



Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa. Hygienia- ja riskitutkimus (pilottihanke LIVAKE-2000)



**PUHDISTAMOLIETTEEN JA
LIETEVALMISTEIDEN KÄYTTÖ
MAATALOUDESSA.
HYGIENIA- JA RISKITUTKIMUS**

(pilottihanke LIVAKE-2000)

**Terhi Ali-Vehmas, Carl Henrik von Bonsdorff,
Tuula Honkanen-Buzalski, Marja-Liisa Hänninen, Koskinen Riitta, Niina Kupiainen,
Sinikka Marmo, Leena Maunula, Anna Pitkälä, Heikki Rainio,
Ruska Rimhanen-Finne, Päivi Ronni, Mirja Salkinoja-Salonen, Anja Siitonen,
Jyrki Tomminen, Jukka Tegel, Kaija Varimo, Arja Vuorinen**

**Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja
2/2001**

Julkaisun nimi: Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa.
Hygieni- ja riskitutkimus. Pilottihanke.

Julkaisija: Maa- ja metsätalousministeriö

Tekijät: Terhi Ali-Vehmas, Carl Henrik von Bonsdorff, Tuula Honkanen-Buzalski,
Marja-Liisa Hänninen, Riitta Koskinen, Niina Kupiainen, Sinikka Marmo,
Leena Maunula, Anna Pitkälä, Heikki Rainio, Ruska Rimhanen-Finne,
Päivi Ronni, Mirja Salkinoja-Salonen, Anja Siitonen, Jyrki Tomminen,
Jukka Tegel, Kaija Varimo, Arja Vuorinen

Kannen kuva: Heikki Ilaskivi / Kuvaliiteri

Sarja: MMM:n julkaisuja 2/2001

Paino: PrintLink, Helsinki 2001

ISSN 1238-2531

ISBN 952-453-029-5

Kuvailulehti

| | | | | |
|-------------------------------|--|---------------|--------|---------------|
| Julkaisija | Maa- ja metsätalousministeriö | Julkaisu-aika | 3/2001 | |
| Tekijä(t) | Terhi Ali-Vehmas, Carl Henrik von Bonsdorff, Tuula Honkanen-Buzalski, Marja-Liisa Hänninen, Riitta Koskinen, Niina Kupiainen, Sinikka Marmo, Leena Maunula, Anna Pitkälä, Heikki Rainio, Ruska Rimhanen-Finne, Päivi Ronni, Mirja Salkinoja-Salonen, Anja Siitonen, Jyrki Tomminen, Jukka Tegel, Kaija Varimo, Arja Vuorinen | | | |
| Julkaisun nimi | Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa. Hygienia- ja riskitutkimus. Pilottihanke. | | | |
| Tiivistelmä | <p>Raportoitavan pilottihankkeen tavoitteena oli kartoittaa, eläinten ja ihmisen sekä kasvien taudinaiheuttajien esiintymistä maatalous- ja viherrakentamiskäyttöön menevässä puhdistamolietteessä, stabiloidussa lietteessä, lietevalmisteissa. Tavoitteena oli myös kehittää laadunvalvontaan tarvittavia analyysimenetelmiä ja saada taustatietoa mahdollisille hallinnollisille päätöksille ja säädösten muutostyöhön.</p> <p><i>Giardia</i>- ja <i>Cryptosporidium</i>-alkueläinten, kalikivirusten, enterokokkien, salmonellojen, <i>Listeria monocytogenes</i>- ja <i>Escherichia coli</i> O157:H7-bakteerien sekä mykobakteerien esiintymistä kartoitettiin 12 puhdistamon lietteissä ja niistä tehdyissä erilaisissa ja eri-ikäisissä lietevalmisteissa. Lisäksi kartoitettiin peruna-ankeroisen esiintymistä perunateollisuuden lietteissä ja lietekomposteissa. Alkueläinten kestonmuotojen analysointiin puhdistamolietteistä kehitettiin projektin yhteydessä IMS-PCR-pohjainen menetelmä. Myös kalikivirusten ja mykobakteerien määrittäminen kehitettiin hankkeen yhteydessä.</p> <p>Tutkituissa lietteissä esiintyi puhdistamotyypistä riippumatta yleisesti tutkittuja taudinaiheuttajia, lukuun ottamatta <i>E.coli</i> O157:H7-bakteeria, jota ei lietteistä eikä lietevalmisteista tavattu. Lietteen stabilointi joko kalkkikäsittelyllä tai mädättämällä ei riittänyt tutkituilla puhdistamoilla tuhoamaan kartoitettuja taudinaiheuttajia lietteestä. Tutkimuksessa oli mukana kolme mädätystä käyttävää puhdistamo, niistä kahdesta ei salmonellaa eikä enterokokkeja tavattu, mutta alkueläinten kestonmuotoja sekä kalikivirusta löytyi edelleen. Tutkimuksessa mukana ollut kalkkistabilointilaitos osoittautui huonosti toimivaksi, taudinaiheuttajien määrä ei käsittelyssä vähentynyt, päinvastoin. Kompostointi mädätyksen jälkeisenä toimenpiteenä näytti riittävän kuudessa kuukaudessa tuhoamaan salmonellat, enterokokit ja listeriat. Samaan tulokseen päästiin tulosten mukaan joillakin puhdistamoilla pelkästään kompostoimalla, mutta joissakin tapauksissa listeriaa ja yhdessä tapauksessa myös kalikivirusta löytyi vielä kuudenkin kuukauden kompostoinnin jälkeen, vaikkei muita taudinaiheuttajia enää todettu. Komposteista ja lieteseoksista ei ollut mahdollista tutkia alkueläinten esiintymistä. Perunateollisuuden jätevesilietteistä ja lietekomposteista ei löytynyt peruna-ankeroisten kystia, mutta yhden tutkitun teollisuuslaitoksen lietenäytteistä (3 positiivista näytettä) löytyi <i>Heterodera</i>-suvun ankeroiden kystia. Tähän sukuun kuuluu mm. merkittävä sokerijuurikkaan tuholainen, juurikasankeroinen (<i>H. schachtii</i>).</p> <p>Kartoituksen tulokset osoittavat lietteiden ja lietevalmisteiden käyttöön maanviljelyssä sisältyvän riskin - sekä zoonoottisten taudinaiheuttajien osalta että kasvitautien osalta. Tässä hankkeessa toteutetussa laajuudessa ei aiemmin ole kartoitettu taudinaiheuttajia puhdistamolietteistä eikä niistä valmistetuista lietevalmisteista.</p> | | | |
| Asiasanat | Puhdistamoliete, mädätetty liete, lietekomposti, taudinaiheuttajat, hygienenisyys, <i>Cryptosporidium</i> , EHEC, enterokokki, <i>Giardia</i> , kalikivirus, listeria, mykobakteeri, peruna-ankeroinen, salmonella | | | |
| Julkaisusarjan nimi ja numero | MMM:n julkaisu 2/2001 | | | |
| Julkaisun teema | | | | |
| | ISSN | 1238-2531 | ISBN | 952-453-029-5 |
| | Sivuja | 32 | Kieli | Suomi |
| | Luottamuksellisuus | Julkinen | Hinta | |
| Julkaisun myynti / jakaja | Maa ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus (TIKE) | | | |
| Julkaisun kustantaja | Maa- ja metsätalousministeriö | | | |
| Painopaikka ja -aika | PrintLink Oy, Helsinki 2001 | | | |
| Muut tiedot | | | | |

ESIPUHE

Tämä tutkimus on saanut alkunsa Lietevalvonnan kehittämistyöryhmän (LIVAKE) aloitteesta v. 1998. Työryhmän muodostavat ympäristöministeriön (YM), Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), maa- ja metsätalousministeriön (MMM) sekä Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen (KTTK) edustajat. LIVAKE-työryhmän tavoitteena on ollut yhteistyössä edesauttaa puhdistamolietteiden hyötykäyttöön liittyvän kansallisen ja EU-tason lainsäädännön kehittämistä ja uudistamista sekä edesauttaa käytännön valvontatyön menetelmien kriteerien tarkistamista ja edelleen kehittämistä.

Hanke on toteutettu osittain MMM:n myöntämän apurahan (Dnro 4167/501/99) turvin ja osin virkatyönä.

Tutkimusaineisto on peräisin jätevedenpuhdistamoilta eri puolilta Suomea. Tutkimusryhmä haluaa tässä yhteydessä kiittää kaikkia mukana olleita laitoksia yhteistyöstä ja myönteisestä suhtautumisesta hankkeeseen. Kiitokset myös paikallisille ympäristökeskuksille heidän avustaan tutkimuksen koejäseniä valittaessa.

Helsingissä 24.1.2001

Tekijät

Tutkimusryhmä ja yhteistyötahot:

Prof. Mirja Salkinoja-Salonen, FT Terhi Ali-Vehmas, Riitta Koskinen

HY, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos

Prof. Carl Henrik von Bonsdorff, FL Leena Maunula, FK Niina Kupiainen

HY, Virologian laitos, Haartman Instituutti

Prof. Marja-Liisa Hänninen, ELL Ruska Rimhanen-Finne

HY, Elintarvike- ja ympäristöhygienian laitos

Prof. Tuula Honkanen-Buzalski, ELL Anna Pitkälä, EELA

Dos. Anja Siitonen, KTL, Suolistobakteriologian laboratorio

Ylitarkastaja Päivi Ronni, ylitarkastaja Jyrki Tomminen, laboratoriopäällikkö Jukka Tegel, KTTK, KSO

Johtaja Kaija Varimo, ylitarkastaja Arja Vuorinen, ylitarkastaja Heikki Rainio, mikrobiologi Sinikka Marmo, KTTK/MKO

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|-----------|
| ESIPUHE | 5 |
| 1. TAUSTA | 9 |
| 2. TAVOITE | 14 |
| 3. MATERIAALI JA MENETELMÄT | 15 |
| 3.1. Koejäsenet | 15 |
| 3.2. Näytteiden otto ja käsittely | 15 |
| 3.3. Analyysimenetelmät | 16 |
| 3.4. Työnjako näytteiden analysoinnissa | 16 |
| 4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU | 17 |
| 4.1. Menetelmien kehittäminen | 17 |
| 4.2. Taudinaiheuttajien esiintyminen lietteissä ja lietevalmisteissa | 17 |
| 4.3. Peruna-ankeroisten esiintyminen lietteessä ja kompostissa | 19 |
| 4.4. Tulosten arviointi | 20 |
| 5. YHTEENVETO | 21 |
| 6. VIITELUETTELO | 22 |
| Liitteet | 24 |

1. TAUSTA

Suomessa toimii tällä hetkellä (1999) n. 540 jätevedenpuhdistamoita, jotka tuottavat vuosittain n. miljoona kuutiota puhdistamolietettä – kuiva-aineena arviolta 150 000 tn. Puhdistamoprosesseissa muodostuvalla lietteellä, ns. raakalietteellä tarkoitetaan tiivistyksen jälkeen tulevaa erilaista alkuperää olevaa, kuiva-aineeltaan keskimäärin 4-5%, sekalietettä. Raakalietteestä työstetään erilaisia lietevalmisteita:

- 1) stabiloinnilla, jolla pyritään vähentämään lietteen biologista aktiivisuutta ja hygieenisoimaan liete. Stabilointi voidaan tehdä joko mädättämällä tai kalkitseamalla.
- 2) veden poistolla, jolla pyritään lietteen (raa'an, mädätetyn tai kalkkistabiloidun) kuiva-ainepitoisuutta nostamaan 20-40%.
- 3) seostamalla, millä tarkoitetaan lietteen sekoittamista seosaineeseen, yleensä turpeeseen.
- 4) kompostoimalla, jolla pyritään sekä stabiloimaan liete että tuottamaan maatalouskäyttöön sellaisenaan maanparannusaineeksi kelpavaa kompostia tai kivennäismaahan ja/tai turpeeseen sekoitettuna kompostimultaa.

