



**Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2023**

# **Tuottava nautatilan nurmi**

**Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.)**

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2023

# **Tuottava nautatilan nurmi**

**Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.)**

**Kirjoittajat:**

**Marcia Franco, Arto Huuskonen, Katariina Manni, Arja Mustonen,  
Marketta Rinne, Sari Rämö ja Maarit Termonen**

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2023



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

### **Viittausohje:**

Manni, K. & Huuskonen, A. (toim.) 2023. Tuottava naudatilan nurmi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 58 s.

### **Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:**

Manni, K., Rämö, S., Franco, M., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2023. Mykotoksiinien esiintyminen suomalaisten maatilojen ja ruokintakokeiden säilörehuissa. Julkaisussa: Manni, K. & Huuskonen, A. (toim.). Tuottava naudatilan nurmi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 10–34.

Katariina Manni ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-7010-5305>

Arto Huuskonen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-0938-5675>



ISBN 978-952-380-599-6 (Painettu)

ISBN 978-952-380-600-9 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-600-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuvat: Katariina Manni (rehunkorjuu ja apilat) ja Marketta Rinne (nurmikasvusto)

Painopaikka ja julkaisumyynä: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Alkusanat

Tuottava Nautatilan Nurmi (NurmiNauta) oli Nautasuomi Oy:n, Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Osuuskunta Pohjanmaan Lihan yhteishankkeena toteuttama projekti, joka käynnistyi 1.4.2018. Hanketta toteutettiin alueiden välisenä Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan ELY-keskusten alueilla. Hankkeessa jalkautettiin nurmiosaamista nautatiloille pienryhmätoiminnan, teemapäivien sekä hankkeessa tuotettujen materiaalien kautta. Luonnonvarakeskuksen vastuulla oli toteuttaa selvitykset mykotoksiinien esiintymisestä suomalaisissa tilasäilörehuissa sekä säilöntäainekäsittelyn ja tiivistämisen vaikutuksista säilörehun säilönnälliseen laatuun. Lisäksi toteutettiin havaintoruutumittakaavainen selvitys sängenkorkeuden vaikutuksista nurmisadon määrään ja laatuun sekä tarkasteltiin harvinaisempien nurmikasvilajien perustumista, talvehtimista ja sadon määrää ja laatua. Käsillä oleva raportti kokoaa yhteen Luken toteuttamien selvitysten tulokset, joiden toivotaan omalta osaltaan palvelevan suomalaisen nurmituotannon ja nautakarjatalouden kehittämistä.

Hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen etenemiseen myötävaikutti ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hanketyöntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Mika Herrala ja jäseninä olivat Ulla Hyvönen, Veli-Jaakko Keränen, Jukka Lintunen, Ola Sandberg, Hanna Mäkimantila, Sinikka Hassinen, Kim Tarvonen ja Arto Huuskonen. Kirjoittajat kiittävät yhteishankkeen toteuttajia, rahoittajaa, ohjausryhmän jäseniä ja muita yhteistyökumppaneita erittäin hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Vesannolla 9.12.2022

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus



# Tiivistelmä

Katariina Manni<sup>1</sup> ja Arto Huuskonen<sup>2</sup> (toim.)

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

<sup>2</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Raportti kokoaa yhteen Tuottava nautatilan nurmi -hankkeen tutkimusten tulokset. Raportissa käsitellään suomalaisten säilörehujen mykotoksiinikartoitusten tuloksia, säilöntäaineiden ja säilörehun tiivistämisen vaikutuksia säilörehun laatuun, nurmen sängen korkeuden vaikutusta sadon määrään ja D-arvoon sekä vähemmän viljeltyjen nurmikasvilajien perustumista, talvehtimista sekä sadon määrää ja laatua havaintoruutumittakaavassa.

Ensimmäinen artikkeli käsittelee mykotoksiinien esiintymistä suomalaisissa säilörehuissa. Mykotoksiinikartoituksessa selvitettiin 32 eri mykotoksiinin esiintymistä tilasäilörehuissa Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan sekä Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan nautatiloilla. Analysoitavia säilörehuja oli yhteensä 43, joista kuusi oli kokoviljasäilörehuja ja muut nurmisäilörehuja. Näytteitä oli yhteensä 102. Lähes kaikissa säilörehunäytteissä oli mykotoksiineja ja niiden pitoisuuksissa oli paljon vaihtelua. Erityisesti homeisissa näytteissä oli erittäin korkeita pitoisuuksia. Yleisin mykotoksiini nurmisäilörehuissa oli beauverisiini ja kokoviljasäilörehuissa roquefortine C. Ruokaturvallisuutta heikentävää, mahdollisesti maitoon siirtyvää aflatoksiinia ei löytynyt. Useiden eri mykotoksiinien yhtäaikainen esiintyminen yksittäisissä näytteissä oli yleistä. Tilanäytteiden lisäksi mykotoksiinien esiintymistä kartoitettiin muutamien naudoilla tehtyjen ruokintakokeiden säilörehuista. Säilörehuiksi valittiin sellaisten kokeiden rehuja, joissa oli ollut syönnin vähentymistä, ja jolle ei ollut löytynyt selkeää syytä säilörehujen rehuanalyysituloksista. Mykotoksiinien osuutta ruokintakokeissa havaittuihin odotettua pienempiin rehujen syönteihin ja heikentyneisiin tuotantotuloksiin oli vaikea osoittaa. Kuitenkaan niiden mahdollista vaikutusta ei voitu täysin sulkea pois.

Toinen artikkeli käsittelee timotei-nurminatakasvustosta ja puna-apilavaltaisesta kasvustosta tehdyn säilörehun säilöntää kolmella eri kaupallisella säilöntäainevalmisteella. Säilöntäainekäsittelyinä olivat kontrolli ilman säilöntäainetta, suolatyyppinen aine, maitohappobakteeriympäristö sekä muurahais- ja propionihappoa sisältävä valmiste. Lisäksi tutkittiin rehun normaalin ja löyhän tiivistämisen vaikutusta säilörehun laatuun. Rehut säilöttiin pilottimittakaavan siiloihin. Kahdella eri tiivistämistavalla saatiin vain vähäisiä eroja. Syynä siihen, ettei selkeitä eroja saatu, saattoi olla käytetty pilottisiilomenetelmä, joka on varsin ilmatiivis, joten löyhässäkin rehussa massassa hapen vaikutuksia siilossa ei pystytty jäljittelemään käytännön olosuhteita vastaavasti. Säilörehun säilöntäaineilla voidaan vaikuttaa rehujen käymisprofiiliin, tappioiden määrään ja jälkilämpenemiseen. Säilöntäaineiden erot rehujen käymislaadussa olivat samantyyppisiä molemmissa kasviraaka-aineissa, mutta huomattavasti voimakkaampia heinissä kuin puna-apilassa. Haastavassa, niukasti sokereita sisältävässä apilaruohossa vain muurahaishappopohjainen säilöntäaine pystyi selvästi parantamaan käymislaatua.

Kolmannessa artikkelissa käsitellään laidunsimulaatiokoetta, jossa selvitettiin, kuinka lyhyt ja pitkä sängenkorkeus vaikuttivat nurmisadon määrään ja D-arvoon eri nurmiseoksilla ja puhdaskasvustoilla. Koe toteutettiin kahtena peräkkäisenä kasvukautena. Pidempi sängenkorkeus tuotti paremman kokonaissadon molempina vuosina. Kasvilajeissa oli satoeroja, jotka näkyivät vasta toisena vuonna. Timotein ja rehukattaran puhdaskasvustojen sato jäi kontrollina käytettyä timotei-nurminataseosta heikommaksi. Kasvilaji, sängenkorkeus sekä näiden yhdistelmä vaikuttivat vaihtelevasti rehun D-arvoon korjuukerrasta riippuen.

Neljännessä artikkelissa tarkastellaan vähemmän viljeltyjen nurmikasvilajien perustumista, talvehtimista sekä sadon määrää ja laatua havaintoruutumittakaavassa. Viljeltyt kasvit olivat keltamaite, mailaset, rohtomesikkä, vuohenherne, valkoapila, sikuri ja erilaiset yrtit puhdaskasvutoina tai seoksina. Keltamaite ja vuohenherne vakiintuivat vasta toisena satovuonna. Rohtomesikkä ja yrtit eivät puolestaan selvinneet talvesta. Parhaan kokonaissadon tuottivat mailaset. Ruokinnallisen laadun osalta valkoapilat osoittautuivat sulaviksi ja valkuaisriikkaiksi rehukasveiksi, joiden laatu pysyi tasaisena pitkään. Lajien erot perustumisessa ja talvehtimisessä on syytä huomioida nurmikasvustoja perustettaessa.

**Asiasanat:** säilörehu, säilöntä, säilöntäaine, tiivistäminen, mykotoksiini, nurmi, laidun, rehu, ruokinta, nauta

# Abstract

Katariina Manni<sup>1</sup> ja Arto Huuskonen<sup>2</sup> (eds.)

<sup>1</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

<sup>2</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

This report summarises the results of the research carried out in the Productive Grass of Cattle Farms -project. The report discusses the results of mycotoxin surveys of Finnish farm silages as well as the effects of silage preservatives and silage compaction on silage quality. In addition, the effect of cutting height on grass yield and digestibility, and also the establishment, overwintering, yield rate and quality of less common grassland species was studied in field experiments.

The first article deals with the presence of mycotoxins in Finnish silages. In the survey, the occurrence of 32 different mycotoxins was studied in farm silages. Silage samples were collected from beef cattle farms in the regions of North Savo, North Karelia, South Ostrobothnia, Central Ostrobothnia and North Ostrobothnia. A total of 43 silage samples were analysed, of which six were whole crop cereal silages and the others were grass silages. The total number of samples was 102. Almost all silage samples contained mycotoxins and their concentrations varied widely. Particularly the mouldy samples showed very high concentrations of mycotoxins. The most common mycotoxin was beauvericin in grass silage and roquefortine C in whole crop cereal silage. Aflatoxin, which impairs food safety and could be transferred to milk, was not found. It was common, that mycotoxin-contaminated feeds contained several types of mycotoxins. In addition to on-farm samples, the presence of mycotoxins was detected in silages from a few feeding trials with cattle. Silages from experiments with a reduced intake, for which no clear reason could be found in the feed analysis results of the silage, were selected. It was difficult to demonstrate the effects of mycotoxins to the lower feed intake and performance than expected. However, their possible effects could not be completely excluded.

