittajan tarvitse viedä työvaatteita kotiin pestäväksi.

5.4 Rakenteiden purkutyöntekijöiden suojaaminen saneeraustöissä

Salmonellasaneerausta tekevän työntekijän täytyy suojautua eläntilojen rakenteiden purkutöissä pestävällä tai kertakäyttöisellä suojavaatetuksella, mekaanisilta vaaroilta (esim. pistoilta ja viilloilta) suojaavilla käsineillä ja helposti puhdistettavilla turvakengillä (tarvittaessa nauaanastumissuoja). Kuivaa lantapölyä ilmaan levittävässä töissä on tarpeellista käyttää P-hiukkassuodattimella varustettua hengityksensuojainta (esim. FFP3-suojain). Voimakasta hienoainekseen harjaamista tai lakaisemista tulee välttää ja tämä tehdä mieluummin imuroimalla esim. HEPA-suodattimin varustetulla teollisuusimurilla. Tarvittaessa suojaruustusta tulee lisätä kuulonsuojaimilla, kypärällä, silmiensuojaimilla ja putoamissuojaimella. Pintojen pesussa ja nihkeäpyyhinnässä käytetään märkätyöhön soveltuvia suojakäsineitä ja saappaita sekä tarvittaessa kemiallisilta aineilta suojaavaa hengityksensuojainta.

5.5 Pesu- ja desinfiointiaineiden käyttö

Salmonellabakteeriin tehoavat monet pesu- ja desinfiointiaineet. Pesun ja desinfiointin aikana on huolehdittava työtä tekevän henkilön työturvallisuudesta. Käyttäjälleen tuttuja ja turvallisia pesuaineita kannattaa käyttää päivittäisessä työssä eläntiloilla, jos niiden teho salmonellaan on riittävä. Eläntilojen salmonellasaneerauksissa käytetään laajojen pintojen ja rakenteiden desinfiointiin mm. glutaradehydiin, kvaternäärisiin ammoniumyhdisteisiin, klooriyhdisteisiin tai perhappoihin perustuvia desinfiointiaineita. Pesu- ja desinfiointiaineissa olevat kemialliset aineet voivat ärsyttää ihoa, hengitysteitä ja silmiä. Pitkään ja toistuvasti altistuttaessa niistä voi aiheutua myös kroonisia terveyshaittoja kuten allergiaa tai astmaa. Siksi pintojen pesuissa ja desinfiointeissa on käytettävä asianmukaisia suojaruusteita.

Ensimmäinen vaihe pesuissa on näkyvän lian poistaminen mekaanisella puhdistuksella. Laajoja pintoja pestään matala- tai korkeapainepesureilla. Erityisesti korkeapainepesureita käytettäessä on huomioitava työturvallisuus, ettei painesuihkusta pääse aiheutumaan iho- tai silmävammoja. Lisäksi painepesuissa muodostuu ilmaan aerosolia, jonka mukana salmonella ja muut mikrobit voivat kulkeutua työntekijän suun ja nenän limakalvoille sekä hengitysteihin. Mitä korkeampi paine ja nesteen lämpötila sekä roiskuminen likaisilta pinnoilta, sitä enemmän terveydelle haitallisia aerosoleja muodostuu ilmaan. Desinfiointiaineita voidaan levittää tilaan myös sumuttamalla. Tällöin ilmaan ei leviä mikrobeita sisältävää aerosolia, mutta kemiallisen aineen määrä tilassa voi olla hetkellisesti vaarallisen korkea.

Pesu- ja desinfiointiaineen hyväksytyt käyttökohteet, käytön rajoitukset ja ohjeet turvallista käyttöä varten löytyvät valmisteen myyntipäällyksestä tai käyttöohjeesta. Aineen annostelutavat ja -määrät on varmistettava ja noudatettava ohjeistusta. Tarkemmat tiedot aineen varoitusmerkinnöistä sekä suojarusteiden laadusta ja käyttötarpeesta löytyvät valmisteiden käyttöturvallisuustiedotteista. Valmisteita, joiden käyttöturvallisuustiedotteita ei ole saatavilla, ei välttämättä ole hyväksytty eikä niiden turvallista käyttöä varmistettu. Suomessa myytävät ja käytettävät biosidivalmisteet, kuten desinfiointiaineet, tarvitsevat Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) tai koko EU:n alueella käytössä olevat valmisteet Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) hyväksymisen. Biosidiasetus (EU N:o 528/2012/2012 ja N:o 334/2014) säätelee desinfiointiaineiden käyttöä.