Puhdistamolietteen kokonaismäärä pysynee Suomessa lähivuosina muuttumattomana (Puolanne 1997), mutta syntyvän lietteen laadussa tapahtuu muutoksia käsittelytapojen ja -menetelmien kehittyessä. Esimerkiksi lietteen stabilointikeinoina mädätys ja reaktorikompostointi ovat yleistymässä, kun taas kalkkistabilointi on vähenemässä. Puhdistamolietteen käytön ja loppusijoituksen mahdollisuuksia ja ongelmia on selvitetty vastavalmistuneessa opinnäytetyössä ”Puhdistamolietteen hyödyntämis- ja loppusijoitusvaihtoehdot sekä niiden vertailu” (Paatero, 2000).

Nestemäisen lietteen loppusijoittaminen kaatopaikoille kielletään 1.1.2002. Tällöin paineet lietteen maatalouskäyttöön todennäköisesti

lisääntyvät, vaikka puhdistamolietteen välillisiä tai välittömiä tautiriskejä ei riittävästi tunnetakaan ja vaikka maatalouden ympäristötukiehtojen fosforin levitysrajoitus (15 kg P/ha/v) ja nitraattidirektiivi osaltaan rajoittavat lietteen maatalouskäyttöä. Puhdistamolietteestä käytettiin Suomessa v. 1994 n. 60% stabiloituna, kompostoituna tai sellaisenaan turpeeseen seostettuna maataloudessa ja viherrakentamisessa (YM 1995, Valtakunnallinen jätesuunnitelma). Lietteiden –mädätettyjen ja kalkkistabiloitujen - sekä niistä valmistettujen lieteseosten käytön valvonta on tällä hetkellä Valtioneuvoston päätöksen (282/94) perusteella ympäristöministeriön (YM) hallinnon alla, mutta lannoitelaila (232/93) maa- ja metsätalousministeriön (MMM) hallinnon alla valvotaan lietekompostien ja niistä valmistettujen kompostimultien maatalouskäyttöä. Valvonnan jakaantuminen kahden eri ministeriön hallintoalojen piiriin on hämmentävää, koska kompostoimatonta lietettä käytetään maataloudessa lannoitevalmisteen tapaan samoin kuin kompostoitunakin.

Lisääntyvä lietteiden käyttö maataloudessa ja viherrakentamisessa lisää myös hygieniariskien todennäköisyyttä. Tästä riskistä on vähän käytännön tietoa saatavissa (WRc Ref CO4935, 2000; Christensen ym. 1999). Potentiaalisia riskejä lietteissä ovat erilaiset ihmisille, eläimille tai kasveille tauteja aiheuttavat mikrobit eli pieneliöt. Nämä virukset, bakteerit, sienet, loismadot ja alkueläimet voivat aiheuttaa esim. ihmiselle monenlaisia tartuntatauteja, joista osa voi olla hyvin vakavia, jopa hengenvaarallisia. Lietteeseen näitä taudinaiheuttajia joutuu mm. ihmisten ja eläinten ulosteista, ja lietteen välityksellä ne voivat kulkeutua pellolla tuotettuihin elintarvikkeisiin ja rehuihin, laiduntaviin eläimiin ja esimerkiksi sateiden mukana pinta- ja pohjavesiin. Elintarvikeketjussa tämä lisää ihmisiin kohdistuvia tautiriskejä. Taudinaiheuttajia sisältävän kompostin käsittely kompostointikentällä ja levittäminen voi myös

muodostaa työturvallisuusriskin. Lietteiden ja lietevalmisteiden potentiaalisen hygieniariskin arvellaankin lisääntyvän sitä mukaa, kun matkailu lisääntyy ja elintarvikekauppa kansainvälistyy.

Lietekompostien ja kompostimultien laadunvalvonnan yhteydessä tuotteiden hygieenisyyttä seurataan indikaattoribakteereja (salmonellat ja enterokokit) analysoimalla. EU:n teettämässä lietteiden hygienisointia tarkastelevassa kirjallisuus selvityksessä (WRc Ref:CO4935; 2000) esitetään meillä käytössä olevien indikaattoriryhmien lisäksi *E.coli*- ja *Clostridium perfringens*-bakteereiden määrittämistä lietteistä ja lietevalmisteista. Lietteiden hygieenisyyttä ei valvota Suomessa, eikä myöskään esim. Ruotsissa (Albihn, 1999), tosin VNp 282/94 §4 edellyttää lietteiden käsittelyä ennen maatalouskäyttöä siten, että lietteessä olevien taudinaiheuttajien määrää on merkittävästi vähennetty.

Puhdistamolietteissä mahdollisesti esiintyvistä taudinaiheuttajista tässä raportoitavaan tutkimushankkeeseen valittiin kartoitettavaksi alla mainitut eliöryhmät. Ne ovat ns. zoonoottisia taudinaiheuttajia, ts. ne voivat tarttua eläimestä ihmiseen ja päinvastoin. Kasvitautien aiheuttajista kartoitukseen valittiin perunan rengasmädät sekä peruna-ankeroinen, joiden esiintymistä oli tarkoitus selvittää perunatehtaiden jätevesistä ja lietevalmisteista.

Cryptosporidium- ja Giardia-alkueläimet; *Cryptosporidium parvum* ja *Giardia duodenalis* (*G. lamblia*) alkueläimet muodostavat ympäristössä kestäviä, infektiivisiä muotoja ookystia (*Cryptosporidium*) ja kystia (*Giardia*). Potilas erittää sairautensa aikana (viikko – kuukausia) n. 1 milj – 1000 milj. ookystaa/kystaa/g ulostetta. Infektioannos on pieni: muutamia kymmeniä ookystia/kystia. Pohjola (1986) selvitti kryptosporidien esiintymistä suomalaisissa suolistoinfektioita sairastavissa potilaissa ja löysi n. 2%:ssa näytteistä *Cryptosporidiumin*. Terveistä suomalaisista alle 2%:lla löytyy ulosteesta *Giardia* (Mattila ym. 1992, Keskimäki ym. 2000). Sen sijaan kryptosporidien esiintymistä

väestössä ei tunneta. Suomalaiset saavat tartunnan joko kotimaassa (endeemiset tartunnat) tai ulkomailla.

Kalikivirukset ovat ehkä yleisin ripulien aiheuttajavirusten ryhmä. Eri kalikiviruksia tiedetään jo nyt löytyvän varsin runsaasti. Ihmisen kalikivirukset jaetaan kahteen sukuun: Sapporon-kaltaiset ja Norwalkin-kaltaiset. Varsin lyhyessä ajassa Norwalkin-kaltaiset kalikivirukset ovat maailmanlaajuisesti osoittautuneet keskeisiksi vesi- ja ruokavälitteisten ripuliepidemioiden aiheuttajiksi. Lähes kahden vuoden tehostetussa ruokamyrkytysseurannassa on virologisiin tutkimuksiin maassamme saatu näytteitä kaikkiaan n. sadasta epidemiasta. Joukossa on myös 11 sairaalaepidemiaa, joissa epäiltyä tartuntalähdettä ei ole mainittu. Näytteet on tutkittu elektronimikroskopiolla sekä astro- ja kaliki (Norwalkin-kaltaiset)virukset PCR:llä. Lukuun ottamatta yhtä astrovirusepidemiaa on kalikivirus löytynyt yli puolessa epidemioista. Mikä tekee kalikiviruksesta ylivoimaisen? Eräs tärkeä tekijä on kalikivirusten moninaisuus. Tällä hetkellä ei osata vielä antaa nimeä eri viruksille, mutta erot genomien emäsjärjestyksessä osoittavat selvästi, että viruksia on suuri määrä. Kalikiviruserosektio antaa lisäksi erittäin lyhytkestoisen immunitetin - vain noin 6 kk. Kun tähän lisätään viruksen runsas erittyminen ulosteeseen, sen erittäin suuri lämmön kestävyys (60°C, 60 min) ja laaja pH:n sietoalue (pH 2.0 - 9.0), voidaan kalikivirusten runsas esiintyminen ymmärtää. Näiden ominaisuuksiensa johdosta kalikivirusten arveltiin myös soveltuvan erinomaisesti tässä tutkimuksessa käytettäväksi malliviruksina.

Enterokokit kuuluvat ihmisen suolen normaali-fooraan. Ne ovat tyypillisiä opportunistisia taudinaiheuttajia. Niiden taudinaiheuttamiskyky on terveelle ihmiselle pieni, mutta ne voivat aiheuttaa vakavan yleisinfektion henkilöllä, jonka vastustuskyky on alentunut esim. kroonisen sairauden vuoksi. Enterokokkeja on toistakymmentä lajia, joista ihmisellä yleisimmät ovat *Enterococcus faecalis* (85-90%) ja *E. faecium* (10-15%). Antibioottien suhteen enterokokit ovat luon-

nostaan melko herkkiä ampisilliinille ja sen johdannaisille sekä glykopeptidiantibiooteille, kuten vankomysiinille ja teikoplaniinille. *E. faecium*-kannoissa ampisilliini-resistenssi on kuitenkin viime vuosina lisääntynyt (VRE asiantijatyöryhmä 1997). Avoparsiinia, joka on myös glykopeptidiantibiootti, on Euroopassa pitkään käytetty eläinten rehun lisäaineena. Eurooppalaisten tuotantoeläinten suolistossa on todettu vankomysiinille resistenttejä enterokokkikantoja ja on mahdollista, että ihmisiltä todetut tälle antibiootille herkät kannat ovat olleet peräisin eläimistä, joita on ruokittu avoparsiinipitoisilla rehuilla (VRE asiantijatyöryhmän suositus 1997). Enterokkien vankomysiiniresistenssi on, kuten monet muutkin antibioottiresistenssit, plasmidivälitteinen ominaisuus, joka siirtyy bakteerista toiseen helposti ja nopeasti – jopa bakteerisuvusta toiseen. Suomessa vankomysiinille resistentit enterokokkikannat (VRE) ovat vielä harvinaisia.