The second article deals with the ensiling of silage from timothy (*Phleum pratense*)-meadow fescue (*Festuca pratensis*) and red clover (*Trifolium pratense*) stands with three different commercial additives. The treatments were a control without additive, a salt-based additive, a lactic acid bacteria inoculant, and a formic and propionic acid-based additive. The effect of normal and loose compaction of the feed on silage quality was also studied. The feeds were stored in pilot scale ensiling silos. Only minor differences were obtained between the two different types of compactions. The reason for the lack of clear differences may have been the pilot scale method used, which is quite airtight, so that even in a loose feed mass the effects of oxygen in the silo could not be simulated similarly as under practical conditions. Silage additives can influence the fermentation profile of the feed, the preservation losses and aerobic stability. The differences in silage fermentation quality between additives were similar for both silage crops, but much more pronounced for grass than for red clover. When ensiling the challenging low-sugar red clover, only the formic acid-based additive was able to clearly improve fermentation quality.

The third paper deals with a grazing simulation experiment to study the effect of short and long stubble height on the yield and digestibility of grass yields in different grass mixtures and pure grass stands. The experiment was carried out in two consecutive growing seasons. The longer stubble height resulted in a better total yield in both years. There were differences in the plant species, which only became apparent in the second year. The pure stands of timothy and smooth brome (*Bromus inermis*) had lower yield than the timothy-meadow fescue mixture

used as a control. Plant species, stubble height and a combination of these had variable effects on forage digestibility depending on the harvesting cycle.

In the fourth article, establishment, overwintering, yield and quality of the less common grassland species in Finland were examined at the single plot scale. The cultivated grassland species were birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), lucerne (*Medicago* spp.), yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*), goat's rue (*Galega orientalis*), white clover (*Trifolium repens*), chicory (*Cichorium intybus*) and various herbs as pure stands or in mixtures. Birdsfoot trefoil and goat's rue produced a harvest only in the second year after establishment. Yellow sweet clover and herbs did not survive over the winter. The best total yield was obtained by lucerne. In terms of nutritional quality, white clover proved to be a digestible and protein-rich forage crop with a consistent quality over a long period. Differences in establishment and overwintering of the species should be taken into account when establishing grass stands.

Keywords: silage, ensiling, additive, compaction, mycotoxin, grass, grazing, feed, feeding, cattle



# Sisällys

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Mykotoksiinien esiintyminen suomalaisten maatilojen ja ruokintakokeiden säilörehuissa .....</b> | <b>9</b>  |
| 1.1. Johdanto.....                                                                                    | 10        |
| 1.2. Aineisto ja menetelmät.....                                                                      | 11        |
| 1.2.1. Mykotoksiinikartoitus tilasäilörehuista.....                                                   | 11        |
| 1.2.2. Mykotoksiinikartoitus ruokintakokeiden säilörehuista .....                                     | 13        |
| 1.2.3. Mykotoksiinianalyysit.....                                                                     | 14        |
| 1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu .....                                                            | 17        |
| 1.3.1. Maatilasäilörehut .....                                                                        | 17        |
| 1.3.2. Koesäilörehut .....                                                                            | 24        |
| 1.3.3. Mykotoksiininen ennaltaehkäisy on tärkeää .....                                                | 28        |
| 1.4. Johtopäätökset .....                                                                             | 29        |
| 1.5. Viitteet .....                                                                                   | 30        |
| <b>2. Säilöntäaineet heinä- ja apilasäilörehujen laadun varmistajina.....</b>                         | <b>34</b> |
| 2.1. Johdanto.....                                                                                    | 35        |
| 2.2. Kokeen toteutus .....                                                                            | 36        |
| 2.3. Tulokset ja niiden tarkastelu .....                                                              | 38        |
| 2.3.1. Säilöntäaineiden vaikutusmekanismit .....                                                      | 38        |
| 2.3.2. Kasviraaka-aineiden ominaisuudet.....                                                          | 38        |
| 2.3.3. Säilörehujen käymislaatu.....                                                                  | 39        |
| 2.4. Johtopäätökset .....                                                                             | 43        |
| 2.5. Viitteet .....                                                                                   | 43        |
| <b>3. Laidunsimulaatio osoitti - lyhyt sängenkorkeus verottaa satoa .....</b>                         | <b>45</b> |
| 3.1. Emolehmätilalla laidunnuksen onnistumisella on väliä.....                                        | 45        |
| 3.2. Laidunsimulointia koneniitolla.....                                                              | 46        |
| 3.3. Kasvilajierot näkyivät toisena satovuonna .....                                                  | 48        |
| 3.4. Nuoret nurmet herkimpiä matalalle sängelle .....                                                 | 50        |
| 3.5. Lajit ja lajikkeet vaikuttavat D-arvon säilymiseen.....                                          | 50        |
| 3.6. Viitteet .....                                                                                   | 51        |
| <b>4. Nurmipalkokasveja ja -yrttejä pohjoisiin nurmiin – riski vai mahdollisuus? .52</b>              |           |
| 4.1. Nurmikasvien havaintoruudut .....                                                                | 52        |
| 4.2. Mailasseos vakiintui parhaiten.....                                                              | 55        |
| 4.3. Sadon ruokinnallisessa laadussa huomattavaa vaihtelua.....                                       | 55        |
| 4.4. Puhdaskasvustoista vinkkejä seosten koostamiseen .....                                           | 56        |

# 1. Mykotoksiinien esiintyminen suomalaisten maatilojen ja ruokintakokeiden säilörehuissa

Katariina Manni<sup>1</sup>, Sari Rämö<sup>2</sup>, Marcia Franco<sup>1</sup>, Marketta Rinne<sup>1</sup> ja Arto Huuskonen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

<sup>2</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Myllytie 1, 31600 Jokioinen

<sup>3</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

## Tiivistelmä

Mykotoksiinit eli homemyrkyt ovat näkymättömiä, mauttomia ja hajuttomia homekasvustossa muodostuneita myrkyllisiä yhdisteitä, eikä niitä voi havaita rehuista ilman laboratorioanalysointia. Niitä voi olla rehussa riippumatta siitä, onko rehussa näkyvää homea vai ei. Mykotoksiineja voi muodostua rehuihin useassa eri vaiheessa. Siten niiden ennaltaehkäisy vaatii kokonaisvaltaista rehuntuotannon hallintaa. Mykotoksiinit voivat aiheuttaa huomattavia taloudellisia tappioita kotieläintuotannossa. Taustalla on usein sadonmenetyksiä, eläinten sairastumisia ja tuotannonmenetyksiä.

Mykotoksiinien esiintymistä suomalaisissa säilörehuissa on tutkittu vähän. Tiedon lisäämiseksi kartoitettiin 32 eri mykotoksiinin esiintymistä tilasäilörehuissa Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan sekä Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan nautatiloilla. Analysoitavia säilörehuja oli yhteensä 43, joista kuusi oli kokoviljasäilörehuja ja muut nurmisäilörehuja. Näytteitä oli yhteensä 102.

Nurmisäilörehunäytteistä 94 %:ssa ja kokoviljasäilörehunäytteistä 80 %:ssa oli mykotoksiineja. Kaikissa homeisissa näytteissä oli mykotoksiineja. Mykotoksiinien pitoisuuksissa oli paljon vaihtelua. Osassa pitoisuudet olivat pieniä, mutta oli myös näytteitä, joissa pitoisuudet olivat hyvinkin korkeita. Erityisesti homeisissa näytteissä oli erittäin korkeita pitoisuuksia. Yleisin mykotoksiini nurmisäilörehuissa oli beauverisiini ja kokoviljasäilörehuissa roquefortine C. Ruokaturvallisuutta heikentävää, mahdollisesti maitoon siirtyvää aflatoksiinia ei löytynyt. Useiden eri mykotoksiinien yhtäaikainen esiintyminen yksittäisissä näytteissä oli yleistä.

Useissa suomalaisissa nautojen ruokintakokeissa nurmen jälkisadoilla ruokitut naudat ovat syöneet rehua odotettua vähemmän ja niiden tuotantotulokset ovat olleet odotettua heikommät. Selkeää syytä syönnin vähentymiseen ei kuitenkaan ole löytynyt säilörehujen rehuanalyysituloksista. Mykotoksiinien esiintymistä kartoitettiin muutamista tällaisten kokeiden säilörehuista.

Mykotoksiinien osuutta ruokintakokeissa havaittuihin odotettua pienempiin rehujen syönteihin ja heikentyneisiin tuotantotuloksiin oli vaikea osoittaa. Vaikka varmuudella ei voitu sanoa johduko kokeissa havaitut syönnin vähenemiset mykotoksiineista, niiden mahdollista vaikutusta ei kuitenkaan voitu sulkea pois. Pääosin mykotoksiinipitoisuudet olivat pieniä, mutta osassa näytteistä oli useita eri mykotoksiineja, mikä saattaa lisätä niiden haittavaikutuksia.

Rehujen mykotoksiinien tulkintaa vaikeuttaa erityisesti raja-arvojen puuttuminen. Lisäksi tulisi huomioida mykotoksiinien kokonaissaanti syödyistä rehuista ja useamman mykotoksiinin yhteisvaikutus. Mykotoksiiniriskin minimoinnissa tulee panostaa ennaltaehkäisyyn. Siinä keskeistä on hyvät viljelykäytännöt, huolellinen rehujen säilöntä, nopea rehun kulutus syöttövaiheessa ja hyvä ruokintahygienia. Lisäksi homeisen rehun syöttämistä eläimille tulee välttää.

**Asiasanat:** nurmisäilörehu, kokoviljasäilörehu, ruokinta, home, homemyrkyt, hometoksiini, nauta

## 1.1. Johdanto

Mykotoksiinit eli homemyrkyt ovat homesienten muodostamia myrkyllisiä yhdisteitä. Niitä esiintyy erityisesti hapellisissa olosuhteissa, kun ympäristön kosteus ja lämpötila ovat niiden muodostumiselle suotuisia. Vain tietyt homesienilajit erittävät mykotoksiineja. Niistä yleisimpiä ovat *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria* ja *Penicillium* (Ogunade ym. 2018).

Mykotoksiinit ovat näkymättömiä, mauttomia ja hajuttomia yhdisteitä, joita ei voi havaita rehuista ilman laboratorioanalysointia (Binder 2007). Myöskään rehun homeisuuden tai homeetomuuden perusteella ei voida varmuudella päätellä, onko siinä mykotoksiineja, sillä niitä voi olla rehussa riippumatta siitä, onko rehussa näkyvää homeetta vai ei (Zain, 2011, Schenk ym. 2019). Toisaalta rehussa voi olla näkyvää homeetta ilman, että siinä on mykotoksiineja.