Joillekin desinfiointiaineille on annettu myös varoaikoja, jolloin käsiteltyä pintaa tai tilaa ei saa käyttää ihmiset eikä eläimet. Varoaika on eri asia kuin desinfioinnille varattava käyttöohjeen mukainen vaikutusaika (esim. minuutista tunteihin), jonka aikana salmonella tuhoutuu käsitellyllä pinnalla. Varoaika on yleensä vähintään 24 tuntia. Pesu- ja desinfiointiaineiden käytön jälkeen tarvitaan toisinaan pintojen huuhtelu vedellä tai tilojen tuuletus, jotta ne ovat jälleen turvallisia eläimille ja ihmisille.

6 Työpajat

Hankkeessa järjestettiin marraskuussa 2021 kaksi samansisältöistä työpajaa ”Salmonella uhkana nauta- ja sikatiloilla”. Työpajat pidettiin webinaareina ja niihin molempiin osallistui 60–70 henkilöä eri sidosryhmistä. Työpajassa esitettiin puheenvuoroja eri aiheista. Ruokaviraston puheenvuoro käsitteli nautojen ja sikojen salmonellavalvontaa ja THL kertoi salmonellan esiintymisestä ihmisillä Suomessa. ETT kertoi käytännöistä nauta- ja sikatilojen salmonellasaneerauksissa ja MTK piti puheenvuoron siitä, miten alkutuotanto tukee kansanterveyttä. Tilaisuudessa oli myös tuottajapuheenvuoro. Porsastuotantotilan isäntä kertoi omia kokemuksiaan tilansa salmonellasaneerauksesta. TTL toimi tilaisuuden pääorganisoijana ja puhui työturvallisuudesta tuotantotiloilla.

7 Johtopäätökset, tutkimus- ja kehittämistarpeet sekä suositukset

7.1 Tartuntalähteiden arviointi

Hankkeen yhtenä päätavoitteena oli tunnistaa tuotantoeläintilojen salmonellatartuntojen tartuntalähteitä tartuntojen ehkäisemiseksi ja hallitsemiseksi. Hankkeen osatöissä salmonellatartuntojen lähteitä ja syitä tutkittiin kolmesta lähestymiskulmasta: salmonellabakteerien kokogenomin sekvenssityyppivertailulla, sekvenssietoon perustuvalla tartuntalähteiden tilastollisella luokittelulla sekä kokoamalla tieto arvioiduista tartuntasyistä ja -lähteistä salmonellasaneerauksen läpikäyneillä nauta- ja sikatiloilla.

Kokogenomin sekvenssivertailulla verrattiin eri tartuntalähteistä (eläimistä, rehuista, ympäristöstä ja ihmisistä) eristettyjä salmonellabakteerikantoja toisiinsa. Sekvenssivertailu antoi lisävahvistusta jo aiemmin epäiltyihin tartuntaketjuihin sekä pystyi osoittamaan mahdollisia tartuntalähteitä. Vertailu vahvisti luonnonvaraisten yhdyskuntalintujen merkitystä etenkin nautatilojen mahdollisena tartuntalähteenä. Valitettavasti muista haittaeläimistä kuin linnuista salmonellaeristyskiä oli vähän saatavilla. Turkiseläimillä ja tuotantoeläimillä esiintyi saman ryhmän sekvenssityyppisiä, mutta tartunnan suuntaa ei voi todeta pelkän kantavertailun perusteella ilman epidemiologista tietoa. Toistensa läheisyydessä sijaitsevilla tiloilla voi olla yhteinen haittaeläinpopulaatio, joka siirtää tartunnan tilalta toiselle. Huomion arvoista oli, etteivät rehuista todetut salmonellabakteerit pääsääntöisesti olleet siirtyneet tuotantoketjussa eteenpäin. Mielenkiintoisesti siilissä todettua *S. Enteridis*-tyyppiä ei todettu tuotanto- eikä lemmikkieläimissä ja hyvin vähän myös ihmisissä.