Enterokokkeja käytetään yleisesti indikoimaan ulosteperäistä saastuntaa elintarvike- ja vesihygieniasa. Kompostin tilaa arvioitaessa, enterokokkien määrän jäämistä alle 5000 pmy/g, pidetään yhtenä käyttökelpoisista hygieenisyyden kriteereistä (Kompostityöryhmän mietintö 1992).

Salmonella-bakteerit voivat aiheuttaa ihmiselle yleisvaarallisen tartuntataudin eli salmonelloosin. Ne eivät kuulu ihmisen eikä tasalämpöisten eläinten suoliston normaaliin mikrobistoon, mutta niitä esiintyy yleisesti jätevesissä. Niiden aiheuttama tauti ilmenee useimmiten eriateisena suolistoinfektiona, mutta ne voivat aiheuttaa myös vakavia yleisinfektioita. Lisäksi keskimäärin 10% suomalaisista saa jälkitautilta ns. reaktiivisen nivel-tulehduksen (Mattila ym. 1994, 1998). Salmonelat voidaan jakaa antigeenisten ominaisuuksiensa perusteella yli 2400 eri serotyyppiin, jotka eroavat toisistaan myös taudinaiheuttamiskyvyltään. Vuosittain Suomessa todetaan noin 3000 uutta salmonelloositapausta, joista yli kahdessa kolmasosassa tartunta on saatu ulkomaan matkalla. Lisäksi maassamme esiintyy nykyään lähes

vuosittain sellaisten salmonellojen aiheuttamia epidemioita, joiden aiheuttajaa ei ole tavattu kotimaisissa tuotantoeläimissä (Zoonoosit Suomessa 1995-1997).

Listeria –bakteereita esiintyy yleisesti mm. maaperässä, kasveissa ja jätevesissä. *Listeria monocytogenes*-bakteerin aiheuttamaa listerioosia tavataan sekä ihmisissä että eläimissä. Suomessa diagnosoidaan vuosittain listerioosi noin 30–50 ihmisellä. Tavallisesti sairastuneilla on jokin vastustuskykyä heikentävä sairaus tai lääkitys. Infektiot ovat usein henkeä uhkaavia. Ajoittaista oireetonta listerian kantajuutta voi esiintyä 2-6%:lla ihmisistä. Eläimillä listeria aiheuttaa vaihtelevia taudinkuvia, ja eri eläinlajien herkkyys sairastua vaihtelee. Huonolaatuista säilörehua pidetään tärkeimpänä tartunnan lähteenä tuotantoeläimillä. Listeria säilyy lannassa ja maaperässä jopa vuosia, ja voi ympäristön kautta kulkeutua elintarvikeketjuun.

Enterohemorragiset *Escherichia coli* – eli EHEC-bakteerit ovat ryhmä kolibakteereita, jotka voivat aiheuttaa ihmiselle verisen paksunsuolentulehduksen. Noin 10%:lla sairastuneista tauti johtaa hyvin vakaviin jälkitauteihin. EHEC-bakteerien infektiivinen annos on pieni, jopa vain 10 solua. Taudin levittäjinä ovat toimineet mm. lihatuotteet ja kasvikset. Tunnetuin ryhmän bakteereista kuuluu serotyyppiin O157:H7. Se joutuu ympäristöön tavallisimmin terveiden erittäjäeläinten ulosteiden kautta, mutta myös ihminen voi toimia erittäjänä. *E. coli* O157-bakteerilla on kyky säilyä maaperässä, vedessä ja lannassa (Wang ym. 1996), mutta sen säilymistä puhdistamolietteisissä ei tunneta. Merkittävin tartuntojen lähde on nautakarja.

Mykobakteerit ovat yleisiä maaperän bakteereita, joista monet ovat opportunistisia ihmis- tai eläinpatogeneja. Myös apatogeenisina pidetyt kannat ovat yleistyneet jyrkästi 1980 luvulta lähtien Suomessa ihmisten kliinisissä näytteissä. Ne voivat aiheuttaa tuberkuloosia muistuttavan taudin varsinkin heikkokuntoisille ihmisille. Mykobakteerit pystyvät lisääntymään luonnon

vesissä ja maaperässä tautia aiheuttavina. Suomalaisista luonnonnäytteistä on eristetty useita mykobakteerilajeja. Näistä 10% kuuluu lajeihin, joita on löydetty myös ihmisistä. Maaperän ja vesistöjen – todennäköisesti myös puhdistamolietteidensä - potentiaalisesti patogeenisimmat lajit ovat *M. avium-intracellulare-scrofulaceum*-kompleksi ja *M. malmoence*.

Peruna-ankeroiset ovat sukkulamatoihin (Nematoda) kuuluvia perunalla eläviä tuholaisia (Baldwin & Mundo-Ocampo 1991). Niitä on kaksi lajia: keltaperuna-ankeroinen (*Globodera rostochiensis*) ja valkoperuna-ankeroinen (*G. pallida*). Suomessa keltaperuna-ankeroinen on yleinen ja esiintymät paikoin runsaita maan eteläosissa, kuitenkin tärkeät siemenperunan tuotantoalueet Länsi-Suomessa ovat käytännössä puhtaita alueita tämän ankeroinen suhteen. Suomesta ei perunapelloilta ole valkoperuna-ankeroista löydetty, vaikka tätä tavataan kaikissa muissa EU-maissa Tanskaa lukuun ottamatta. Valkoperuna-ankeroisen esiintymät EU-maissa ovat kuitenkin selvästi paikallisempia verrattuna keltaperuna-ankeroisen esiintymiseen.

Peruna-ankeroiset kehittyvät perunan juurisolu-kossa, jossa ne imevät soluista ravintoa itselleen. Naarasankeroisen ruumiin takaosa pullistuu vähitellen juuren ulkopuolelle niin, että lopulta ainoastaan pää jää juuren sisälle. Pullistuneeseen takaruumiiseen kehitty koiraan kanssa parittelun jälkeen n. 500 munaa. Tästä pullistumasta kehitty naaraan kuoltua ruskea, pallomainen munasäiliö, kysta (Ø n. 1 mm), jossa munat voivat säilyä elinkykyisinä vuosia. Toukat murtautuvat ulos kystistä alkukesällä perunan juurista erittyvien aineiden houkuttelemina. Suomessa ehtii ankeroinesta kehittyä kasvukauden aikana yksi sukupolvi. Juurten sisällä eläessään ankeroiniset estävät veden ja ravinteiden kulkua juuren solukoissa. Kasvit jäävät pienikokoisiksi ja usein kellastuvat. Perunan juuret jäävät lyhyiksi ja saattavat haaroittua voimakkaasti. Mukuloita tulee vähän ja ne jäävät pienikokoisiksi. Kasvustossa saastuminen näkyy vuosittain laajenevina heikkokasvuisina laikkuina.

Peruna-ankeroista tavataan Euroopan lisäksi kaikissa muissa maanosissa. Se leviää siemenperunan mukana, maa-aineksessa, taimien, juurikkaiden ja sipulien mukana, työväliseissä, jalkineissa, käytetyissä säkeissä, laatikoissa ja muissa kuljetusastioissa. Parhaiten leviäminen estetään käyttämällä tervettä siemenperunaa sekä huolehtimalla, että viljelyssä käytettävät koneet ja laitteet on puhdistettu perusteellisesti ja höyrypesty, mikäli niitä on käytetty tilan ulkopuolella tai niillä on käsitelty muiden tuottajien satoa.

Perunan vaalea (*Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus*) ja **tumma rengasmätä** (*Ralstonia solanacearum*) ovat perunan bakteeritauteja. Vaaleaa rengasmätää esiintyy Suomen ruokaperunatiloilla, mutta tummaa rengasmätää ei toistaiseksi ole tavattu. Rengasmätäbakteereja voi kulkeutua saastuneita perunoita käsittelevistä teollisuuslaitoksista perunan pesuvesien ja prosessoinnissa syntyvien jätteiden mukana viljelysmaille ja vesistöihin. Näin on tumma rengasmätä todennäköisesti levinnyt muutamissa EU:n jäsenmaissa. Jätevesien ja jätteiden mukana voi rengasmädän lisäksi levitä myös mm. soke-rijuurikkaan ritsomania (virustauti), peruna-ankeroiset ja perunasäyö (sienitauti).

Rengasmädän säilymistä ja tuhoutumista teollisuuden prosesseissa ja jätevesissä ei tunneta riittävästi, koska tautia aiheuttavien bakteerien toteaminen ja tunnistaminen on vaikeaa mm. jätteistä ja komposteista. Leviämiskäynnin vaikuttaa mm. kuinka perunoita käsitellään prosessoinnin aikana, minne pesuvedet johdetaan ja miten syntyneitä jätteitä puolestaan käsitellään.

EU:ssa on käynnistynyt tutkimushankkeita, joissa selvitetään vaalean (Anon. 1999) ja tumman rengasmädän (Anon. 1998) säilymistä maassa, vedessä, rikkakasveissa, jätteissä jne. Näissä hankkeissa kehitetään mm. rengasmätäbakteerien toteamismenetelmiä em. kohteista. Suomi osallistuu vaalean rengasmädän tutkimukseen. Valmistuvat tutkimustulokset ovat hyödynnettävissä arvioitaessa jätteiden ja jätevesien kasvitautesriskejä

ja ryhdyttäessä mahdollisesti kartoittamaan rengasmädän esiintymistä kotimaan perunateollisuuden jätteissä.

Edellä kuvattujen taudinaiheuttajien kartoittamista ja sen kautta puhdistamolietteiden mahdollisia hygieniariskejä arvioimaan käynnistettiin MMM:n rahoituksella tässä raportoitava pilottiprojekti ”Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa. Hygienia- ja riskitutkimus”. Tässä pilottiprojektissa KTTK:n Kasvinsuojeluosasto otti näytteitä pelkästään peruna-ankeroisten tutkimiseksi.

2. TAVOITE

Pilottihankkeen tavoitteena oli kartoittaa, missä määrin eläinten ja ihmisen sekä kasvien taudinaiheuttajia esiintyy maatalous- ja viherrakentamiskäyttöön menevässä puhdistamolietteessä, stabiloidussa lietteessä, lietevalmisteissa ja lietekomposteissa. Lisäksi tavoitteena oli kehittää laadunvalvontaan tarvittavia analyysimenetelmiä ja saada taustatietoa mahdollisille hallinnollisille päätöksille ja säädösten muutostyöhön. Tutkimuksesta valmistuvan raportin tavoitteena oli toimia LIVAKE-työryhmälle apuna lietteen käsittelyn vastuualueiden tarkistustyössä sekä lannoitelain ja valvontajärjestelmien uudistamisessa.