Mykotoksiineja voi esiintyä niin väkirehuissa kuin karkearehuissakin. Rodriguesin & Naehrerin (2012) kolmivuotisessa tutkimuksessa kerättiin vuosien 2009–2011 aikana Amerikasta, Euroopasta ja Aasiasta yhteensä 7 049 rehunäytettä, joista analysoitiin mykotoksiineja. Analysoiduista näytteistä 81 %:ssa löytyi vähintään yhtä mykotoksiinia. Suurin osa rehujen mykotoksiinitutkimuksista on tehty viljoilla, minkä vuoksi mykotoksiinien esiintymisestä säilörehuissa löytyy huomattavasti vähemmän tutkimustietoa (Gallo ym. 2015). Monissa maissa suuri osa nautojen syömästä rehun kuiva-aineesta on kuitenkin säilörehua (Wilkinson & Rinne 2017). Siten se saattaa olla merkittävä mykotoksiinien lähde. Koska monet säilörehujen mykotoksiinitutkimukset on tehty maissisäilörehuilla, tutkimustietoa mykotoksiinien esiintymisestä nurmisäilörehuissa on huomattavasti vähemmän.

Tyypillisiä säilörehuissa esiintyviä mykotoksineja ovat mm. trikotekeenit, fumonisiinit, aflatoksiinit, zearalenoni, okratoksiini A, mykofenolihapo ja roquefortine C (Schneweis ym. 2000, CAST 2003, Driehuis ym. 2008, Schmidt ym. 2015). Aflatoksiini B<sub>1</sub> on myrkyllisin, syöpää aiheuttava mykotoksiini. Sitä pidetään merkittävänä ruokaturvallisuutta heikentävänä yhdisteenä, koska se voi siirtyä rehuista eläimen kautta aflatoksiini M<sub>1</sub> -muodossa maitoon (CAST 2003, EFSA 2004). Tämän vuoksi EU-lainsäädännössä on asetettu enimmäispitoisuus rehuissa esiintyvälle aflatoksiini B<sub>1</sub>:lle (European Commission 2011). Lisäksi muutamille muille rehuissa esiintyville mykotoksiineille on asetettu ohjeelliset enimmäismäärät (European Commission 2016). Nämä ovat deoksinivalenoli, zearalenoni, okratoksiini A, fumonisiini B<sub>1</sub> ja B<sub>2</sub> sekä T-2 ja HT-2 -toksiinit.

Mykotoksiinit voivat aiheuttaa huomattavia taloudellisia tappioita kotieläintuotannossa (CAST 2003). Niiden taustalla on yleensä sadonmenetyksiä rehuntuotannossa sekä eläinten sairastumisia ja tuotannonmenetyksiä. Mykotoksiinien aiheuttamat oireet eläimillä ovat usein epämääräisiä, vaihtelevia ja vaikeasti tunnistettavia ja oireiden yhdistäminen mykotoksiineihin on monesti vaikeaa. Tyypillisiä oireita voivat olla mm. rehunsyönnin vähentyminen, lisääntymisongelmat, vastustuskyvyn heikentyminen, tulehdusten lisääntyminen ja tuotantotulosten heikentyminen (CAST 2003).

Märehtijät eivät ole mykotoksiinien aiheuttamille haitoille yhtä herkkiä kuin yksimahaiset, koska pötsimikrobit voivat hajottaa ja inaktivoida useita eri mykotoksiineja (Westlake ym. 1989, Fink-Gremmels 2008). Pötsimikrobien kyky käsitellä mykotoksiineja saattaa kuitenkin ylittyä erityisesti tilanteissa, joissa eläin altistuu suurelle määrälle mykotoksiineja, rehu kulkee nopeasti pötsistä eteenpäin, pötsin happamuus on alhainen tai eläin on herkässä fysiologisessa tilassa (Kiesling ym. 1984, Fink-Gremmels 2008, Debevere ym. 2020). Lisäksi eläimen altistuessa usealle eri mykotoksiinille samanaikaisesti saattaa niiden yhdysvaikutus olla huomattavasti voimakkaampi kuin yksittäisen mykotoksiinin (Šegvić Klarić 2013). Siten vaikka yksittäisen mykotoksiinin

pitoisuudet olisivat rehussa pieniä, useamman eri mykotoksiinin erittämien myrkkyjen yhteisvaikutus saattaa lisätä niiden myrkyllisyyttä huomattavasti.

Mykotoksiineja voi muodostua rehuihin useassa eri vaiheessa alkaen jo pellolta ja jatkuen rehun varastointiin ja syöttöön saakka (Wambacq ym. 2015, Ogunade ym. 2018). Siten niiden ennaltaehkäisy vaatii kokonaisvaltaista rehuntuotannon hallintaa. Hyvät viljelykäytännöt, huolellisuus rehunteon joka vaiheessa, hapettomuus ja alhainen happamuus säilörehun säilönässä, nopea säilörehun syöttörintauksen kulutus ja hyvä ruokintahygienia ovat avaintekijöitä, joilla voidaan pienentää mykotoksiinien esiintymisen riskiä. Ennaltaehkäisyyn merkitys korostuu myös sen vuoksi, että muodostuneita myrkkyjä ei voi enää poistaa rehusta. Mikäli mykotoksiineja muodostuu rehuun, ainoa keino ongelmien minimoimiseksi on pyrkiä rajoittamaan niiden lisääntymistä.

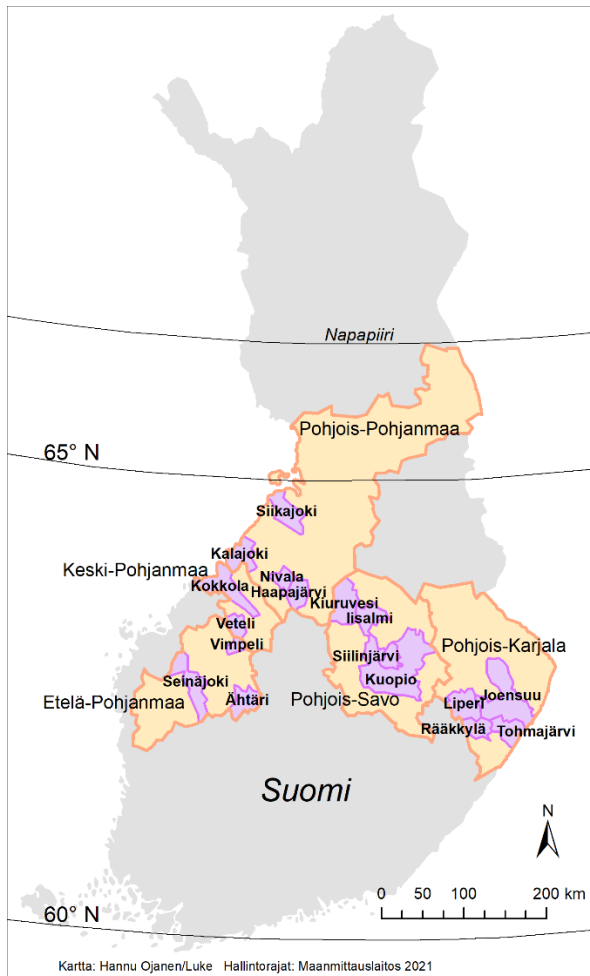
Useissa suomalaisissa nautojen ruokintakokeissa nurmen jälkisadoilla ruokitut naudat ovat syöneet rehua odotettua vähemmän ja niiden tuotantotulokset ovat olleet odotettua heikommat. Selkeää syytä syönnin vähentymiseen ei kuitenkaan ole löytynyt säilörehujen rehuanalyysituloksista. Yhtenä tekijänä on saattanut olla rehujen heikentynyt mikrobiologinen laatu ja rehuihin muodostuneet mykotoksiinit, jotka eivät näy perinteisistä rehuanalyyseistä. Mykotoksiinien esiintymisestä suomalaisissa säilörehuissa on kuitenkin hyvin vähän tutkittua tietoa. Tiedon lisäämiseksi Tuottava Nautatilan Nurmi -hankkeessa kartoitettiin mykotoksiinien esiintymistä tilasäilörehuissa ja muutamissa aiempien ruokintakokeiden säilörehuissa.

## 1.2. Aineisto ja menetelmät

### 1.2.1. Mykotoksiinikartoitus tilasäilörehuista

Säilörehujen mykotoksiinitutkimuksessa kartoitettiin 32 eri mykotoksiinin esiintymistä tilasäilörehuissa. Myöhemmässä kappaleessa 1.2.3 Mykotoksiinianalyysit on Taulukko 2, johon on koottu säilörehunäytteistä analysoidut mykotoksiinit ja kunkin mykotoksiinin määrittämisraja (LOQ-arvo).

Säilörehunäytteet mykotoksiinianalyysijä varten kerättiin 20 nautatilalta, jotka sijaitsivat Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa sekä Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla (Kuva 1). Kustakin maakunnasta oli mukana neljä tilaa. Näytteiden keruun ajankohta oli helmi-maaliskuu 2020.



**Kuva 1.** Karttaan on merkittynä alue, josta säilörehunäytteet mykotoksiinikartoitusta varten kerättiin. Karttaan on merkitty keltaisella maakunnat ja violetilla kunnat, joissa tilat sijaitsivat.

Näytteet otettiin ensisijaisesti toisen ja/tai kolmannen korjuun nurmisäilörehuista, mutta myös ensimmäisen niiton rehuista otettiin näytteitä. Mikäli tilalla oli kokoviljasäilörehua, myös siitä otettiin näyte. Analysoitavia säilörehuja oli yhteensä 43, joista kuusi oli kokoviljasäilörehuja ja muut nurmisäilörehuja. Säilörehuista 13 oli varastoitu laakasiilon, viisi aumaan ja 24 pyöröpaaleihin. Yhden säilörehun varastointitavasta ei saatu tietoa. Säilörehuista 13 oli säilötty happopohjaisella säilöntäaineella, 8 biologisella säilöntäaineella, neljä ilman säilöntäainetta ja 18 säilörehun säilönnästä ei ollut tietoa saatavilla. Suurin osa nurmisäilörehuista oli nurmiheinien seoksia, mutta osassa seoksissa mukana oli myös nurmipalkokasveja. Kokoviljasäilörehuissa oli vaihtelevasti vehnää, ohraa, hernetta ja nurmiheinäkasveja.

Kaikista analysoitavista säilörehuista otettiin näytteet rehun pinnasta ja sisäosasta. Pintaosan näytteet otettiin enintään 20 cm:n syvyydestä ja sisäosan näytteet vähintään 30 cm:n syvyydestä. Jos rehussa oli homeetta, pinta- ja sisäosan näyte otettiin vähintään 15 cm:n etäisyydeltä homehtuneesta kohdasta. Sekä pinnasta että sisäosasta kerättiin molemmista 10 osanäytettä, sekoitettiin ja otettiin varsinainen analyysinäyte. Mikäli rehussa oli näkyvää homeetta, siitä otettiin erillinen näyte. Homeisesta rehusta kerättiin enintään 10 homekohdasta osanäytteet, sekoitettiin ja otettiin analyysinäyte. Näytteet pakastettiin heti näytteenoton jälkeen.