Salmonellan tartuntalähteiden suhteellisia osuuksia vastaanottavalle ryhmälle (nauta, sika) arvioitiin tilastollisesti salmonellakantojen lähdeluokittelulla. Arvioinnissa hyödynnettiin kantojen kokogenomin sekvenssietoa. Luokittelu tehtiin koko maan kattavasti sekä alueellisesti jakamalla maa Etelä-Suomeen, Itä- ja Pohjois-Suomeen sekä Länsi-Suomeen. Kantojen lähdeluokittelussa valitaan salmonellaa vastaanottava ryhmä, joten tartunnan suunta on oletuksena. Nautatilojen tartuntalähteistä tärkeimmäksi luokittuivat yhdyskuntalinnut, kuten lokit ja naakat, ja toiseksi tärkeimmäksi turkiseläintuotanto erityisesti Länsi-Suomessa. Sikatilojen salmonellatapauksissa ilmeni viitteitä ensisijaisesti turkiseläinten ja toissijaisesti nautojen ja yhdyskuntalintujen yhteydestä moniin tartuntaketjuihin. Muutoin sikojen salmonella-altistus painottui pääasiallisesti Länsi-Suomessa turkiseläinten kantoihin, Etelä-Suomessa yhdyskuntalintujen ja muutamissa Itä- ja Pohjois-Suomen tapauksissa myös nautakarjan kantoihin. Havaintojen perusteella siat, turkiseläimet

ja naudat altistuvat yhtä lailla läheiselle salmonellatartunnalle, jonka ilmenemistä näissä eläinlajeissa voivat edistää paikalliset haittaeläimet, tuotantotilojen keskittymät ja turkiseläinrehun puutteellinen käsittely.

Nauta- ja sikatilojen salmonellasaneerausten analysoinnin yhteydessä koottiin asiantuntija-arvio kunkin tilan tartuntasyistä ja -lähteistä. Nautatiloilla selvästi yleisin epäilty lähde oli ympäristöperäinen, haittaeläinten välittämä tartunta, haittaeläiminä useimmiten linnut. Jonkin verran tartunnat olivat levinneet välitysvasikkojen mukana vasikkakasvatamoon ja yksittäisissä tapauksissa arvioitiin rehu tartunnan lähteeksi. Lähes puolella sikatiloista tartunta oli peräisin haittaeläimistä ja reilulla kolmanneksella tartunta siirtyi sikojen mukana tilalta toiselle. Suurin osa näistä tiloista oli lihasikaloita, jotka saivat tartunnan porsaiden mukana porsastuotantosikalasta. Lisäksi kymmenesosalla epäiltiin syyksi ostoviljaa, jonka haittaeläimet olisivat saastuttaneet jo varastointivaiheessa myyjätalalla.

Salmonellan tartuntalähteiden arviointia bakteerikantojen geneettisellä tyypityksellä tai tilastollisella luokittelulla rajoittaa se, miten hyvin tutkitut salmonellakannat edustavat mahdollisia tartuntalähteitä. Tartunnan suuntaa ei voi määrittää tarkimmallakaan kokogenomisekvensointimenetelmällä tai siihen perustuvalla mallintamisella, vaan tarvitaan lisäksi epidemiologista taustatietoa ja syvällistä asiantuntemusta tietojen yhdistämiseksi. Totesimme geneettisesti samanlaisia salmonelloja turkiseläintuotannossa sekä nauta- ja sikatiloilla. Kaikista saneeraustiloista noin kolmasosa sijaitsi turkistuotantoalueella, 32 % sikatiloista ja 21 % nautatiloista turkistarhojen läheisyydessä. Haittaeläimet oli arvioitu kaikkein useimmin tartuntalähteeksi saneerauksen yhteydessä sekä nauta- että sikatiloilla. Turkis- ja tuotantoeläintilojen alueilla liikkuvat haittaeläimet voivat hyvin välittää tartuntaa tilalta toiselle. Tartuntasuunnan arviointia vaikeuttaa kuitenkin se, että turkiseläimille syötetään tuotantoeläinten teurastuksen yhteydessä syntyviä sivutuotteita. Turkiseläintarhoista eristettyjä salmonellakantoja on rajoitetusti ja valikoivasti saatavilla, koska tutkimuksia tehdään ainoastaan kuolleista tai sairaista eläimistä.