3. MATERIAALI JA MENETELMÄT

3.1. Koejäsenet

Tutkimukseen valittiin alueellisille ympäristöviranomaisille tehdyn kyselyn pohjalta kaksitoista (I-XII, Taulukko 1) puhdistamoita eri puolilta Suomea, pohjoisin koejäsen oli Pohjois-Karjalasta. Jäteveden puhdistusprosessina koejäsenissä oli ns. rinnakkaissaostus, jonka toteuttamistavan perusteella puhdistamot voitiin jakaa kahteen ryhmään 1) biologis-kemiallinen typen ja fosforin poisto (I-VII) ja 2) kemiallis-biologinen fosforin poisto (VIII-XII). Kolmessa laitoksessa puhdistamoliete stabiloitiin mädättämällä (II-IV) ja yhdessä kalkkistabiloimalla (VIII). Joillakin puhdistamoilla liete luovutettiin peltoviljelyyn sellaisenaan veden poiston jälkeen (IX), heti turpeeseen seostettuna (I ja X) tai turpeeseen seostettuna kolmen kuukauden seisotuksen jälkeen (X). Kompostointia käytettiin lietteen tuotteistamiseen joko raakana veden poiston jälkeen (V-VII, XI ja XII) tai mädättämisen ja kuivauksen jälkeen (III ja IV). Yhdellä puhdistamolla (II) mädätetty, kuivattu liete kasattiin mataliin aumoihin ja sen annettiin ”vanhentua” kaksi vuotta ennen luovuttamista peltokäyttöön.

3.2. Näytteiden otto ja käsittely

Puhdistamoilta otettiin tarkistetun näytteenottosuunnitelman mukaisesti kolme rinnakkaisnäytettä raa’asta käsittelemättömästä (10 l kokoomaerä, joka jaettiin heti viiteen litran erään) ja samalla turpeeseen imeytetystä lietteestä (20 l; jaettu viideksi kolmen litran eräksi). Vastaavasta lietteestä otettiin stabiloinnin (mädätyksen

tai kalkkistabiloinnin; viipymät n. 14-20 vrk) jälkeen näytteet huhti-toukokuussa (Taulukko 1, Liitteessä). Kompostoinnin, seisotuksen tai vanhentamisen jälkeen näytteitä on otettu 3 kk ikäisistä lietteistä sekä loka-marraskuun vaihteessa vielä 6 kk:n ikäisistä komposteista (20 l kokoomanäyte, jaettu viideksi kolmen litran eräksi). Näytteet on säilytetty jääkapissa ennen analysointia. Näytteiden otossa noudatettiin KTTK:n näytteidenottoon annettuja ohjeita. KTTK huolehti näytteiden otosta sekä niiden edelleen toimittamisesta muille yhteistyötahoille. Tavoitteena oli saada samasta liete-erästä eri vaiheissa näytteet, mutta tämä tuotti käytännön ongelmia, eikä toteutunut ainakaan koejäsenten II ja VII osalta.

Raakalietteiden ja stabiloitujen lietteiden kuiva-ainepitoisuudet (Taulukko 1 Liitteessä) ovat puhdistamoilta saatuja taustatietoja. Näytteiden pH on mitattu KTTK/MKO:ssa (Taulukko 2 Liitteessä). Kuuden kuukauden ikäisistä komposteista on lisäksi mitattu johtokyky, kuiva-aine- ja tuhkapitoisuus standardimenetelmin

Peruna-ankeroisen kartoittamiseksi kerättiin näytteitä valvontakäyntien yhteydessä perunateollisuuslaitosten jätevesilietteistä ja komposteista. Näytteitä kertyi yhteensä 23 (Taulukko alla), ja ne olivat peräisin kolmelta eri laitokselta. Maanäytelinkoanalyysijä näytteistä tehtiin yhteensä 72.

Taulukko. Perunateollisuuslaitoksilta kerätyt peruna-ankeroisnäytteet.

| Laitos | Näytelukumäärä | Analyysimäärä | Näytteen laatu |
|----------|----------------|---------------|--------------------------------|
| A | 6 | 23 | Turvemaata ¹ |
| B | 8 | 26 | Käsittelyjätteitä ² |
| C | 9 | 23 | Kivennäismaata ³ |
| YHTEENSÄ | 23 | 72 | |

¹Osa näytteistä rumpukompostoitui, vanhin näyte 1,5 v.

²Puhdistamolietettä ja/tai tehtaalta kerättyä peruna- ja maaperäistä jätettä (ikä 0-4 v.)

³Osa näytteistä perunankuoria ja mädäntynyttä jätettä

3.3. Analyysimenetelmät

Cryptosporidium- ja *Giardia*-alkueläinten määrät lietteestä tutkittiin tämän hankkeen yhteydessä kehitellyllä menetelmällä. Se perustuu immunomagneettiseen alkueläinten kystien/ookystien erotteluun lietteestä, minkä jälkeen kystat/ookystat hajotettiin ja vapautunut DNA puhdistettiin. Näytteet analysoitiin PCR:llä (*Giardia*, alukepari MAH ja GDH ja *Cryptosporidium* yksi alukepari). Tulokset varmistettiin spesifisillä DNA koettimilla (Rihmanen-Finne ym. 2001).

Kalikivirusten esiintyminen lietteissä ja lietevalmisteissa tutkittiin PCR-tekniikalla.

Enterokokit tutkittiin näytteistä KTTK/MKO:n menetelmällä M75701, joka perustuu NMKL:n menetelmään no 68, 1992. Kantojen antibioottiresistenssi määritettiin MKO:n menetelmällä M78501, joka perustuu suomalaisen mikrobiolääkeresistenssin tutkimusryhmän – Finnish Study group for Antimicrobial Resistance (FiRe) standardiin. Testaukseen otettiin kustakin positiivisesta näytteestä viisi enterokokkikantaa.

Salmonellat tutkittiin liete- ja kompostinäytteistä MKO:n menetelmällä M76101, joka perustuu ISO:n standardiin 6579, 1993. Näytteistä todetut *S. Typhimurium*- ja *S. Enteritidis*-kannat faagityypitettiin KTL:ssä (KTL/STYM03, KTL/SENT03). Taulukko 2 tähdellä merkittyjen salmonellakantojen serotyypitys on vahvistettu KTL:ssä (KTL/SALM0).

Listeria monocytogenes-bakteerin osoittaminen näytteistä tehtiin standardimenetelmän ISO 11290-1:1996 muunnoksella (EELA 3463) ja *Escherichia coli* O157:H7-bakteerin osoittaminen ISO/DIS 16654:1999 muunnoksella (EELA 3414).

Mykobakteerit määritettiin esikäsittelemällä kompostinäyte kuten Iivanainen et al. (1995), alustana Mycobacterium-1- ja 2- elatusaineputkia

(Orion Diagnostica, Espoo). Tunnistamista lajilleen yritettiin rasvahappoanalyysin ja ribotyypin (Koskinen ym.2000, 2001).

Peruna-ankeroisten kystien erotteluun kompostinäytteistä käytettiin Meku GmbH Erich Pollähne maanäytelinkoa (Soil Sample Extractor). Linko toimii nk. Seinhorst-menetelmällä (vrt. Fenwick-kannut) (Seinhorst 1964). Kunkin näytteen linkouksen tuottama materiaali, jossa mm. mahdolliset kystat ovat, tutkittiin mikroskopoimalla.

3.4. Työnjako näytteiden analysoinnissa

HY/ Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos: Mykobakteerien analysointimenetelmien kehittäminen liete- ja kompostinäytteille, mykobakteerien analysointi ja mahdollinen tunnistaminen.

HY/ Virologian laitos: Kalikivirusten analysointimenetelmien kehittäminen liete- ja kompostinäytteille, kalikivirusten analysointi näytteistä.

HY/ Elintarvike- ja ympäristöhygienian laitos: *Cryptosporidium*- ja *Giardia*-alkueläinten analysointi ja menetelmien kehittäminen liete- ja kompostinäytteille

EELA: *Listeria monocytogenes*- ja *Escherichia coli* O157-bakteerien analysointi.

KTL: Salmonellojen faagityypitys, ja osin serotyypitys

KTTK/KSO: Peruna-ankeroisten tutkiminen perunateollisuuden jätevesistä ja komposteista

KTTK/MKO: Salmonellojen- ja enterokokkien määrittäminen, antibioottiherkkyys ja serotyypitys. Näytteiden haku, esikäsitteleminen ja perusanalysointi.

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Menetelmien kehittäminen

Kevään ja kesän 2000 aikana projektin yhteydessä kehitettiin ja kokeiltiin lietteille ja liete-valmisteille (mm. komposteille) soveltuvia menetelmiä. Etenkin kompostien analysoinnissa ilmeni vaikeuksia ja menetelmien lisäkehittelyyn on edelleen tarvetta.

Alkueläinten osalta käytettävissä ei ollut menetelmiä, joten projektin aikana kehitettiin IMS-PCR-pohjainen menetelmä *G. duodenalisen* ja *C. parvumin* toteamiseen jätevesilietteestä. Menetelmän herkkyys on n. 600 kystaa ja n. 100 ookystaa grammaa lietettä kohti (Huom. infektioraja 1 kpl). Siitä huolimatta *Giardia*-alkueläimiä todettiin kahdeksan jätevedenpuhdistamon lietenäytteissä (8/12) ja kryptosporideja todettiin kolmen jätevedenpuhdistamon näytteissä. (3/12). Tulokset on varmistettu hybridisoimalla PCR tuotteet spesifisillä koettimilla. Menetelmää ei ole saatu useista eri kokeiluista huolimatta toistaiseksi toimimaan kompostoiduille näytteille.

Lietteiden osalta analyysimenetelmästä on valmistunut käsikirjoitus: Rihmanen-Finne R., Ronkainen P. and Hänninen M.-L.: ”Simultaneous detection of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia intestinalis* from sewage sludge by IC-PCR”, joka on lähetetty alan tieteelliseen lehteen joulukuussa 2000 hyväksyttäväksi.

Kalikivirusten analysointiin pilottihankkeessa käytettiin oletetusti toimivalla näytteen käsittely- ja testausmenetelmällä (menetelmän soveltuvuus varmistetaan tutkimuksen seuraavassa vaiheessa). Samoin **Mykobakteerien** analysointimenetelmiä on projektin aikana kehitelty, samoin eristettyjen kantojen tunnistamista lajilleen (Koskinen ym. 2001).