Kaikista näytteistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus Luken Jokioisten laboratoriossa. Primäärikuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, yön yli). Mykotoksiinianalyysijä varten näytteet kuivattiin uunissa 60 °C:ssa 18 tunnin ajan, minkä jälkeen ne jauhettiin. Mykotoksiini

analyysit tehtiin Luken Jokioisten laboratoriossa Huuskosen ym. (2018), Rämön ym. (2020) ja Mannin ym. (2022) kuvaamin menetelmin. Myöhemmässä kappaleessa 1.2.3 Mykotoksiinianaalyysit on lyhyt kuvaus analyysimenetelmästä. Mykotoksiinipitoisuuksien laskemiseksi kuiva-aineessa analyysikuivatut näytteet kuivattiin vielä 105 °C:ssa 16 tunnin ajan. Raportoidut mykotoksiinipitoisuudet ilmoitettiin mikrogrammoina kilossa kuiva-ainetta. Mikäli mykotoksiinipitoisuus oli LOQ-arvon alapuolella, kyseisen näytteen tuloksena käytettiin puolta sen LOQ-arvosta.

### 1.2.2. Mykotoksiinikartoitus ruokintakokeiden säilörehuista

Mykotoksiinit analysoitiin Luken tutkimusnavetoissa tehtyjen viiden ruokintakokeen säilörehuista. Analysoitaviksi säilörehuiksi valittiin sellaisten kokeiden rehuja, joissa syönti oli jäänyt alle odotetun eikä selkeää syytä syönnin alentumiselle löydetty. Ruokintakokeista kaksi oli tehty lihanaudoilla ja kolme lypsylehmillä. Lihanautojen ruokintakokeet oli tehty Luken Siikajoen tutkimusasemalla Ruukissa ja lypsylehmien Luken Kuopion tutkimusasemalla Maaningalla.

Mykotoksiinianaalyysit tehtiin Luken Jokioisten laboratoriossa Huuskosen ym. (2018) ja Rämön ym. (2020) kuvaamin menetelmin. Myöhemmässä kappaleessa 1.2.3 Mykotoksiinianaalyysit on lyhyt kuvaus analyysimenetelmästä. Lisäksi kyseisessä kappaleessa Taulukossa 2 on koottuna kussakin kokeessa analysoidut mykotoksiinit ja kunkin mykotoksiinin LOQ-arvo. Analyysitulokset on esitetty mikrogrammoina analyysikuivatussa näytteessä.

Vuonna 2016 lihanaudoilla tehdyissä ruokintakokeissa oli kaksi osakoetta. Toisessa osakokeessa sonnit saivat ensimmäisen ja toisen niiton nurmisäilörehua ja toisessa osakokeessa oli ensimmäisen, toisen ja kolmannen niiton nurmisäilörehuja. Kaikki säilörehut oli tehty puhtaasta timoteikasvustosta (lajike Tuure) vuonna 2015. Ensimmäinen niitto oli tehty 25.6., toinen 11.8. ja kolmas 3.10. Korjuu tapahtui noin vuorokausi niiton jälkeen. Kaikki säilörehut säilöttiin muurahaishappopohjaisella AIV ÄSSÄ –säilöntäaineella, jota käytettiin 5 litraa/tonni tuoretta ruohoa. Säilörehut varastoitiin pyöröpaaleihin. Yksityiskohtaiset tiedot ruokintakokeen koejärjestelyistä ja tuloksista on luettavissa Huuskosen & Pesosen (2017) ja Huuskosen ym. (2018) artikkeleista.

Vuonna 2018 lihanaudoilla tehdyssä ruokintakokeessa oli vuonna 2017 timoteikasvustosta (lajike Tenho) korjattua nurmisäilörehua sekä kevätruisevhnästä (lajike Nagano) ja ohrasta (lajike Wolmari) tehtyä kokoviljasäilörehua. Timoteikasvusto oli niitetty 28.6. ja korjattu noin vuorokausi niiton jälkeen. Kevätruisevhnä- ja ohrakokoviljasäilörehut oli korjattu taikinatuleentumisvaiheessa pystykasvustosta 19.9. Säilöntäaineena kaikilla koesäilörehuilla oli muurahaishappopohjainen GrasAAT SX, jota annosteltiin 5 litraa/tonni tuoretta rehua. Säilörehut varastoitiin laakasiiloihin. Yksityiskohtaiset tiedot ruokintakokeen koejärjestelyistä ja tuloksista ovat luettavissa Huuskosen ym. (2020) artikkelista.

Lypsylehmillä vuonna 2015 tehdyssä ruokintakokeessa oli timotei-nurminatakasvustosta tehtyä säilörehua, joka oli korjattu kolmena eri ajankohtana vuonna 2014. Kaksi säilörehuista oli toisen niiton rehuja, aikainen ja myöhäinen niitto, ja yksi säilörehu oli kolmannen niiton rehua. Toisen sadon niitot oli tehty 24.7. (aikainen) ja 6.8. (myöhäinen) ja kolmannen sadon niitto 1.9. Ruokintakokeen koejärjestelyt ja tulokset on raportoinut Sairanen ym. (2016).

Lypsylehmillä vuosina 2011 ja 2017 tehdyissä ruokintakokeissa oli samojen vuosien timotei-nurminatakasvustoista tehtyjä ensimmäisen, toisen ja kolmannen niiton säilörehuja. Vuoden 2011 kokeessa säilörehun ensimmäinen niitto oli tehty 12.6., toinen 26.7. ja kolmas 4.9. Vuoden 2017 kokeessa säilörehun ensimmäinen niitto puolestaan oli tehty 21.6., toinen 27.7. ja kolmas 25.9. Molemmissa kokeissa kaikki säilörehut oli säilötty muurahaishappopohjaisella AIV 2 Plus –säilöntäaineella, jota käytettiin 5 litraa/tonni tuoretta ruohoa. Vuoden 2011 säilörehut

varastoituihin pyöröpaaleissa ja vuoden 2017 säilörehut varastoituihin laakasiiloissa. Yksityiskohtaiset tiedot molempien ruokintakokeiden koejärjestelyistä ja tuloksista on raportoitu Sairasen ym. (2021) artikkelissa.

### 1.2.3. Mykotoksiinianalyysit

Mykotoksiinien analysointi säilörehuista on suhteellisen uusi tutkimuskohde Suomessa. Neste-kromatografi-massaspektrometriaan (UHPLC-MS/MS) perustuvan määrittämenetelmän kehitystyö aloitettiin Lukessa vuonna 2017, jolloin määritettäviä yhdisteitä oli 19 (Huuskonen ym. 2018). Tällöin *Fusarium*-toksiineihin kuuluvat trikotekeenit (8 yhdistettä, Taulukko 1) analysoitiin vielä viljanäytteille akkreditoidulla kaasukromatografi-massaspektrometrillä (GC-MS) -menetelmällä (Huuskonen ym. 2018). Nyt käytössä olevassa UHPLC-MS/MS-menetelmässä on mukana yhteensä 34 mykotoksiinia (Taulukko 1), joiden tuottajia ovat *Alternaria*-, *Aspergillus*-, *Fusarium*- ja *Penicillium*-suvun homesienet (Rämö ym. 2020, Manni ym. 2022). Menetelmäkehityksen myötä mykotoksiinien määrittärajat (LOQ) ovat tarkentuneet ja useimpien mykotoksiinien LOQ-arvot ovat alhaisemmat kuin, mitä ne olivat vuoden 2016 lihanautojen ruokintakokeen näytteissä (Taulukko 2, Taulukko 8).

**Taulukko 1.** UHPLC-MS/MS-menetelmään valitut mykotoksiinit sekä niitä tuottavat homesienet.

| Homesienilaji           | Määritetyt mykotoksiinit (33 yhdistettä)                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Alternaria spp.</i>  | Alternarioli, alternarioli monometyylietteri ja tenuatsonihappo                                                                                                                                                                                          |
| <i>Aspergillus spp.</i> | Aflatoksiinit B1, B2, G1, G2, sterigmatokystiini ja syklopiatsonihappo                                                                                                                                                                                   |
| <i>Fusarium spp.</i>    | Beauverisiini, enniatinit A, A1, B, B1, fumonisiinit B1, B2, B3, moniliformiini ja zearalenoni sekä ns. trikotekeenit: deoxynivalenoli, 3- and 15-asetyylideoxynivalenolit, diasetoxyskirpenoli, fusarenoni X, HT-2-toksiini, nivalenoli ja T-2-toksiini |
| <i>Penicillium spp.</i> | Mykofenoliinihappo, okratoksiini A, patuliini, penisilliini happo, roquefortine C, sitriniini ja syklopiatsonihappo                                                                                                                                      |

Mykotoksiinien määrittäystä varten näytteet uunikuivattiin ja homogenoitiin. Mykotoksiinit uutettiin ns. QuEChERS (quick, easy, cheap, effective, rugged tai robust, safe) -tekniikalla 1 g homogeenista rehunäytettä veden ja asetonitriliin seoksella, jossa oli mukana etikkahappoa. Näyteuutteelle tehtiin lisäksi ns. dSPE (dispersive solid phase extraction) -puhdistus, väkevöinti ja liuottaminen ajoliuokseen. Sekä raakauute (asetonitrilissä) että puhdistettu näyte suodatettiin UHPLC-MS/MS-mittausta varten.

Mykotoksiinit erotettiin ja tunnistettiin sisäisen standardin menetelmällä joko positiivisella tai negatiivisella ionisaatiolla ns. monirektioseurannalla (MRM) UHPLC-MS/MS-laitteella (Waters Acquity UPLC Xevo TQ MS). Niille valmistettiin usean pisteen liuos- ja matriisikalibraatiot, jotka esikäsiteltiin kuten tutkittavat näytteet. Matriisikalibraatioon käytettiin mykotoksiinivapaata nurmisäilörehunäytettä. Mykotoksiinit erotettiin toisistaan ja näyteuutteesta Waters Acquity UPLC BEH C18 kolonnilla (1,7 µm, 2,1 x 100 mm) ns. gradienttiajolla, jossa liuos A oli vesi ja liuos B oli asetonitrili, joihin kumpaankin lisättiin 0,1 % muurahaishappoa (Huuskonen ym. 2018). Ajon alussa A-liuoksen määrä oli 100 % polaaristen yhdisteiden (moniliformiini) havaitsemiseksi, B-liuoksen osuutta kasvatettiin vaiheittain 100 %:iin, jolloin myös kaikkein poolittomimmat yhdisteet (enniatiniini) erottuivat.