Havainnot *S. Enteritidis* -tartunnasta kertovat, kuinka hitaasti tartunta voi epäsuorasti siirtyä turkistuotannosta tuotantoeläimiin. *S. Enteritidis* FT 33 todettiin kettutarhauksessa vuosina 2002 ja 2005 ja vuosittain 2011 lähtien, mutta vasta vuosien kuluttua 2015 alkaen sitä alkoi esiintyä nauta- ja sikatiloilla. Sekvenssivertailun mukaan kyseessä oli sama *S. Enteritidis* -kanta. *S. Enteritidis* aiheuttaa vakavaa tautia erityisesti turkiseläinten pennuille, jolloin bakteerieritys on suurta. Tartuntapaine kohdistuu myös haittaeläimiin, jotka voivat siirtää tartunnan tuotantoeläintiloille. *S. Poona* -eristys on tehty pitkään erityisesti turkiseläinrehusta, mutta myös satunnaisesti turkiseläimistä. Sitä ei kuitenkaan ole todettu sika- ja nautatiloilla. Tämä voi johtua siitä, ettei *S. Poona* ole aiheuttanut vastavia taudinpurkauksia turkiseläimissä, ja bakteerieritys on jäänyt vähäiseksi. Vuoden 2021 aikana todettiin siniketuissa laaja rehuvälitteinen *S. Enteritidis* -epidemia. Epidemia alkoi penikoimisaikaan ja aiheutti vakavaa sairastumista pennuissa. Sekvenssivertailussa tämä

epidemiakanta asettuu saman ryhmään aiemman tartunnan kanssa. Lähiaikoina voidaan saada tietoa turkiseläinten tartunnan leviämisestä läheisille tuotantoeläintiloille. Tuotantoeläinten tartuntoja seurataan tarkasti, ja salmonellakannat sekvensoidaan välittömästi. Toistaiseksi ei ole osoitettu tartunnan siirtymistä tuotantoeläintiloille.

Hankkeessa syntyi osaamis- ja tietopääomaa salmonellan epidemiologiseen seurantaan. Genominen kirjasto antaa erinomaisen pohjan kantojen sekvenssivertailuun ja täydentyä, kun kaikista epidemiologisesti edustavista salmonellakannoista tehdään kokogenomisekvenssointi. Genomitietoon perustuvaa kantojen lähdeluokittelua voidaan hyödyntää määrävuosin tehtävässä tartuntalähteitten trendiseurannassa ja tarvittaessa epidemioiden yhteydessä.

7.2 Salmonellan torjunta tuotantoeläintiloilla

Hankkeen toisena päätavoitteena oli tehokkaammin kontrolloida tuotantoeläintiloilla esiintyviä salmonellatartuntoja tunnistamalla toimintatapoja, joilla saneeraus parhaiten onnistuu. Lisäksi arvioitiin nykyisen tuotantorakenteen ja eri tuotantomenetelmien merkitystä salmonellan leviämislle tuotantotiloihin ja -eläimiin. Kokosimme ja analysoimme ainutlaatuisia asiantuntijatietoa nauta- ja sikatiloille viime vuosina tehdyistä saneerauksista. Tietoihin pohjautuen arvioimme seikkoja, jotka johtivat saneerauksen pitkittymiseen tai tartunnan uusimiseen, sekä tunnistimme edellytyksiä saneerauksen onnistumiselle.