4.2. Taudinaiheuttajien esiintyminen lietteissä ja lietevalmisteissa

Pilottihankkeen tähän mennessä valmistuneet tulokset on koottuina paikkakunnittain (I-XII) Taulukkoon 2 ja 3 (Liite).

Cryptosporidium-alkueläimiä todettiin neljän jätevedenpuhdistamon (I, II, VI ja VIII) raakalietteistä ja *Giardia*-alkueläimiä seitsemän (II, IV, V, VI, IX, X ja XII), alkueläimiä löytyi myös kalkkistabiloidusta sekä kaikista mädätetyistä lietteistä. Turvelieteseoksista ja komposteista tiedot puuttuvat, koska vielä tämän pilottihankkeen aikana saatu kehiteltyä kiinteille näytteille soveltuvaa menetelmää.

Kalikiviruksia todettiin niin ikään yli puolesta tutkituista raakalietteistä (I, III, V, VI, VII) sekä kalkkistabiloidusta lietteestä että mädätetystä lietteestä. Myös kolme kuukautta vanhoista komposteista (IV, IX ja XI) ja jopa yhdestä kuusi kuukautta vanhasta (VII) ja kaksi vuotta vanhentusta lietteestä (II) kalikivirusta todettiin.

Suomessa on viimeisen 20 vuoden aikana todettu noin 40 juomaveden välityksellä levinnyttä epidemiaa. Niissä on sairastunut yhteensä yli 20 000 henkilöä. Suurin osa epidemioista on aiheutunut viemäri- ja/tai pintaveden saastuttamasta pohjavedestä. Kalikivirus on viime vuosina osoittautunut merkittävimmäksi näiden epidemioiden aiheuttajaksi. Toisaalta kuitenkin on huomattava, että *Giardia*- ja *Cryptosporidium*-alkueläimiä ei aiemmissa epidemioissa ole edes tutkittu. Kyseiset parasiitit ovat muissa maissa aiheuttaneet laajoja juomaveden välityksellä levinneitä epidemioita. Onkin varsin oletettavaa, että myös Suomessa ne ovat aiheuttaneet osan vesiepidemioista, mutta jääneet tutkimusten puutteessa toteamatta.

Enterokokkien määrä vaihteli näytteissä alle kymmenestä 200 000:een pmy/g. Lietteen seostaminen turpeen kanssa (I) ei vaikuttanut näytteistä todettujen enterokokkien määrään. Lietteen stabilointimenetelmistä kalkkistabilointi (VIII) ei vähentänyt enterokokkien määrää. Määdätetyissä (II-IV) lietteissä sen sijaan niiden määrä jäi alle määritystarkkuuden, ja pysyivät alhaisina määdätetyn lietteen kompostoinnin ja vanhentamisen aikana. Kompostointi raakalietteen käsittelymenetelmänä vaikutti enterokkien määrää vähentävästi kahdessa koejäsenessä (VII ja XII), mutta vaikutti päinvastoin kolmessa koejäsenessä (V, VI ja IX).

Antibioottiresistenssin testaukseen otettiin jokaisesta näytteestä, missä esiintyi enterokkeja, viisi enterokokkikantaa tutkittavaksi. Kaikki testattaviksi valitut enterokokkikannat olivat ampicilliiniherkkiä, lukuun ottamatta puhdistamon I raakalietteestä eristettyä yhtä kantaa. Vankomysiinille resistenttejä kantoja löytyi kolmesta testatusta näytteestä (puhdistamoilta V, XI ja XII; Taulukko 2 Liitteessä). Lisäksi yhdeksässä näytteessä todettiin ns. intermediateresistenttejä kantoja, jotka eivät ole selkeästi herkkiä tai resistenttejä vankomysiinille. Resistentit kannat todettiin kompostoiduista näytteistä.

Salmonella todettiin kaikista raakalietteistä yhtä lukuun ottamatta (VIII). Määdätetyistä lietteistä 1/3 löytyi salmonellaa (II) samoin kalkkistabiloidusta lietteestä (VIII) ja turvelieteseoksista (I ja X), jopa kolmen kuukauden seisottamisen jälkeenkin (X). Kolme kuukautta vanhoista komposteista ei salmonellaa kuitenkaan löytynyt, eikä myöskään kuuden kuukauden ikäisistä komposteista.

Todettujen salmonellatyyppien kirjo oli näytteissä huomattava: 22 eri nimistä salmonellaserotyyppejä ja lisäksi Typhimurium-serotyypin sisällä kolme erilaista faagityyppeä. Nämä kaikki tyypit voivat aiheuttaa ihmiselle yleisvaarallisen tartuntataudin. Jotkut (esim. Typhimurium FT1, Infantis, Agona, Poona) ovat lisäksi levinneet ajoittain erilaisten ruokien välittämänä epidemioina. Suurin osa

tyypeistä on kuitenkin ns. ulkomaisia tyyppiejä, joita on aikaisemmin tavattu vain satunnaisesti tai ei ollenkaan kotimaisista tuotantoeläimistä, ja joiden ihmiselle aiheuttama infektio on yleensä hankittu jossain ulkomaisessa turistikohteessa.

Tässä tutkimuksessa todetut kaksi yleisintä salmonellatyyppiä olivat *S. Typhimurium* FT104 ja *S. Agona*, joita molempia todettiin seitsemässä näytteessä. Erittäin merkittävää on, että ensin mainittu, nykyään Keski-Euroopassa yleinen tyyppi, on ns. invasiivinen tyyppi, joka voi aiheuttaa ihmiselle normaalia vakavamman taudinkuvan. Lisäksi tälle tyyppille on ominaista, että se on resistentti monille mikrobilääkkeille. Myös tässä tutkimuksessa eristetyt Typhimurium FT104-salmonellat olivat näitä ns. moniresistenttejä kantoja (Liite: Taulukko 3). *S. Agona*-kannat sen sijaan olivat useimmiten herkkiä kaikille tutkituille mikrobilääkkeille. Kyseistä serotyyppeä on esiintynyt kotimaisessa karjassa. Lisäksi puhdistamolta VII löytyi kaikista raakalietenäytteistä *S. Enteriditis* FT4, joka on tyypillinen ulkomaista alkuperää oleva faagityyppeä Suomessa. Näistä kolmesta kannasta kaksi oli moniresistenttejä. Mikrobilääkeresistenssiä esiintyi, jo edellä mainittujen Typhimurium FT104-kantojen ohella myös muissa salmonellalöydöksissä. Hälyttävää saattaa olla, että joukossa oli nalidiksiinihapolle resistenttejä salmonellakantoja (Hadar, Panama, Schwarzengrund). Nalidiksiinihapporesistenssi nimittäin ennustaa alentunutta herkkyyttä myös fluorokinoneille, joita käytetään salmonelloosin ensisijaislääkkeinä vakavissa infektiotapauksissa.

Listeria monocytogenes-bakteeria todettiin kaikkien puhdistamoiden raakalietteistä. Sitä löytyi lietteistä myös turpeeseen seostamisen, määdätyksen ja kalkkistabiloinnin jälkeen sekä vielä kuuden kuukaudenkin kompostoinnin jälkeen kahdelta tutkitulta laitokselta.

Escherichia coli O157:H7-bakteeria ei tutkituista raakalietteistä eikä lietevalmisteista löydetty. Viime vuosina on kuitenkin vain osa ihmisten enterohemorragisista ripuleista ollut tämän serotyypin aiheuttamia, ja tässä tutkimuksessa

saatu tulos kuvastaa tutkimuksen aikaista hyvää epidemiologista tilannetta. On kuitenkin muistettava, että *Escherichia coli* O157:H7 voi kasvuympäristön aiheuttaman stressin vaikutuksesta säilyä elävänä ja tartuntakykyisenä, mutta menettää kykynsä kasvaa keinotekoisella viljelyalustalla (Wang and Doyle, 1997).

Mykobakteereita löytyi kaikista tutkituista lietenäytteistä, mikä oli odotettua, koska niitä esiintyy yleisesti maassa ja jätteissä. Eristetyt kannat ovat kaikki opportunistisia taudinaiheuttajia.

Pilottihankkeen tulosten perusteella taudinaiheuttajien esiintymiseen raakalietteistä ei näytä vaikuttavan puhdistamalla käytössä oleva puhdistusprosessi. Lietteen stabilointi joko kalkkikäsittelyllä tai mädättämällä ei riittänyt tutkituilla puhdistamoilla tuhoamaan kartoitettuja taudinaiheuttajia lietteestä. Tutkimuksessa oli mukana kolme mädätystä käytävää puhdistamo, niistä kahdesta ei salmonellaa eikä enterokokkeja tavattu, mutta alkueläinten kestromuotoja sekä kalikivirusta löytyi edelleen. Tutkimuksessa mukana ollut kalkkistabilointilaitos osoittautui huonosti toimivaksi, taudinaiheuttajien määrä ei käsittelyssä vähentynyt, päinvastoin. Kompostointi mädätyksen jälkeisenä toimenpiteenä näytti riittävän kuudessa kuukaudessa tuhoamaan salmonellat, enterokokit ja listeriat. Samaan tulokseen päästiin tulosten mukaan joillakin puhdistamoilla pelkästään kompostoimalla, mutta joissakin tapauksissa listeriaa ja yhdessä tapauksessa myös kalikivirusta löytyi vielä kuudenkin kuukauden kompostoinnin jälkeen, vaikkei muita taudinaiheuttajia enää todettu. Komposteista ja lieteseoksista ei ollut mahdollista tutkia alkueläinten esiintymistä.

Tällä hetkellä KTTK valvoo pelloille ja viherrakentamiseen myytävien/luovutettavien kompostien ja komposteilla lannoitettujen kasvualustojen hygieenistä laatua (MMp60/1994 ja 46/1994). Laadun kriteereinä käytännön valvontatyössä käytetään tässä hankkeessa mukana olleista taudinaiheuttajista kahta Kompostityöryhmän

mietinnössään (1992) suosittamaa ns. indikaattoriryhmää: salmonelloja ja enterokokkeja. Tuotteista ei suosituksen mukaan saa löytyä salmonelloja ja enterokokkien määrän on oltava alle 5000 PMY/g tuotetta kompostia. Pilottihankkeen lietekomposteista (6 kk ikäisistä) täytti nämä kriteerit salmonellojen esiintymisen osalta kaikki tutkitut koejäsenet, paitsi puhdistamo V, jonka lietekompostissa enterokokkien määrä ylitti huomattavasti sallitun pitoisuuden. Muista lietevalmisteista kalkkistabiloitu liete (vain yksi edustaja) ei olisi läpäissyt valvonnan kriteereitä, joten sen peltokäyttö olisi kielletty. Samoin käyttökieltoon olisivat joutuneet turpeeseen seostetut peltokäyttöön sijoitetut lietteet puhdistamoilta I ja X. Enterokokkien määrä tutkituissa rinnakkaisnäytteissä vaihteli huomattavasti, jopa raakalietenäytteissä. Tämän perusteella onkin syytä jatkossa selvittää, voidaanko näytteiden välistä hajontaa pienentää näytteiden esikäsittelyn, analyysiin käytettävän näytemäärän tms. avulla. Enterokokkien käyttö jatkossa kompostien hygieenisyyden indikaattorina edellyttää lisäksi huomattavasti enemmän taustatietoa kypsien kompostien enterokkipitoisuuksista. Pilottihankkeessa saatujen tulosten perusteella enterokokkien määrää ei voi sinällään käyttää hygieenisyyden indikaattorina. Myös hygieenisyyden kriteerinä käytettyä kompostointityöryhmän mietinnön raja-arvoa on tulosten perusteella syytä tarkastella kriittisesti.