Mykotoksiinien pitoisuudet määritettiin suodatetusta raakauutteesta ensisijaisesti nurmisäilörehuun valmistetulla usean pisteen matriisikalibraatiolla. Jos mykotoksiinin pitoisuus näytteessä ylitti korkeimman kalibraationäytteen pitoisuuden, näyteuutteesta valmistettiin 10-kermainen laimennos mykotoksiinivapaalla näyteuutteella. Kaikista tiloilta kerätyistä homeisista nurmisäilörehunäytteistä ja näytteistä, joissa oli kokoviljaa raaka-aineena, tehtiin rinnakkaismääritys analyysituloksen varmistamiseksi. Myös niistä nurmisäilörehunäytteistä, joissa esiintyi LOQ-arvon ylittäviä mykotoksiinipitoisuuksia, tehtiin rinnakkaismääritykset. Lisäksi tehtiin takaisinsaantokokeet mykotoksiinivapaaseen näytteeseen tulosten ja pienimmän määritettävissä olevan pitoisuuden varmistamiseksi. Patuliini ja 8 trikotekeenia määritettiin dSPE-puhdistetusta, väkevöidystä ja ajoliuokseen liuotetusta näytteestä samalla tavalla valmistetulla matriisikalibraatiolla. Pienimmät määritettävissä olevat pitoisuudet (LOQ) on ilmoitettu analyysikuvassa näytteessä.

Taulukkoon 2 on koottu tilasäilörehuista ja ruokintakokeiden säilörehuista analysoidut mykotoksiinit. Lisäksi siinä on kunkin mykotoksiinin LOQ-arvo.

**Taulukko 2.** Tila- ja koesäilörehunäytteistä UHPLC-MS/MS-menetelmällä analysoidut mykotoksiinit ja niiden määrittämisrajat (LOQ). Tästä poikkeuksena vuoden 2016 lihanautojen ruokintakoe, jossa trikotekeenit määritettiin GC-MS-menetelmällä. Merkintä X tarkoittaa, että kyseinen mykotoksiini on analysoitu.

| Mykotoksiini                            | LOQ, µg/kg | Tilasäilörehut v. 2020 <sup>1</sup> | Liha-naudat v. 2016 <sup>2</sup> | Liha-naudat v. 2018 <sup>3</sup> | Lypsy-lehmät v. 2014 <sup>4</sup> | Lypsy-lehmät v. 2011 <sup>5</sup> | Lypsy-lehmät v. 2017 <sup>5</sup> |
|-----------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 15-asetyylideoxynivalenoli <sup>6</sup> | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| 3-asetyylideoxynivalenoli <sup>6</sup>  | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Aflatoksiini B1                         | 30         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Aflatoksiini B2                         | 30         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Aflatoksiini G1                         | 30         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Aflatoksiini G2                         | 30         | X                                   | X                                | X <sup>7</sup>                   | X                                 | X <sup>7</sup>                    | X <sup>7</sup>                    |
| Alternarioli                            | 50         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Alternarioli monometyylieetteri         | 50         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Beuverisiini                            | 5          | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Deoksinivalenoli <sup>6</sup>           | 130        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Diaetoksiskirpenoli <sup>6</sup>        | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Enniatiini A                            | 10         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Enniatiini A1                           | 10         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Enniatiini B                            | 10         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Enniatiini B1                           | 10         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Fumonisiini B1                          | 13         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Fumonisiini B2                          | 13         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Fumonisiini B3                          | 13         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| fusarenoni-X <sup>6</sup>               | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| HT-2 <sup>6</sup>                       | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Mykofenolihappo                         | 25         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Okratoksiini A                          | 10         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Patuliini <sup>6, 8</sup>               | 250        | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Penisilliinihappo                       | 50         | X                                   |                                  | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Roquefortine C                          | 10         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Sterigmatokystiini                      | 30         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Syklopiatsonihappo                      | 25         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| T-2 <sup>6</sup>                        | 250        | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Zearalenoni                             | 30         | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Moniliformiini <sup>9</sup>             |            | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Nivalenoli <sup>6,9</sup>               |            | X                                   | X <sup>7</sup>                   | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Sitriini <sup>10</sup>                  |            | X                                   | X                                | X                                | X                                 | X                                 | X                                 |
| Tenuatsonihappo <sup>11</sup>           |            |                                     | X                                | X                                |                                   | X                                 | X                                 |

<sup>1</sup> Nautatiloilta kerätyt nurmi- ja kokoviljasäilörehunäytteet.

<sup>2</sup> Nurmisäilörehu, ensimmäinen, toinen ja kolmas sato.

<sup>3</sup> Nurmisäilörehu, kevätuisvehnäsäilörehu ja ohrakokoviljasäilörehu.

<sup>4</sup> Nurmisäilörehu, kolme niittoajankohtaa: toinen sato aikainen ja myöhäinen niitto sekä kolmas sato.

<sup>5</sup> Nurmisäilörehu, ensimmäinen, toinen ja kolmas sato.

<sup>6</sup> Yhdisteen pitoisuus määritettiin dSPE-puhdistetusta näytteestä, joka väkevöitiin ja liuotettiin ajoliuokseen.

<sup>7</sup> Yhdiste määritettiin kaasukromatografi-massaspektrometrisesti viljamatriisille akkreditoidulla *Fusarium*-toksiinimenetelmällä.

<sup>8</sup> Yhdisteelle monirektioeurannassa (MRM) käytössä olevalla varmistusreaktiolla esiintyy säilörehusta peräisin olevaa matriisihäiriötä, mikä nostaa yhdisteen määrittämisrajan (LOQ-arvo).

<sup>9</sup> Yhdisteen tunnistamiseen käytetty MRM:n intensiteetti oli heikko, lisäksi säilörehumatriisista peräisin olevat häiriöt estivät yhdisteen määrittämisen.

<sup>10</sup> Yhdistettä ei voitu havaita näytteistä, koska se ei ollut pysyvä näyteuutteessa.

<sup>11</sup> Käytetyllä UHPLC-gradientilla ja analyyttisellä kolonnilla vain hyvin korkeat pitoisuudet olivat havaittavissa. Yhdistettä ei analysoitu vuoden 2020 tilasäilörehuista eikä vuonna 2014 otetuista lypsylehmien ruokintakokeen näytteistä.

## 1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 1.3.1. Maatilasäilörehut

Säilörehujen kuiva-ainepitoisuuksissa oli huomattavaa vaihtelua (Taulukko 3). Nurmisäilörehusäilöjen pinnasta ja sisäosasta sekä homeisista kohdista otettujen näytteiden keskimääräiset kuiva-ainepitoisuudet olivat hieman korkeammat kuin kokoviljasäilörehujen vastaavat. Nurmisäilörehujen pinta- ja sisäosan näytteiden keskimääräisissä kuiva-ainepitoisuuksissa ei ollut eroa, kun taas kokoviljasäilörehujen sisäosan näytteiden keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli hieman pienempi kuin pinnasta otettujen näytteiden. Homeisten näytteiden keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli pienempi kuin pinta- ja sisäosan näytteiden sekä nurmi- että kokoviljasäilörehuissa. Ensimmäisen niiton säilörehuissa oli korkein keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus ja kolmannen niiton säilörehuissa matalin.

**Taulukko 3.** Nurmi- ja kokoviljasäilörehunäytteiden määrät sekä kuiva-ainepitoisuudet. Nurmisäilörehujen eri niittokertojen tulokset sisältävät sekä pinta- että sisäosan näytteet mutta ei homeisia näytteitä.

|                           | Näytteitä | Kuiva-aine, g/kg |              |     |     |
|---------------------------|-----------|------------------|--------------|-----|-----|
|                           | Kpl       | Keskiarvo        | Keskihajonta | Min | Max |
| <b>Nurmisäilörehu</b>     |           |                  |              |     |     |
| Sisäosa                   | 37        | 325              | 125,8        | 167 | 720 |
| Pinta                     | 37        | 325              | 122,7        | 179 | 709 |
| Homeinen                  | 13        | 308              | 145,9        | 138 | 606 |
| Niittokerroittain         |           |                  |              |     |     |
| Ensimmäinen niitto        | 10        | 407              | 186,9        | 204 | 720 |
| Toinen niitto             | 42        | 360              | 101,3        | 196 | 623 |
| Kolmas niitto             | 22        | 221              | 31,1         | 167 | 286 |
| <b>Kokoviljasäilörehu</b> |           |                  |              |     |     |
| Sisäosa                   | 6         | 295              | 104,3        | 168 | 458 |
| Pinta                     | 6         | 320              | 67,0         | 263 | 435 |
| Homeinen                  | 3         | 234              | 34,4         | 200 | 269 |

Taulukkoon 4 on koottu nurmisäilörehujen, Taulukkoon 5 kokoviljasäilörehujen ja Taulukkoon 6 nurmisäilörehujen eri niittokertojen näytteistä havaitut mykotoksiinit, mykotoksiineja sisältäneiden näytteiden määrät ja mykotoksiinipitoisuudet. Säilörehunäytteistä analysoiduista 32 mykotoksiinista löytyi 10, joista yhdeksän nurmisäilörehuista ja kahdeksan kokoviljasäilörehuista. Kaiken kaikkiaan 92 %:ssa analysoiduista näytteistä esiintyi mykotoksiineja, nurmisäilörehunäytteistä 94 %:ssa ja kokoviljasäilörehunäytteistä 80 %:ssa. Kaikista analysoiduista 102 näytteestä ainoastaan kahdeksan oli sellaisia, joista ei havaittu mykotoksiineja. Lisäksi vain kaksi säilörehua oli sellaisia, joiden sekä pinta- että sisäosan näytteestä ei havaittu mykotoksiineja. Kaikissa homeisissa näytteissä oli mykotoksiineja, osassa hyvinkin korkeita pitoisuuksia. Huomionarvoista oli myös se, että näytteissä, joissa ei ollut näkyvää homeita, oli mykotoksiineja. Siten aistinvaraisesti hyvältä vaikuttava rehu ei aina kerro kaikkea rehun laadusta eikä varsinkaan mykotoksiinien esiintyvyydestä.