Saneeraus kesti nautatiloilla keskimäärin 108 päivää, mutta vaihteli suuresti 21 ja 553 päivän välillä. Sikatiloilla saneeraukset kestivät pitempään ja venyivät vielä pitemmiksi uusiutuneiden tartuntojen saneerauksissa. Porsastuotantotilan perussaneeraus voidaan yleensä toteuttaa alle yhdeksässä kuukaudessa ja lihasikalan alle puolessa vuodessa. Tilanteissa, joissa tartunta on uusiutunut, tehdään usein mittavia rakenteellisia muutoksia sikalaan, mikä väistämättä pitkittää saneerauksen kestoja. Nautatiloilla kesto pitkittyi merkittävästi, jos alkutilanteessa todettiin tartunnan levinneen laajalle karjassa ja tuotantotiloissa. Vastaava trendi havaittiin sikatiloilla. Saneerauksen pitkittymiselle todettiin seuraavia syitä: tartuntalähdettä ei saatu heti selville, salmonellaposiivisia eläimiä ei poistettu ajoissa, puhdistus-, pesu- ja desinfiointitoimet eivät olleet riittäviä tai käytettävissä oleva työpanos ei riittänyt. Toisinaan käytettävissä oleva työpanos suhteessa saneerauksen vaatimaan työpanokseen arvioidaan heti alussa väärin. Tästä seuraa tilallisten uupumus, jos korjausliikettä ei tehdä ajoissa. Lisäksi työpanosta voi heikentää puutteellinen työnjohto ja työntekijöiden heikko motivaatio. Tartunnan uusimista tartunnasta vapaaksi julistamisen jälkeen havaittiin erityisesti sikatiloilla. Tällöin salmonella oli pesiytynyt joko sikalan eri rakenteisiin, rehuketjun vaikeasti puhdistettaviin laitteisiin tai jäänyt emakoihin piilevänä tartuntana.

Salmonellasaneerauksen peruserä on eläinten rehun ja juomaveden puhtauden varmistaminen sekä salmonellan tartuntaketjun katkaisu eläinten ulosteesta suuhun. Tartunnan levinneisyys alkutilanteessa on kartoitettava tarkasti eli otettava kattavasti näytteitä eläimistä ja tuotantoympäristöstä. Rehunäytteenoton kohdistaminen rehuympäristö- ja rehupölynäytteisiin antaa saneerauksen onnistumisen kannalta tärkeää tietoa ruokintaketjun salmonellakontaminaatiosta. Saneerauksen edetessä tarvitaan tiheää näytteenottoa ja tartunnankantajaeläinten nopeaa karsintaa. Seuraavien seikkojen todettiin edistävän saneerauksen onnistumista: systemaattisuus, hyvä saneeraussuunnitelma ja suunnitelman sekä muiden ohjeiden noudattaminen. Erilaiset tarkastuslistat helpottavat saneerauksen ohjeistamista ja työn etenemisen seuraamista. Tarvitaan hyvä työnjohto ja riittävästi työvoimaa, kun samaan aikaan on huolehdittava tilan normaalista toiminnasta. Yhteistyö eläinlääkäriin, meijeriin, teurastamon, vakuutusyhtiön ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa tilan auttamiseksi on tärkeää. Koko ruokintaketjun on oltava puhdistettavissa, ja se on pidettävä puhtaana. Sikalarakennuksissa saattaa olla rakenneratkaisuja, jotka hankaloittavat tuotantotilojen puhdistusta ja desinfiointia. Haittaeläinten torjuntaan tulee saneerauksessa kiinnittää erityisesti huomiota, jotta ne eivät pääse saastuttamaan rehuja, rehuvarastoja, ruokintalaitteita ja -pöyriä, juoma-astioita tai kuivikkeita.

Salmonellatartunnan ehkäisy perustuu tilatason tautisuojaukseen. Sen on oltava jokapäiväistä ja kohdistuttava tilan koko toimintaan: haittaeläimiin, eläinliikenteeseen, vierailijoihin, ruokintaketjun- ja reittien tartuntariskien minimointiin, yleiseen siisteyteen mukaan lukien rakennusten seinustat, rakenteiden ja laitteiden puhdistettavuuteen ja uusimiseen tarvittaessa. Tautisuojauksen rakenteelliset ratkaisut, kuten erillinen tulo-osasto saapuville uusille eläimille, vähentävät mahdollisen tartunnan leviämisen riskiä koko tuotantoyksikköön. Tilojen välinen välityseläinliikenne tulisi mahdollisuuksien mukaan keskittää samojen tilojen väliseksi. Näin minimoidaan kontaktitilojen määrä, jos lähtötilalla olisikin salmonellaa.