4.3. Peruna-ankeroisten esiintyminen lietteessä ja kompostissa

Näytteistä, joista osa oli rakenteeltaan kiinteähköä ainesta ja osa enemmän lietemäisessä olomuodossa, ei löytynyt peruna-ankeroisten kystia. Yhden tutkimuksen kohteena olleen peruna-teollisuuslaitoksen näytteistä (3 positiivista näytettä) löytyi *Heterodera*-suvun ankeroiden kystia. Tähän sukuun kuuluu mm. merkittävä sokerijuurikkaan tuholainen, juurikasankeroinen (*H. schachtii*).

Maassa olevien kystien sisällä peruna-ankeroisten toukat voivat säilyä elossa jopa 28 vuotta (Grain-

ger 1964). Toukkien kuoltua kystien sisällä, itse kystat säilyvät maassa vieläkin kauemmin. Kystat eivät häviä myöskään kompostoinnin seurauksena (Kari Tiilikkala, MTT, suull. tiet.). Tästä voidaan tehdä se johtopäätös, että koska kompostinäytteistä ei löytynyt peruna-ankeroisten kystia, ei näytteissä niitä ollut myöskään ennen analyysijä. Tätä väittämää tukee edelleen se tosiasia, että osasta näytteitä löytyi *Heterodera*-ankeroisten kystia. Näin ollen negatiivisella tuloksella ei voida todistaa esim. sitä, että peruna-ankeroisten kystien sisällä olevat toukat häviävät maa-aineksesta tai perunasta peräisin olevasta jätteestä kompostoinnin seurauksena. Jos halutaan testata, poistaako kompostointi peruna-ankeroisten leviämiskin, täytyy näytteissä varmuudella olla eläviä toukkia sisältäviä kystia ennen kompostointia. Kompostoinnin jälkeisten analyysien tuottamat kystat sitten avataan ja tarkistetaan, ovatko toukat vielä elossa.

Tiilikjalan mukaan (suull. kesk.) kystien sisällä olevat peruna-ankeroisten toukat kuolevat, kun ne altistuvat 5 minuutiksi 55°C:een. Ts. toukat kuolevat, mikäli komposti kuumenee riittävästi. Normaalisti, kun kompostointi tehdään oikein, lämpötila nousee tarvittaviin lukemiin ja toukat kystien sisällä kuolevat. Huolella tehty kompostointi vaatii kompostin säännöllistä sekoittamista, jotta lämpötila nousee tasaisesti ja riittävästi kompostin kaikissa osissa. Lämpötilan kehittymisen seuranta on suositeltavaa.

4.4. Tulosten arviointi

Hankkeessa analysoitu näytemäärä oli pieni, kaikkia käsittelytyyppejä ei ollut kartoituksessa mukana riittävästi eikä näytteitä otettaessa onnistuttu luotettavasti seuraamaan lietteen ikääntymistä/prosessoitumista. Näistä syistä johtuen pilottihankkeen tulokset eivät ole riittäviä luotettavien johtopäätösten tekemiseksi, esim. ohjeistukseksi puhdistamoille lietteen käsittelyyn, mutta osoittavat kyllä lietteiden ja lietevalmisteiden käyttöön maanviljelyssä sisältyvän riskin - sekä zoonoottisten taudinaiheuttajien osalta että kasvitautien osalta. Tässä hankkeessa toteutetussa laajuudessa ei aiemmin ole kartoitettu taudinaiheuttajia puhdistamolietteistä eikä niistä valmistetuista lietevalmisteista.

5. YHTEENVETO

- Pilottihanke osoitti, etteivät kaikki käytettävissä olevat mikrobiologiset menetelmät sellaisinaan sovellu lietteiden, lietevalmisteiden eivätkä etenkin kompostien analysointiin, vaan vaativat edelleen kehittelyä.
- Hanke osoitti, että merkittävät elintarvikkeiden tai juomaveden välityksellä leviävät taudinaiheuttajat, kuten salmonellat, listeria, kalikivirus ja alkueläinten kystat ja ookystat, ovat yleisiä suomalaisten jätevedenpuhdistamoiden lietteissä ja että niitä voi esiintyä vielä mädätyksen ja kalkkistabiloinnin jälkeen.
- Kartoituksen tuloksena voidaan todeta, että lietteiden terveydelliset ja hygieeniset riskit ovat ilmeisiä ja että lietteiden asianmukaisella käsittelyllä -kompostoinnilla ja mädättämisellä - voidaan näitä riskejä pienentää.
- Kasvitautien leviämisen riski perunan käsittelyjätteiden kautta on tunnettu, mutta taudinaiheuttajien säilymisestä erilaisissa jätteidenkäsittelyprosesseissa ei ole riittävästi tietoa. Ulkomailta maahantuotu perunamateriaali sisältää riskin tuoda maahan uusia taudinaiheuttajia.
- Hanke osoitti selkeästi tutkimustiedon lisätarpeet luotettavan riskinarvioinnin tekemiseksi. Lisätietoa tarvitaan myös eri kompostointimenetelmien tehokkuudesta, kompostivalmisteiden luotettavista laatuksista ja valvontaan käytettävien analyysimenetelmien soveltuvuudesta käytännön valvontatyöhön.

6. Viiteluettelo

Anon. 1998. The fate, activity and threat of *Ralstonia solanacearum*; causal agent of potato brownrot in European soils, rhizospheres and water systems. The European Commission. Agriculture and Fisheries Programme FAIR-CT97-3632.

Anon 1999. Epidemiological studies for control of *Clavibacter michiganensis* subsp *sepedonicus*, the causative agent of bacterial ring rot in potato. The European Commission. Agriculture and Fisheries Programme FAIR-CT98-4366.

Albin, A. 1999. Hygienic aspects of organic waste use in agriculture. Teoksessa: Petersen, J. & Petersen, S.O. (toim.) 1999. Use of municipal organic waste. Proc. NJF seminar no. 292, November 23-25, 1998, Jokioinen, Finland. DIAS report Plant Production no. 13: 40-54.

Baldwin, J.G. & Mundo-Ocampo, M. 1991. *Heteroderinae*, cyst and non-cyst-forming nematodes. In: Nickle, W.R. (Ed.). Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker, Inc. 1035 s..

Christensen, K.K., Kron, E. & Carlsbak, M. 1999. Sanitary aspects of composting biodegradable waste. Towards nordic evaluation model. Tema Nord-serien, Nordisk Ministerråd, København.

Grainger, J. 1964. Factors affecting control of the eelworm diseases. *Nematologica* 10: 5-24.

Iivanainen, E. 1995. Isolation of mycobacteria from acidic forest soil samples: comparison of culture methods. *Journal of Applied Bacteriology* 78: 663-668.

Kompostityöryhmän mietintö 1992. YM:n ympäristösuojeluosaston työryhmän mietintö 67/1992.

Koskinen, R., Ali-Vehmas, T., Kämpfer, P., Laurikkala, M., Tsitko, I., Kostyal, E., Atroshi, F. & Salkinoja-Salonen, M. 2000. Characterization of *Sphingomonas* isolates from the Finnish and Swedish drinking water distribution networks. *Journal of Applied Microbiology* 89: 687-696.

Koskinen, R., Laurikkala, M., Tsitko, I., Ali-Vehmas, T. & Salkinoja-Salonen, M. 2001. Ribotyping as a method for identification of environmental mycobacteria related to drinking water safety. *Environmental Microbiology* (Käsikirjoitus).

Mattila L, Leirisalo-Repo M, Koskimies S, Granfors K, Siitonen A. 1994. Reactive arthritis following an outbreak of *Salmonella* infection in Finland. *Br J Rheumatol* 33:1136-1141.

Mattila L, Leirisalo-Repo M, Pelkonen P, Koskimies S, Granfors K, Siitonen A. 1998. Reactive arthritis following an outbreak of *Salmonella* Bovismorbificans infection. *J Infection* 36:289-295.

Mattila L, Siitonen A, Kyrönseppä H, Simula I, Oksanen P, Stenvik M, Salo P, Peltola H, the Finnish-Moroccan Study Group. 1992. Seasonal variation in etiology of travelers' diarrhea. *J Infect Dis* 165:385-388.

Keskimäki M, Mattila L, Peltola H, Siitonen A. 2000. Prevalence of Diarrheagenic *Escherichia coli* in Finns with or without diarrhea during a round-the world trip. *J Clin Microbiol* 38:000-000.

- Paatero, P. 2000. Puhdistamolietteiden hyödyntämis- ja loppusijoitusvaihtoehdot sekä niiden vertailu. Suomen ympäristökeskuksen moniste 210.
- Pohjola-Stenroos, S. 1986. Diagnostic and epidemiological aspects of *Cryptosporidium* infection, a protozoan infection of increasing veterinary public health importance. Academic Diss., Helsinki 97s.
- Puolanne, J. 1997. Puhdistamoliete – jäte vai raaka-aine? Hyötykäytön tulevaisuus. Vesitalous 4.
- Rihmanen-Finne, R., Ronkainen, P. and Hänninen, M.-L. 2001. Simultaneous detection of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia intestinalis* from sewage sludge by IC-PCR. (Käsikirjoitus, lähetetty julkaistavaksi).
- Seinhorst, J. W. 1964. Methods for the extraction of *Heterodera* cysts from not previously dried soil samples. Nematologica 10: 87-94.
- Wang, G., Zhao, T. & Doyle, M.P. 1996. Fate of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces. Applied Environmental Microbiology 62: 2576-2570.
- Wang, G. and Doyle, M. P. 1997. Survival of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in Water. Journal of Food Protection, 61: 662-667.
- VRE-asiantuntijatyöryhmä 1997. Ohje vankomysiinille resistenttien enterokokkien torjunnasta. KTL:n julkaisuja C1.
- WRc Ref: CO 4935. Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction. Draft. 4.9.2000.
- Zoonoosit Suomessa 1995-1997, MMM, eläinlääkintä- ja elintarvikeosasto, 1999.