**Taulukko 4.** Mykotoksiinien esiintyvyys ja pitoisuudet nurmisäilörehuissa. Tuloksissa mukana vain mykotoksiineja sisältäneet näytteet.

|                | Sisäosa, 37 näytettä      |    |                     |                 |                 |     |        | Pinta, 37 näytettä        |    |                     |       |         |     |       | Homeinen, 13 näytettä     |    |                     |        |          |     |        |
|----------------|---------------------------|----|---------------------|-----------------|-----------------|-----|--------|---------------------------|----|---------------------|-------|---------|-----|-------|---------------------------|----|---------------------|--------|----------|-----|--------|
|                | Positiivisia<br>näytteitä |    | Pitoisuus, µg/kg ka |                 |                 |     |        | Positiivisia<br>näytteitä |    | Pitoisuus, µg/kg ka |       |         |     |       | Positiivisia<br>näytteitä |    | Pitoisuus, µg/kg ka |        |          |     |        |
|                | Kpl                       | %  | Ka <sup>1</sup>     | Md <sup>2</sup> | Sd <sup>3</sup> | Min | Max    | Kpl                       | %  | Ka                  | Md    | Sd      | Min | Max   | Kpl                       | %  | Ka                  | Md     | Sd       | Min | Max    |
| Alternariol    | 1                         | 3  | 736                 | 736             |                 | 736 | 736    | 1                         | 3  | 493                 | 493   |         | 493 | 493   | 0                         | 0  |                     |        |          |     |        |
| Beauverisiini  | 26                        | 70 | 10                  | 6               | 9,4             | 3   | 32     | 30                        | 81 | 14                  | 9     | 19,3    | 3   | 101   | 11                        | 85 | 1 025               | 15     | 2 669,0  | 3   | 8 854  |
| Enniatiini A   | 2                         | 5  | 27                  | 27              | 0,4             | 27  | 27     | 2                         | 5  | 1 257               | 1 257 | 1 690,4 | 61  | 2 452 | 5                         | 38 | 48                  | 20     | 66,9     | 6   | 167    |
| Enniatiini A1  | 2                         | 5  | 6                   | 6               | 0,03            | 6   | 6      | 2                         | 5  | 780                 | 780   | 1 072,6 | 22  | 1 538 | 5                         | 38 | 51                  | 28     | 56,9     | 6   | 138    |
| Enniatiini B   | 14                        | 38 | 70                  | 49              | 64,6            | 6   | 215    | 16                        | 43 | 45                  | 21    | 58,1    | 6   | 210   | 8                         | 62 | 499                 | 118    | 748,4    | 6   | 2 155  |
| Enniatiini B1  | 15                        | 41 | 13                  | 6               | 13,3            | 6   | 55     | 15                        | 41 | 31                  | 6     | 94,2    | 3   | 371   | 7                         | 54 | 186                 | 65     | 218,4    | 6   | 509    |
| Mykofenolihapo | 8                         | 22 | 515                 | 17              | 1305,0          | 17  | 3737   | 11                        | 30 | 940                 | 181   | 1 588,4 | 17  | 4 843 | 11                        | 85 | 22 291              | 7 942  | 29 989,7 | 27  | 8 4830 |
| Roquefortine C | 18                        | 49 | 1 220               | 6               | 4 962,9         | 6   | 21 101 | 19                        | 51 | 501                 | 28    | 950,4   | 6   | 3 266 | 11                        | 85 | 18 847              | 10 340 | 22 393,9 | 6   | 60 962 |
| Zearalenoni    | 3                         | 8  | 175                 | 164             | 81,9            | 100 | 262    | 2                         | 5  | 77                  | 77    | 84,8    | 17  | 137   | 5                         | 38 | 7 908               | 524    | 10 479,9 | 106 | 19 992 |

<sup>1</sup> Ka = Keskiarvo.<sup>2</sup> Md = Mediaani.<sup>3</sup> Sd = Keskihajonta.

**Taulukko 5.** Mykotoksiinien esiintyvyys ja pitoisuudet kokoviljasäilörehuissa. Tuloksissa mukana vain mykotoksiineja sisältäneet näytteet.

|                  | Sisäosa, 6 näytettä    |    |                     |                 |                 |     |     | Pinta, 6 näytettä      |    |                     |     |         |     |       | Homeinen, 3 näytettä   |     |                     |      |         |     |       |
|------------------|------------------------|----|---------------------|-----------------|-----------------|-----|-----|------------------------|----|---------------------|-----|---------|-----|-------|------------------------|-----|---------------------|------|---------|-----|-------|
|                  | Positiivisia näytteitä |    | Pitoisuus, µg/kg ka |                 |                 |     |     | Positiivisia näytteitä |    | Pitoisuus, µg/kg ka |     |         |     |       | Positiivisia näytteitä |     | Pitoisuus, µg/kg ka |      |         |     |       |
|                  | Kpl                    | %  | Ka <sup>1</sup>     | Md <sup>2</sup> | Sd <sup>3</sup> | Min | Max | Kpl                    | %  | Ka                  | Md  | Sd      | Min | Max   | Kpl                    | %   | Ka                  | Md   | Sd      | Min | Max   |
| Beauverisiini    | 2                      | 33 | 9                   | 9               | 8,4             | 3   | 15  | 3                      | 50 | 15                  | 9   | 16,3    | 3   | 34    | 2                      | 67  | 1 106               | 1106 | 1 559,6 | 3   | 2 208 |
| Deoksinivalenoli | 1                      | 17 | 126                 | 126             |                 | 126 | 126 | 1                      | 17 | 425                 | 425 |         | 425 | 425   | 0                      | 0   |                     |      |         |     |       |
| Enniatiini A     | 0                      | 0  |                     |                 |                 |     |     | 0                      | 0  |                     |     |         |     |       | 1                      | 33  | 97                  | 97   |         | 97  | 97    |
| Enniatiini A1    | 0                      | 0  |                     |                 |                 |     |     | 0                      | 0  |                     |     |         |     |       | 1                      | 33  | 55                  | 55   |         | 55  | 55    |
| Enniatiini B     | 2                      | 33 | 235                 | 236             | 214,0           | 84  | 387 | 1                      | 17 | 299                 | 299 |         | 299 | 299   | 0                      | 0   |                     |      |         |     |       |
| Enniatiini B1    | 2                      | 33 | 21                  | 21              | 7,3             | 16  | 26  | 1                      | 17 | 16                  |     | 16      | 16  | 16    | 1                      | 33  | 13                  | 13   |         | 13  | 13    |
| Mykofenoli happo | 2                      | 33 | 522                 | 522             | 673,0           | 46  | 998 | 2                      | 33 | 754                 | 754 | 1 004,0 | 44  | 1 464 | 3                      | 100 | 2 210               | 257  | 3 472,6 | 154 | 6 220 |
| Roquefortine C   | 3                      | 50 | 68                  | 23              | 62,5            | 30  | 140 | 4                      | 67 | 876                 | 44  | 1 689,2 | 6   | 3 409 | 2                      | 67  | 1 177               | 1177 | 1 427,4 | 168 | 2 186 |

<sup>1</sup> Ka = Keskiarvo.

<sup>2</sup> Md = Mediaani.

<sup>3</sup> Sd = Keskihajonta.

**Taulukko 6.** Mykotoksiinien esiintyvyys ja pitoisuudet ensimmäisen, toisen ja kolmannen niiton nurmisäilörehuissa. Tuloksissa mukana vain mykotoksiineja sisältäneet näytteet.

|                | Ensimmäinen niitto, sisäosa ja pinta, 10 näytettä |    |                     |                 |                 |     |     | Toinen niitto, sisäosa ja pinta, 42 näytettä |    |                     |      |        |      |       | Kolmas niitto, sisäosa ja pinta, 22 näytettä |    |                     |     |         |     |        |
|----------------|---------------------------------------------------|----|---------------------|-----------------|-----------------|-----|-----|----------------------------------------------|----|---------------------|------|--------|------|-------|----------------------------------------------|----|---------------------|-----|---------|-----|--------|
|                | Positiivisia näytteitä                            |    | Pitoisuus, µg/kg ka |                 |                 |     |     | Positiivisia näytteitä                       |    | Pitoisuus, µg/kg ka |      |        |      |       | Positiivisia näytteitä                       |    | Pitoisuus, µg/kg ka |     |         |     |        |
|                | Kpl                                               | %  | Ka <sup>1</sup>     | Md <sup>2</sup> | Sd <sup>3</sup> | Min | Max | Kpl                                          | %  | Ka                  | Md   | Sd     | Min  | Max   | Kpl                                          | %  | Ka                  | Md  | Sd      | Min | Max    |
| Alternariol    | 2                                                 | 20 | 615                 | 615             | 171,9           | 493 | 736 | 0                                            | 0  |                     |      |        |      |       | 0                                            | 0  |                     |     |         |     |        |
| Beauverisiini  | 8                                                 | 80 | 22                  | 10              | 33,2            | 3   | 101 | 28                                           | 67 | 10                  | 7    | 9,8    | 3    | 38    | 20                                           | 91 | 11                  | 10  | 10,0    | 3   | 42     |
| Enniatiini A   | 2                                                 | 20 | 44                  | 44              | 23,9            | 27  | 61  | 2                                            | 5  | 1239                | 1239 | 1714,7 | 27   | 2 452 | 0                                            | 0  |                     |     |         |     |        |
| Enniatiini A1  | 2                                                 | 20 | 14                  | 14              | 11,2            | 6   | 22  | 1                                            | 2  | 1538                | 1538 |        | 1538 | 1 538 | 1                                            | 5  | 6                   | 6   |         | 6   | 6      |
| Enniatiini B   | 2                                                 | 20 | 84                  | 84              | 35,1            | 59  | 109 | 13                                           | 31 | 64                  | 44   | 76,8   | 6    | 215   | 15                                           | 68 | 46                  | 26  | 49,3    | 6   | 187    |
| Enniatiini B1  | 2                                                 | 20 | 6                   | 6               | 0,03            | 6   | 6   | 12                                           | 29 | 41                  | 6    | 105,1  | 3    | 371   | 16                                           | 73 | 9                   | 6   | 6,09    | 6   | 22     |
| Mykofenolihapo | 1                                                 | 10 | 17                  | 17              |                 | 17  | 17  | 11                                           | 26 | 244                 | 18   | 520,9  | 17   | 1 787 | 7                                            | 32 | 1 681               | 282 | 2 076,0 | 17  | 4 842  |
| Roquefortine C | 4                                                 | 40 | 113                 | 52              | 156,6           | 6   | 344 | 20                                           | 48 | 297                 | 6    | 668,1  | 6    | 2 583 | 13                                           | 59 | 1 929               | 19  | 5 829,2 | 6   | 21 101 |
| Zearalenoni    | 0                                                 | 0  |                     |                 |                 |     |     | 0                                            | 0  |                     |      |        |      |       | 5                                            | 23 | 136                 | 137 | 89,6    | 17  | 262    |

<sup>1</sup> Ka = Keskiarvo.

<sup>2</sup> Md = Mediaani.

<sup>3</sup> Sd = Keskihajonta.