7.3 Tuloksista nousseet toimenpide-ehdotukset

7.3.1 Saneeraustoimenpiteiden kehittäminen

- Tautisaneeraukseen tarvitaan lisää erikoisosaajia ja resursseja, koulutusta ja oppaita.
- Saneerauksen näytteenottoa tulisi kohdistaa paremmin kriittisiin kohtiin.
- Kustannustehokkaita saneerausmenetelmiä tulisi kehittää.

7.3.2 Bioturvallisuuden parantaminen

- Eläintilojen bioturvallisuutta ja sen arviointia tulee kehittää. Tautisuojausten on oltavajokapäiväistä ja kohdistuttava tilan koko toimintaan. Haittaeläinten torjuntaan pitää kohdistaa erityistä huomiota.
- Maataloustukiehdossa on otettava nykyistä paremmin huomioon terveyttä edistävät rakenneratkaisut, tarttuvien tautien vastustus sekä tuotantotilojen saneerattavuus.
- Kotieläintilojen työntekijöille pitäisi olla tarjolla bioturvakoulutusta parantamaan sekä eläintilojen että työntekijän suojaamista tarttuvilta taudeilta.

7.3.3 Epidemiologisen seurannan kehittäminen

- Tarvitaan lisätietoa turkiseläintuotannon merkityksestä nauta- ja sikatilojen salmonellatartuntojen lähteenä.
- Riittävä resurssointi sekvensointiin ja kantavertailuun.
- Tartuntalähteiden analysointi luokittelumallilla määrääjain trendiseuranta ja tarvittaessa epidemioiden yhteydessä; uusien mallinnusmenetelmien kehittäminen kokogenomidatan analysointiin.
- Epidemiologisten tietojen jatkuva ja kattava kokoaminen helposti hyödynnettävään muotoon palvelemaan tutkimusta ja riskinarviointia.

7.4 Muita asiantuntijasuosituksia

- Turkiseläinrehun riskinhallintaa tulee parantaa.
- Rehuvälitteisten epidemioiden ehkäisemiseksi teollisuuden omavalvontasuunnitelmia tulee tarkastaa säännöllisesti ja tarvittaessa vaatia tuotantotilojen ja -laitteiden saneerausta.
- Saneerauksen kustannusten vähentämiseksi tulisi teurastamoihin kehittää mahdollisuuksia teurastaa terveitä eläimiä salmonellatiloilta ja tukea tätä toimintaa.
- Tarvitaan maan kattava salmonellalaboratorioverkosto näytelogiikan turvaamiseksi sekä nopeaa laboratoriodiagnostiikkaa, kun eläimiä on siirrettävä ja on tehtävä nopeita päätöksiä.