LIITE

Taulukko 1. Pilottihankkeessa mukana olleet puhdistamot, näytekoodit ja prosessien perustiedot.

| Puhdistamo | Näytekoodi KTTK/MKO | Lietteen laatu/ka % | Tiedot puhdistamo- ja lietteen-käsittelyprosessista | Huomautukset, käytötapa |
|------------|---|---|---|---|
| I | 2002898 2002935 2002936 2002937 2002938 (2005247) | Raaka/5,6% Raaka Raaka Turvelieteseos Turvelieteseos Turvelieteseos) | P- & N-poisto; sekaliete; Saostus, kalkin lisäys -> 6%ka Linkous -> 23% ka Turve/liete: 1:1 (v/v); etukuormaajalla allutus | Liete- turveseoksena peltokäyttöön |
| II | 2003168 2003177 2003178 2003815 2003816 2006271 2006272 | Raaka Raaka Raaka Mädätetty/3-4% Mädätetty/3-4% 3 kk 2 v | P-& N-poisto; sekaliete, Sakeutus -> 5% ka Mädätys, mesofiilinen, viipymä n. 20 vrk Linkous->30%ka Aumassa annettu <i>vanhentua</i> n.2 v. (->60% ka) | Rekisteröity multana viher- rakentamiseen; |
| III | 2002900 2002939 2002940 2003406 2003405 2005575 2008700 2008701 | Raaka/4,5% Raaka Raaka Mädätetty Mädätetty 3 kk 6 kk /34% /34% | P- & N-poisto, sekaliete; Mädätys, 36-37°C, viipymä 20 vrk Aumakompostointi; (kuori ja turve) | Rekisteröity multana viher- rakentamiseen |
| IV | 2003189 2003312 2003818 2003190 2003819 2003820 2006274 2008595 2008596 | Raaka /4% Raaka /3,5% Raaka /3-4% Mädätetty/2,7% Mädätetty / 4% Mädätetty 3 kk 6 kk /23% /30% | P- & N-poisto; sekaliete; (raakaliete:yli-jäämäliete =1/1); sakeutus (4-5% ka) Mädätys, mesofiilinen, viipymä n. 20 vrk Suotonauhakuivaus-> 18-20% ka Aumakompostointi (tuve ja hake) | Yrittäjä kompostoi; rekisteröity multana viher- rakentamiseen |
| V | 2002899 2002933 2002934 2005246 2008056 2008057 | Raaka/2,6% Raaka Raaka/2,3% 3 kk 6 kk /53% /48% | P- & N-poisto; sekaliete; tiivistys-> 2-4% ka Aumakompostointi (liete/kuori 1:2) | Yrittäjä kompostoi, rekis- teröity viher- rakentamiseen |
| VI | 2003194 2003195 2003196 2005492 2008597 2008598 | Raaka/0,4% Raaka/0,4% Raaka/0,4% 3 kk 6 kk /37% /39% | P- & N-poisto; sekaliete (30/70%; biologinen ylijäämäliete yli-ilmastettu); 3-6% ka Aumakompostointi (turve ja kuori; allutus, auman kääntäjä) | Yrittäjä myy, multana viher- rakentamiseen |

Taulukko 1 jatkuu

| | | | | |
|------|--|---|--|--|
| VII | 2003309 2003310 2003311 2005855 2008989 2008990 | Raaka/2,5-3% Raaka/2,5-3% Raaka/2,5-3% 3 kk 6 kk /35% /38% | P- & N-poisto; sekaliete, 2% ka Suotonauhakuivaus-> 17-18% ka Aumakompostointi (kääntö 3x/ 3kk; (kuorike, sipulinkuori ja turve) | Rekisteröity viherrakentami- seen |
| VIII | 2003191 2003192 2003193 2003404 2003817 | Raaka/1% Raaka/1% Raaka/0,6% Kalkkistabiloitu -”-kuivattu/15% | P-poisto (AVR sakeutus); sekaliete Kalkkistabilointi (pH 11) Suotonauhakuivaus-> 17% ka | <i>Peräkärryn, levitys pellolle syksyllä</i> |
| IX | 2003185 2003186 2003187 2005493 2008591 2008592 | Raaka Raaka Raaka 3 kk 6 kk /30% /29% | P-poisto; (Finferri sakeutus); sekaliete Linkous-> 13-14% ka Osa aumakompostoidaan (turve ja kuori) | <i>osa sellaisenaan pellolle</i> |
| X | 2003179 2003180 2003181 2003188 2006273 | Raaka Raaka Raaka Turvelieteseos -”-, 3 kk | P-poisto; ei N; sekaliete, Sakeutus; Linkous Sekoitus etukuormaajalla turpeeseen, lis. kalkkia; Seisotus 3 kk- | <i>Turve- lieteseoksena peltokäyttöön</i> |
| XI | 2003182 2003183 2003184 2005494 2008593 2008594 | Raaka Raaka Raaka 3 kk 6 kk/ 33% /36% | P-poisto, ei N; sekaliete; saostus (AVR); Suotonauhakuivaus-> 16% ka Aumakompostointi (hake ja kuori); kääntö/kk | |
| XII | 2003197 2003198 2003199 2005491 2008599 2008600 | Raaka/4,5% Raaka/1% Raaka/7% 3 kk 6 kk /35% /39% | P-poisto; saostus(ferrosulf.); sekaliete, 3-4% ka Linkous-> 18-20% ka Aumakompostointi (liete/ kuori; 2/3); 3 kääntöä/vuosi | Rekisteröity, viherrakentami- seen |

Taulukko 2. Kartoituksen aikana todetut taudinaiheuttajat puhdistamoittain eri-ikäisissä ja eritavoin käsitellyissä lietteissä.

| PAIKKAKUNTA näytteen laatu: RI = raakaliete, MI = mädätetty, TI = turvelieteseos, Ks = kalkkistabil. Kks = kuivattu Ks Lk = lietekomposti / näytekoodi | Krypto/ Ei todettu (-) / todettiin (+) | Giardia/ Ei todettu (-) / todettiin (+) | Kaliki/ Ei todettu (-) / todettiin (+) Suluissa käytetty laimennos | pH | Todettu salmonella serotyypin/ ei todettu (-) | <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> todettu (+)/ ei todettu (-) | Enterokokkien määrä, pmy/g | Antibiootti- herkkyys: herkkä (s) /resistentti (R)/intermediate(I)Van- komysiinille | Myko- bakteerit |
|---|---|---|---|-----|--|--|----------------------------------|--|--------------------|
| I | | | | | | | | | |
| RI/2002898 | - | - | + (1:10) | 6,5 | S. Mbandaka | + | 1 600 | I / 1/5 | ND |
| RI/2002935 | - | - | + (1:10) | 6,7 | - | + | 13 000 | s | ND |
| RI/2002936 | + | - | ND | 6,8 | S. Panama | + | 4 200 | s | ND |
| TI/2002937 | ND | ND | ND | 7,9 | - | - | 670 | s | + |
| TI/2002938 | ND | ND | ND | 6,4 | S. Mbandaka | + | 14 000 | s | + |
| (TI/2005247 | ND | ND | + (1:10) | 8,2 | - | - | 3 600 | s | + |
| II | | | | | | | | | |
| RI/2003168 | - | - | ND | 6,5 | S. Typhimurium FT104 | + | 2 800 | I 1/5 | ND |
| RI/2003177 | - | - | - (1:100) | 6,3 | S. Typhimurium FT104 | + | 3 300 | s | ND |
| RI/2003178 | + | - | ND | 6,4 | S. Stanley* | + | 6 100 | s | ND |
| MI/2003815 | - | + | ND | 7,6 | S. Agona, S. Typhi- murium FT104 | + | Arv. 110 | s | ND |
| MI/2003816 | - | - | ND | 7,5 | S. Agona, S. Typhi- murium FT 104 | - | Arv. 70 | s | ND |
| Lk 3kk/2006271 | ND | ND | + (1:100) | 6,9 | - | - | Arv. 110 | s | ND |
| Lk 2v 2006272 | ND | ND | + (1:1), - (1:10) | 5,6 | - | - | <10 | ND | + |

Taulukko 2 jatkuu.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|--|----|----|----|---------|-----|--|---|--|--|---------|---------|----|----|--|--|--|--|--|--|
| III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2002900 | - | | - | - | + | (1:100) | 5,5 | S. Braenderup*, S. Muenster, S. Java, S. Zanzibar* | + | | | 440 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2002939 | - | | - | - | + | (1:100) | 5,6 | S. Anatum, S. Hadar | + | | | 470 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2002940 | - | | - | - | + | (1:100) | 5,5 | S. Typhimurium FT136 | + | | | 6 900 | s | | ND | | | | | | |
| MI/2003405 | - | | + | - | + | (1:100) | 7,5 | - | - | | | Arv. 30 | s | | ND | | | | | | |
| MI/2003406 | - | | + | + | ND | | 7,7 | - | + | | | Arv.20 | s | | ND | | | | | | |
| Lk 3 kk/2005575 | ND | | ND | ND | - | | 6,5 | - | - | | | <10 | ND | | ND | | | | | | |
| Lk 6 kk/2008700 | ND | | ND | ND | - | | 7,0 | - | - | | | <10 | ND | | | | | | | | |
| /2008701 | ND | | ND | ND | - | | 6,7 | - | - | | | <10 | | + | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003189 | - | | + | + | ND | | 6,4 | S. Agona | + | | | 13 000 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2003312 | - | | - | - | - | (1:100) | 6,6 | S. Derby* | + | | | 2 100 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2003818 | - | | + | - | ND | | 6,3 | S. Agona, S. Mbandaka | + | | | 3 500 | I 1/5 | | ND | | | | | | |
| MI/2003190 | - | | - | - | ND | | 7,5 | - | - | | | Arv. 10 | s | | ND | | | | | | |
| MI/2003819 | - | | - | - | ND | | 7,5 | - | - | | | <10 | ND | | ND | | | | | | |
| MI/2003820 | - | | + | - | ND | | 7,4 | - | - | | | <10 | ND | | ND | | | | | | |
| Lk 3 kk/2006274 | ND | | ND | ND | + | (1:100) | 7,9 | - | - | | | <10 | ND | | + | | | | | | |
| Lk 6 kk/2008595 | ND | | ND | ND | + | (1:1) | 7,7 | - | - | | | <10 | ND | | ND | | | | | | |
| /2008596 | ND | | ND | ND | + | (1:5) | 7,8 | - | - | | | <10 | | ND | | | | | | | |
| V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2002899 | - | | - | + | + | (1:10) | 7,0 | S. Agona, S. Give | + | | | 250 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2002933 | - | | - | - | + | (1:10) | 7,1 | S. Agona | + | | | 1 600 | s | | ND | | | | | | |
| RI/2002934 | - | | - | - | + | (1:100) | 7,1 | S. Infantis, S. Agona | + | | | 1 300 | I / 1/5 | | ND | | | | | | |
| Lk 3kk/2005246 | ND | | ND | ND | - | | 6,6 | - | + | | | 120 000 | s | | + | | | | | | |
| Lk 6 kk/2008056 | ND | | ND | ND | - | | 7,5 | - | - | | | 1 900 | s | | + | | | | | | |
| /2008057 | ND | | ND | ND | - | | 7,0 | - | - | | | 360 | R5/5 | | | | | | | | |