Yleisimpiä säilörehujen mykotoksiinien tuottajia ovat *Aspergillus*-, *Fusarium*- ja *Penicillium*-suvun homeet (Cheli ym. 2013, Ogunade ym. 2018). Lisäksi erityisesti *Alternaria*-suvun homeiden tuottamia mykotoksiineja löydetään melko usein (Cheli ym. 2013). *Alternaria* ja *Fusarium* luokitellaan usein peltohomeiksi, mutta myös *Aspergillus*-suvun homeita saattaa esiintyä kasvustossa ennen sadonkorjuuta (Cheli ym. 2013). *Penicillium*-suvun homeita havaitaan tyypillisimmin säilörehussa varastoinnin aikana (Storm ym. 2008, Cheli ym. 2013, Wambacq ym. 2016), mutta toisinaan löydetään myös *Fusarium*- ja *Aspergillus*-sukujen homeita (Storm ym. 2014, Wambacq ym. 2016).

Suomen ilmasto-olosuhteet suosivat *Fusarium*- ja *Penicillium*-sukujen homeita, ja useita niiden erittämiä mykotoksiineja löydettiin näytteistä. Siten mykotoksiineja on saattanut muodostua sekä ennen sadonkorjuuta että sen jälkeen. *Penicillium* kestää melko hyvin tyypillisiä säilörehun säilöntäolosuhteita, kuten alhaista pH:ta ja hapettomuutta (Boysen ym. 2000). Tämä voi ainakin osaltaan selittää *Penicilliumin* tuottamien toksiinien esiintymistä. Myös *Alternaria*-suvun homeiden tyypillisesti tuottamaa mykotoksiinia alternariolia löytyi, tosin vain kahdesta näytteestä.

Yksittäisistä mykotoksiineista erityisesti roquefortine C:n ja mykofenolihapon pitoisuudet olivat osassa näytteistä hyvinkin korkeita. Alternariolia ja zearalenolia löytyi ainoastaan nurmisäilörehuista, kun taas deoksinivalenolia ainoastaan kokoviljasäilörehuista. Havaituista mykotoksiineista ainoastaan deoksinivalenolille ja zearalenonille on EU-komission antamat ohjearvot viljaa sisältäville rehuille, mutta niitä voitaneen pitää ohjeellisina arvoina myös säilörehuille. Näistä zearalenolin pitoisuudet muutamissa homeisissa nurmisäilörehunäytteissä ylitti selvästi komission antaman suosituksen, joka on 2 000 µg/kg 12 %:n kosteuspitoisuudessa (European Commission 2016). Deoksinovalenolia löytyi kahdesta kokoviljasäilörehunäytteestä. Pitoisuudet molemmissa näytteissä olivat selvästi alle EU-komission antaman ohjearvon, joka on 8 000 µg/kg 12 %:n kosteuspitoisuudessa (European Commission 2016).

*Fusarium*-sienten tuottama beauverisiini oli yleisin nurmisäilörehujen mykotoksiini. Sen lisäksi muita yleisimpiä mykotoksiineja olivat *Fusarium*-sienten tuottamat enniatiini B ja enniatiini B1 sekä *Penicillium*-sienten tuottamat mykofenolihappo ja roquefortine C. Lisäksi nurmisäilörehuista löytyi *Alternaria*-sienten tuottamaa alternariolia sekä *Fusarium*-sienten tuottamaa enniatiini A:ta, enniatiini A1:tä ja zearalenonia, mutta niiden esiintyvyys näytteissä oli melko vähäinen.

Kokoviljasäilörehuissa roquefortine C oli yleisin, jonka lisäksi löytyi myös beauverisiinia, *Fusarium*-sienten tuottamaa deoksinivalenolia sekä enniatiini B:tä, enniatiini B1:tä ja mykofenolihappoa. Enniatiini A:ta ja A1:tä löytyi vain homeisista näytteistä. Trikokotekeeneihin kuuluva deoksinivalenoli on tyypillinen viljojen mykotoksiini, joten ei ollut yllätys, että sitä esiintyi kokoviljasäilörehuissa.

Beauverisiini oli yleisin mykotoksiini ensimmäisen, toisen ja kolmannen niiton säilörehuissa. Lisäksi enniatiini B:n, enniatiini B1:n ja roquefortine C:n esiintyvyys oli huomattava kaikissa niitoissa. Mykofenolihapon ja roquefortine C:n esiintyvyys oli yleisempää toisessa ja kolmannessa niitossa kuin ensimmäisessä. Enniatiini B ja enniatiini B1 olivat selvästi yleisempiä kolmannen niiton rehuissa kuin ensimmäisen ja toisen. Zearalenonia havaittiin vain kolmannen ja alternariolia vain ensimmäisen niiton näytteissä. Enniatiini A ja enniatiini A1 olivat yleisempiä ensimmäisessä niitossa kuin toisessa ja kolmannessa. Vaikka selkeää yhteyttä mykotoksiinien esiintymisen ja nurmen korjuukertojen välillä ei havaittu, muutamien yksittäisten mykotoksiinien kohdalla kuitenkin havaittiin viitteitä niiden mahdollisen esiintymisriskin lisääntymisestä erityisesti kolmannen sadon säilörehuissa. Näitä olivat enniatiini B, enniatiini B1, mykofenolihappo, roquefortine C ja zearalenoni. Tähän saattaa vaikuttaa se, että loppukesän ja alkusyksyn korjuuolosuhteet voivat olla kosteat, mikä lisää mykotoksiinien muodostumisen riskiä.



Huomionarvoista oli, että ruokaturvallisuutta heikentäviä aflatoksiineja ei löytynyt yhdestäkään analysoidusta säilörehunäytteestä. Tulosta selittää ainakin osin se, että Suomen ilmasto-olosuhteet ovat epäsuotuisat aflatoksiinien muodostumiselle. Aflatoksiinit ovat *Aspergillus*-homeiden tuottamia toksiineja, joita muodostuu erityisesti trooppisessa ja subtrooppisessa ilmastossa, missä ilma on hyvin lämmintä ja kosteaa (Cheli ym. 2013).

Mykotoksiinien pitoisuuksissa oli paljon vaihtelua. Osassa näytteistä pitoisuudet olivat pieniä, mutta oli myös näytteitä, joissa pitoisuudet olivat hyvinkin korkeita. Erityisesti homeisista näytteistä löydettiin erittäin korkeita pitoisuuksia.

Taulukossa 7 on eri mykotoksiinien määrät nurmi- ja kokoviljasäilörehujen sekä nurmisäilörehujen eri niittokertojen näytteissä. Keskimäärin kaikissa näytteissä oli vähintään kahta eri mykotoksiinia. Homeisissa näytteissä oli selkeästi enemmän eri mykotoksiineja kuin homeettomissa näytteissä. Enimmillään ei-homeisissa nurmisäilörehujen näytteissä oli seitsemää ja kokoviljoissa viittä eri mykotoksiinia. Homeisissa näytteissä puolestaan nurmisäilörehujen näytteissä oli enimmillään kahdeksaa ja kokoviljoissa kuutta eri mykotoksiinia. Nurmi- ja kokoviljasäilörehuissa sisäosa- ja pintanäytteiden välillä ei ollut juurikaan eroja eri mykotoksiinien määrissä. Nurmisäilörehujen kolmannen niiton ei-homeisissa näytteissä oli eri mykotoksiineja enemmän kuin ensimmäisen ja toisen niittokerran vastaavissa näytteissä.

**Taulukko 7.** Eri mykotoksiinien määrät nurmi- ja kokoviljasäilörehujen näytteissä.

|                                          | Näytteitä | Eri mykotoksiineja, kpl |                 |     |     |
|------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------|-----|-----|
|                                          | Kpl       | Ka <sup>1</sup>         | Sd <sup>2</sup> | Min | Max |
| <b>Nurmisäilörehu</b>                    |           |                         |                 |     |     |
| Sisäosa                                  | 37        | 2,4                     | 1,76            | 0   | 7   |
| Pinta                                    | 37        | 2,7                     | 1,75            | 0   | 6   |
| Homeinen                                 | 13        | 4,8                     | 1,86            | 2   | 8   |
| <b>Niittokerrat</b>                      |           |                         |                 |     |     |
| Ensimmäinen niitto, ei homeiset näytteet | 10        | 2,3                     | 2,06            | 1   | 6   |
| Toinen niitto, ei homeiset näytteet      | 42        | 2,1                     | 1,52            | 0   | 5   |
| Kolmas niitto, ei homeiset näytteet      | 22        | 3,5                     | 1,68            | 1   | 7   |
| Ensimmäinen niitto, homeiset näytteet    | 1         | 5,0                     |                 | 5   | 5   |
| Toinen niitto, homeiset näytteet         | 7         | 4,9                     | 1,95            | 2   | 8   |
| Kolmas niitto, homeiset näytteet         | 5         | 4,8                     | 2,17            | 2   | 8   |
| <b>Kokoviljasäilörehu</b>                |           |                         |                 |     |     |
| Sisäosa                                  | 6         | 2,0                     | 2,1             | 0   | 5   |
| Pinta                                    | 6         | 2,0                     | 1,55            | 0   | 4   |
| Homeinen                                 | 3         | 3,3                     | 2,52            | 1   | 6   |

<sup>1</sup> Ka = Keskiarvo.

<sup>2</sup> Sd = Keskihajonta.

Tulosten perusteella homeisen rehun syöttäminen eläimille lisää selkeästi mykotoksiineille altistumisen ja niiden aiheuttamien haittavaikutusten riskiä. Kaikista homeisista näytteistä löytyi mykotoksiineja, osassa näytteistä pitoisuudet olivat hyvinkin suuria ja lisäksi homeisissa näytteissä eri mykotoksiineja oli selvästi enemmän kuin ei-homeisissa näytteissä. Tämän vuoksi homeisen rehun syöttämistä eläimille tulisi kaikin keinoin välttää.

Tulosten perusteella useiden eri mykotoksiinien esiintyminen tilamittakaavan säilörehuissa oli yleistä. Tosin tuloksia tarkasteltaessa on hyvä huomioida, että jokainen analyysinäyte edusti vain 10 näytteenottoa. Mykotoksiinien esiintyminen ja jakautuminen säilörehussa voi kuitenkin vaihdella huomattavasti, mikä vaikeuttaa edustavan näytteen saamista (Cheli ym. 2013). Tämän vuoksi rehujen sisältämien mykotoksiinien todellisen määrän arvioiminen on vaikeaa. Lisäksi analysointi on haastavaa ja kallista, mikä entisestään vaikeuttaa tilamittakaavassa rehujen sisältämän mykotoksiiniriskin arviointia.