LÄHTEET JA KIRJALLISUUS

- Altmann A, Toloşi L, Sander O, Lengauer T. Permutation importance: a corrected feature importance measure. *Bioinformatics* (2010); 26 (10); 1340–1347 <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq134>
- Bennasar M, Yulia H, and Rossitza S. Feature selection using joint mutual information maximisation. *Expert Systems with Applications* 42.22 (2015); 8520-8532.
- Eläintaudit Suomessa raportit <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/julkaisut/julkaisut/elaimet/>
- ETT Ruokaketjuhanke 3 <https://www.ett.fi/haittaelaintorjunta-oppaat-nauta-sika-ja-siipikarjatilaille/>
- ETT tautiriskien hallinta nautatiloilla: <https://www.ett.fi/wp-content/uploads/2019/07/Tautiriskien-hallinta-nautatiloilla.pdf>
- ETT tautiriskien hallinta sikatiloilla: <https://www.ett.fi/wp-content/uploads/2019/07/Tautiriskien-hallinta-sikatiloilla.pdf>
- Garnier S, Ross N, Rudis R, Camargo PA, Sciacini M, and Scherer C. *viridis - Colorblind-Friendly Color Maps for R* (2021). doi: 10.5281/zenodo.4679424, R package version 0.6.2, <https://sjmgarnier.github.io/viridis/>
- Hawkey J, Le Hello S, Doublet B, Granier SA, Hendriksen RS, Fricke WF, Ceysens PJ, Gomart C, Billman-Jacobe H, Holt KE, Weill FX. Global phylogenomics of multidrug-resistant *Salmonella enterica* serotype Kentucky ST198. *Microbial Genomics* (2019); 5(7); e000269. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000269>
- Kangas S, Lyytikäinen T, Peltola J, Ranta J, Majjala R (2007). Costs of two alternative *Salmonella* control policies in Finnish broiler production. *Acta Veterinaria Scandinavica* (49) 35. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-35>
- Kursa MB (2021) Praznik: High performance information-based feature selection. *SoftwareX* (16) 100819 <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100819>
- Majjala R, Ranta J, Seuna E, Peltola J (2005). The efficiency of the Finnish *Salmonella* Control Programme. *Food Control*, 16, 669-675.
- Mead G, Lammerding A, Cox N, Doyle M, Humbert F, Kulikovskiy A, Panin A, Pinheiro do Nascimento V, Wierup M, Filho RA, Biggs R, Buhr J, Cahill S, Cason J, Chalermchaikit T, Hidalgo H, Hofacre C, Hupkes H, Madsen M, Mulder R, Plym Forshell L, Pulido Landinez M, Richardson J, Smith D, Vizzier Thaxton Y, Toyofuku H, Tuominen P, Uyttendaele M, Ming Shi S, and Zwietering M. (2010). Scientific and technical factors affecting the setting of *Salmonella* criteria for raw poultry: A global perspective. *Journal of Food Protection* 73:1566-1590.
- Mikkilä A, Ranta J, Tuominen P (2019). A Modular Bayesian *Salmonella* Source Attribution Model for Sparse Data. *Risk Analysis*. 39(8): 1796-1811.

- MMMEEO (1994). Ministry of Agriculture and Forestry, Veterinary and Food Department. The Finnish Salmonella control programmes for live animals, eggs and meat. Ministry of Agriculture and Forestry, Veterinary and Food Department.
- Niemi J; Heinola K, Simola M, Tuominen P (2019). Salmonella Control Programme of Pig Feeds Is Financially Beneficial in Finland. *Frontiers in Veterinary Science* 6:200. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2019.00200/full>
- Ranta J, Rosendal T (2017). kilde: A package to perform Bayesian Source Attribution of Campylobacteria in R, R package version as per 23 Aug 2017, <https://github.com/SVA-SE/kilde>
- Ranta J, Rossow H, Seppä-Lassila L, Simola M, Olkkola S, Tuominen P, Huitu O, Henttonen H, Niemimaa J, Hallanvuo S, Hakola S, Hakkinen M, Nykäsenoja S ja Myllyniemi, A-L (2020). Haittaeläinten vaikutus zoonoosien säilymiseen ja leviämiseen tuotantotiloilla (HAITTAELÄIN). <https://doi.org/10.5281/zenodo.5166725>
- Sturtz S, Ligges U, and Gelman A. R2WinBUGS: A Package for Running WinBUGS from R. *Journal of Statistical Software* (2005): 12(3); 1–16. <http://www.jstatsoft.org>
- Suomen zoonoosiraportit 2014–2019 <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/zoonoosikeskus/zoonoosit/julkaisut/suomen-zoonoosiraportit/>
- The European Union One Health 2019 Zoonoses Report <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6406>
- Tuominen P, Ranta J, Majjala R, 2006. Salmonella risk in imported fresh beef, beef preparations and beef products. *Journal of Food Protection*, 69: 1814-1822.
- Wright, M. N., & Ziegler, A. ranger: A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R. *Journal of Statistical Software* (2017): 77(1); 1–17. <https://doi.org/10.18637/jss.v077.i01>
- Zhou Z, Alikhan NF, Sergeant MJ, Luhmann N, Vaz C, Francisco AP, Carrico JA and Achtman M. GrapeTree: Visualization of core genomic relationships among 100,000 bacterial pathogens. *Genome Research* (2018) <https://doi.org/10.1101/gr.232397.117>
- Yllä mainittuihin verkkosivuihin on viitattu 15.12.2021.*

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-499-6

ISSN PDF 2342-6799