Taulukko 2 jatkuu.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----------|--|-----|------------------------------------|---|--|----------|---------|--|----|
| VI | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003194 | - | - | - | ND | | 6,0 | S. Panama | + | | 280 | s | | ND |
| RI/2003195 | ND | - | - | +(1:100) | | 6,0 | S. Panama | + | | Arv.50 | s | | ND |
| RI/2003196 | + | - | - | ND | | 6,1 | S. Panama | + | | 270 | s | | ND |
| Lk 3kk/2005492 | ND | ND | ND | - | | 6,7 | - | - | | <10 | ND | | + |
| Lk 6 kk/2008597 | ND | ND | ND | - | | 8,0 | - | - | | 73 000 | s | | ND |
| /2008598 | ND | ND | ND | - | | 7,9 | - | - | | 200 000 | s | | ND |
| VII | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003309 | - | - | - | ND | | 6,4 | S. Enteritidis FT4 | + | | Arv.10 | s | | ND |
| RI/2003310 | - | - | - | +(1:100) | | 5,7 | S. Enteritidis FT4 | + | | Arv. 90 | I / 2/5 | | ND |
| RI/2003311 | - | - | - | ND | | 5,7 | S. Virchow*, S. Enteritidis FT4 | + | | Arv. 100 | I / 3/5 | | ND |
| Lk 3kk/2005855 | ND | ND | ND | - | | 4,8 | - | - | | <10 | ND | | + |
| Lk 6 kk/2008989 | ND | ND | ND | - | | 5,2 | - | - | | <10 | ND | | ND |
| /2008990 | ND | ND | ND | +(1:10) | | 5,3 | - | - | | <10 | ND | | ND |
| VIII | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003191 | - | - | - | ND | | 6,5 | - | + | | 700 | s | | ND |
| RI/2003192 | - | - | - | -(1:100) | | 6,5 | - | + | | 3 200 | I 1/5 | | ND |
| RI/2003193 | + | - | - | ND | | 6,5 | - | + | | 1 200 | I 1/5 | | ND |
| Ks/2003404 | - | + | + | +(1:100) | | 8,0 | - | + | | 90 000 | s | | ND |
| Kks/2003817 | ND | ND | ND | ND | | 7,8 | S. Hadar | + | | 13 000 | I 1/5 | | + |
| IX | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003185 | - | - | - | ND | | 7,0 | S. Typhimurium FT104 | - | | 430 | s | | ND |
| RI/2003186 | - | - | - | -(1:100) | | 7,1 | - | + | | Arv. 50 | s | | ND |
| RI/2003187 | - | - | + | ND | | 7,1 | - | - | | Arv. 110 | s | | ND |
| Lk 3kk/2005493 | ND | ND | ND | +(1:100) | | 7,5 | - | - | | 460 | s | | + |
| Lk 6 kk/2008591 | ND | ND | ND | - | | 6,8 | - | + | | 330 | s | | + |
| /2008592 | ND | ND | ND | - | | 7,9 | - | + | | 19 000 | s | | ND |

Taulukko 2 jatkuu.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----------|-----|--|---|---------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003179 | - | - | - | ND | 6,4 | S. Senftenberg S. Typhimurium FT 104 | + | 300 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003180 | - | - | - | (1:100) | 6,3 | S. Senftenberg S. Schwarzen- grund, S. Typhi- murium FT 104 | + | 280 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003181 | - | - | + | ND | 6,2 | S. Coeln*, S. Poona*, S.Senftenberg | + | Arv. 40 | s | | | | | | | | | | |
| TI/2003188 | ND | ND | ND | ND | 8,3 | - | - | Arv.80 | s | | | | | | | | | | |
| TI 3kk/2006273 | ND | ND | ND | - | 8,7 | S. Senftenberg, S. Coeln | - | 5 000 | s | | | | | | | | | | + |
| XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003182 | - | - | - | ND | 5,9 | - | + | 600 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003183 | - | - | - | (1:100) | 5,8 | S. Steinwerder* | + | 1 100 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003184 | - | - | - | ND | 5,8 | - | + | 1 000 | s | | | | | | | | | | |
| Lk 3 kk/2005494 | ND | ND | ND | +(1:100) | 7,2 | - | - | 70 500 | s | | | | | | | | | | + |
| Lk 6 kk/2008593 | ND | ND | ND | - | 7,7 | - | + | 4 500 | s | | | | | | | | | | |
| /2008594 | ND | ND | ND | - | 7,9 | - | - | 370 | R2/5 | | | | | | | | | | |
| XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RI/2003197 | - | - | - | ND | 5,6 | S. Typhimurium FT 104 | + | Arv.30 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003198 | - | - | - | (1:100) | 6,6 | S. Typhimurium FT1 | + | Arv. 50 | s | | | | | | | | | | |
| RI/2003199 | - | - | + | ND | 6,0 | S. Hadar, S. Worthington | + | 7800 | s | | | | | | | | | | |
| Lk 3 kk/2005491 | ND | ND | ND | - | 5,2 | - | - | Arv. 48 | R /2/5 | | | | | | | | | | + |
| Lk 6 kk/2008599 | ND | ND | ND | - | 6,3 | - | - | 1 600 | s | | | | | | | | | | + |
| /2008600 | ND | ND | ND | - | 6,3 | - | - | 200 | s | | | | | | | | | | |

ND = ei määritetty

Taulukko 3. Eristettyjen *Salmonella*-kantojen antibioottiherkkydet (R=resistentti; s= sensitiivinen; I=intermediate).

| Näyttenumero | Todettu salmonella | amp | gen | cfx | chl | nal | spf | sulfa-tri | sfa | str | tet | tri |
|--------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 2002898 | <i>S. Mbandaka</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002899 | <i>S. Agona</i> | s | s | s | s | s | s | R | R | s | s | s |
| | <i>S. Give</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002900 | <i>S. Zanzibar</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| | <i>S. Muenster</i> | s | s | s | R | s | s | R | R | s | R | s |
| | <i>S. Java</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| | <i>S. Braenderup</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002933 | <i>S. Agona</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002934 | <i>S. Infantis</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| | <i>S. Agona</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002936 | <i>S. Panama</i> | s | s | s | s | R | s | s | s | s | s | s |
| 2002938 | <i>S. Mbandaka</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002939 | <i>S. Hadar</i> | s | s | s | s | R | s | R | R | s | R | s |
| | <i>S. Anatum</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2002940 | <i>S. Typhimurium</i> FT136 | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2003168 | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | s | s | R | s | s | R | R | R | R | s |
| 2003177 | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | s | s | R | s | s | R | R | R | R | s |
| 2003178 | <i>S. Stanley</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2003179 | <i>S. Senftenberg</i> | s | s | s | s | s | s | R | R | s | s | R |
| | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | s | s | R | s | s | R | R | R | R | s |
| 2003180 | <i>S. Senftenberg</i> | s | s | s | s | s | s | R | R | s | s | R |
| | <i>S. Schwarzengrund</i> | R | s | s | s | R | R | R | R | s | R | R |
| 2003180 | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | s | s | R | s | s | R | R | R | R | s |
| 2003181 | <i>S. Senftenberg</i> | s | s | s | s | s | s | R | R | s | s | R |
| | <i>S. Coeln</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| | <i>S. Poona</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2003183 | <i>S. Steinwerder</i> | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| 2003185 | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | s | s | R | s | s | R | R | R | R | s |

Taulukko 3. jatkuu

| Näyttenumero | Todettu salmonella | amp | gen | cfx | chl | nal | spf | sulfa-tri | sfa | str | tet | tri |
|--------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 2003194 | <i>S. Panama</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003195 | <i>S. Panama</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003196 | <i>S. Panama</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003197 | <i>S. Typhimurium</i> FT104 | R | S | S | R | S | S | S | R | R | R | S |
| 2003198 | <i>S. Typhimurium</i> FT 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003199 | <i>S. Hadar</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | R | R | S |
| | <i>S. Worthington</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003309 | <i>S. Enteritidis</i> FT 4 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003310 | <i>S. Enteritidis</i> FT 4 | R | S | S | S | S | S | R | R | R | S | R |
| 2003311 | <i>S. Virchow</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| | <i>S. Enteritidis</i> FT 4 | R | S | S | S | S | S | R | R | R | S | R |
| 2003312 | <i>S. Derby</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| | <i>S. Poona</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003815 | <i>S. Agona</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2003815 | <i>S. Typhimurium</i> FT 104 | R | S | S | R | S | S | S | R | R | R | S |
| 2003816 | <i>S. Agona</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | - | S | S |
| | <i>S. Typhimurium</i> FT 104 | R | S | S | R | S | S | S | R | R | R | S |
| 2003817 | <i>S. Hadar</i> | S | S | S | S | R | S | S | S | R | R | S |
| 2003818 | <i>S. Mbandaka</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| | <i>S. Agona</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 2006273 | <i>S. Senftenberg</i> | S | S | S | S | S | S | R | R | S | S | R |
| | <i>S. Coeln</i> | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |

amp = ampisilliini, gen = gentamysiini, cfx = kefotaksiimi, chl = kloramfenikoli,
 nal = nalidiksiimihappo, spf = siprofloksasiini, sulfa-tri = sulfa-trimetopriimi,
 sfa = sulfonamidi, str = streptomysiini, tet = tetrasykliini, tri = trimetopriimi

Julkaisusarjassa aiemmin ilmestyneitä julkaisuja:

- 1/2000 Metsät ilmastopimuksessa ja Kioton pöytäkirjassa
ISBN 952-453-008-2
- 2/2000 Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion arviointi
ISBN 952-453-015-5
- 3/2000 Ranskan maaseutusopimus (CTE) -seminaari Helsingissä 8.9.2000
ISBN 952-453-017-1
- 4/2000 Cadmium in Fertilizers - risks to human health and the environment
ISBN 952-453-020-1
- 5/2000 Suomen metsätalouden tila 2000 - Kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit
ISBN 952-453-024-4



MAA- JA METSÄTALOUSHALLITUS

Hallituskatu 3 A, 00170 Helsinki