### 1.3.2. Koesäilörehut

#### Lihanautojen ruokintakokeet, nurmisäilörehut, kaksi tai kolme niittoa

Lihanautojen ruokintakokeessa, jossa oli kolmen eri niiton säilörehuja, analysoiduista mykotoksiineista havaittiin neljää eri mykotoksiinia (Taulukko 8). Ne olivat beauverisiini, mykofenolihappo, roquefortine C ja zearalenoli. Kaikkien kolmen niiton jokaisessa näytteessä oli beauverisiinia. Ensimmäisen niiton näytteistä ei havaittu beauverisiinin lisäksi muita mykotoksiineja. Toisen niiton näytteissä oli beauverisiinin lisäksi neljässä näytteessä zearalenonia sekä kahdessa näytteessä edellisten lisäksi myös mykofenolihappoa ja roquefortine C:tä. Kolmannen niiton näytteissä oli beauverisiinin lisäksi ainoastaan zearalenonia yhdessä näytteessä. Kaikki havaitut mykotoksiinipitoisuudet olivat alle niiden LOQ-arvojen.

Molemmissa osakokeissa toisen korjuukerran nurmisäilörehujen syönti-indeksit olivat korkeampia kuin ensimmäisen korjuukerran säilörehuilla (syönti-indeksit 1. niitto 99, 2. niitto 105 ja 106). Sonnit kuitenkin söivät ensimmäisen niiton säilörehua sisältävää seosta enemmän kuin seosta, jossa oli toisen niiton säilörehua. Toisessa osakokeessa olleen kolmannen niiton säilörehulla puolestaan oli suurempi syönti-indeksi kuin ensimmäisen ja toisen niiton rehuilla (syönti-indeksit 1. niitto 99, 2. niitto 105, 3. niitto 115). Tämän perusteella sonnien olisi pitänyt syödä eniten kolmannen niiton säilörehusta tehtyä seosta. Sonnien syönnissä ei kuitenkaan havaittu eroa ensimmäisen ja kolmannen niiton rehuja käytettäessä. Näin ollen säilörehujen syönti-indeksit eivät kyenneet ennustamaan rehujen välisiä eroja kyseisissä kokeissa.

Yksi mahdollinen selitys toisen niiton säilörehua saaneiden sonnien heikommalle syönnille saattoi olla säilörehussa olleet mykotoksiinit. Mykotoksiinien aiheuttamat haitat eläimessä voivat näkyä mm. syönnin ja tuotantotulosten heikentymisenä, lisääntymiseen liittyvinä ongelmina tai immuunivasteen heikentymisenä (Binder 2007). Toisen korjuukerran säilörehunäytteissä eri mykotoksiineja oli eniten. Vaikka havaitut pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle LOQ-arvojen, useiden eri mykotoksiinien yhdysvaikutus saattaa lisätä niiden vaikutusta huomattavasti verrattuna tilanteeseen, jossa esiintyy vain yksittäistä mykotoksiinia (Šegvić Klarić 2013). Kolmannen niiton mykotoksiinitulokset eivät kuitenkaan merkittävässä määrin eronneet ensimmäisen niiton tuloksista, joten tämän perusteella ei voida päätellä, että mykotoksiinit olisivat ainoastaan merkittävässä määrin vaikuttaneet rehun syöntiin. Vaikka varmuudella ei voida sanoa johduiko kokeissa havaitut syönnin vähenemiset mykotoksiineista, niiden vaikutusta ei kuitenkaan voida sulkea pois.

## **Lihanautojen ruokintakoe, nurmisäilörehu sekä kevätuisvehnästä ja ohrasta tehdyt kokoviljasäilörehut**

Lihanautojen ruokintakokeessa, jossa oli nurmisäilörehua sekä kevätuisvehnästä ja ohrasta tehtyä kokoviljasäilörehua, analysoiduista mykotoksiineista havaittiin seitsemää eri mykotoksiinia (Taulukko 9). Ne olivat beauverisiini, deoksinivalenoli, enniatiini A, enniatiini A1, enniatiini B, enniatiini B1 ja roquefortine C. Kaikkien rehujen jokaisessa näytteessä oli beauverisiinia. Enniatiini A1:tä oli kaikissa rehuissa ja kunkin rehun kuudesta näytteestä sitä oli nurmisäilörehussa kahdessa, kevätuisvehnäsäilörehussa kaikissa ja ohrasäilörehussa viidessä näytteessä. Myös enniatiini B1:tä oli kaikissa rehuissa ja kunkin rehun kuudesta näytteestä sitä oli nurmisäilörehussa neljässä, kevätuisvehnäsäilörehussa kaikissa ja ohrasäilörehussa viidessä näytteessä. Roquefortine C:tä havaittiin myös kaikista säilörehuista ja kunkin rehun kuudesta näytteestä sitä oli nurmisäilörehussa kahdessa, kevätuisvehnäsäilörehussa kolmessa ja ohrasäilörehussa yhdessä näytteessä. Deoksinivalenolia oli kaikissa kokoviljasäilörehunäytteissä, mutta ei yhdessäkään nurmisäilörehunäytteessä. Myöskään enniatiini B:tä ei ollut nurmisäilörehussa, mutta neljästä kevätuisvehnänäytteestä ja yhdestä ohrasäilörehunäytteestä sitä löytyi. Enniatiini A:tä ei ollut nurmisäilörehussa, mutta kaikista kevätuisvehnänäytteistä ja viidestä ohranäytteestä sitä löytyi.

Vaikka suurin osa mykotoksiinipitoisuuksista oli alle niiden LOQ-arvojen, on kuitenkin huomioitava, että jokaisessa näytteessä oli vähintään yhtä ja 14 näytteessä 18:sta oli vähintään kolmea mykotoksiinia. Rehukohtaisesti kaikista näytteistä laskettuna eri mykotoksiineja oli keskimäärin nurmisäilörehussa 2,3, kevätuisvehnäsäilörehussa 6,2 ja ohrasäilörehussa 4,8. Usean eri mykotoksiinin yhdysvaikutus saattaa lisätä niiden vaikutusta huomattavasti verrattuna tilanteeseen, jossa esiintyy vain yksittäistä mykotoksiinia (Šegvić Klarić 2013). Kokoviljasäilörehujen kaikissa näytteissä havaitut deoksinivalenolipitoisuudet olivat yli niiden LOQ-arvojen. Kevätuisvehnäsäilörehussa keskimääräinen pitoisuus oli 432 µg/kg ja ohrasäilörehussa 287 µg/kg. Deoksinivalenoli on tyypillinen viljakasvustoissa esiintyvä, *Fusarium*-homeen tuottama mykotoksiini (EFSA 2014). Siten ei ollut yllättävää, että sitä löytyi kokoviljasäilörehuista.

Vaikka kokoviljasäilörehuissa oli keskimäärin enemmän eri mykotoksiineja kuin nurmisäilörehuissa, niissä oli deoksinivalenolia toisin kuin nurmisäilörehussa ja lisäksi niissä oli hieman korkeampia enniatiini B1-pitoisuuksia, ei niillä havaittu olevan yhteyttä syöntiin. Ruokintakokeessa kokoviljasäilörehun sisällyttäminen rehuannokseen lisäsi sonnien kuiva-aineen syöntiä verrattuna sonneihin, jotka saivat nurmisäilörehua ainoana karkearehuna. Tosin verrattaessa ruokintoja, joissa karkearehuna oli joko pelkkää kokoviljasäilörehua tai nurmen ja kokoviljan seosta, sonnit, jotka saivat seosta, jossa oli ohrakokoviljasäilörehua, söivät enemmän kuin sonnit, joiden seoksessa oli kevätuisvehnäsäilörehua. Erot syönnissä saattoivat johtua eroista kokoviljasäilörehujen koostumuksessa, mutta mahdollista mykotoksiinien vaikutustakaan ei voida täysin sulkea pois, sillä kevätuisvehnäsäilörehussa oli keskimäärin hieman enemmän mykotoksiineja ja korkeampia pitoisuuksia kuin ohrasäilörehussa.

**Taulukko 8.** Lihanautojen ruokintakokeissa olleiden kolmen eri niittokerran nurmisäilörehujen mykotoksiinipitoisuudet näytteenottokerroittain. Mykotoksiinipitoisuudet on ilmoitettu analyysikuivatussa näytteessä.

|                 | Ensimmäinen niitto,<br>µg/kg |     |     |     |     |     | Toinen niitto,<br>µg/kg |     |      |      |      |      | Kolmas niitto,<br>µg/kg |     |     |      |     |
|-----------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|------|------|------|------|-------------------------|-----|-----|------|-----|
| Beauverisiini   | < 5                          | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5                     | < 5 | < 5  | < 5  | < 5  | < 5  | < 5                     | < 5 | < 5 | < 5  | < 5 |
| Mykofenolihappo | nd                           | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  | nd                      | nd  | < 50 | < 50 | nd   | nd   | nd                      | nd  | nd  | nd   | nd  |
| Roquefortine C  | nd                           | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  | nd                      | nd  | < 50 | < 50 | nd   | nd   | nd                      | nd  | nd  | nd   | nd  |
| Zearalenoni     | nd                           | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  | nd                      | nd  | < 50 | < 50 | < 50 | < 50 | nd                      | nd  | nd  | < 50 | nd  |

**Taulukko 9.** Lihanautojen ruokintakokeessa olleiden nurmisäilörehun sekä kevättruisvehnästä ja ohrasta tehtyjen kokoviljasäilörehujen mykotoksiinipitoisuudet näytteenottokerroittain. Mykotoksiinipitoisuudet on ilmoitettu analyysikuivatussa näytteessä.

|                  | Nurmisäilörehu,<br>µg/kg |      |      |       |       |       | Kevättruisvehnäsäilörehu,<br>µg/kg |       |      |       |       |       | Ohrasäilörehu,<br>µg/kg |       |       |       |     |       |
|------------------|--------------------------|------|------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Beauverisiini    | < 5,0                    | 6,0  | 5,0  | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0                              | < 5,0 | 5,3  | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0                   | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 6,4 | < 5,0 |
| Deoksinivalenoli | nd                       | nd   | nd   | nd    | nd    | nd    | 410                                | 510   | 470  | 470   | 370   | 360   | 300                     | 270   | 210   | 370   | 290 | 280   |
| Enniatiini A     | nd                       | nd   | nd   | nd    | nd    | nd    | <10                                | <10   | <10  | <10   | <10   | <10   | <10                     | <10   | <10   | <10   | nd  | < 10  |
| Enniatiini A1    | nd                       | < 10 | < 10 | nd    | nd    | nd    | < 10                               | < 10  | < 10 | < 10  | < 10  | < 10  | < 10                    | < 10  | < 10  | < 10  | nd  | < 10  |
| Enniatiini B     | nd                       | nd   | nd   | nd    | nd    | nd    | < 10                               | < 10  | < 10 | < 10  | nd    | nd    | nd                      | nd    | nd    | nd    | nd  | < 10  |
| Enniatiini B1    | < 10                     | < 10 | < 10 | nd    | nd    | < 10  | 19                                 | 18    | < 10 | 26    | 14    | 10    | 20                      | 10    | 18    | < 10  | nd  | 26    |
| Roquefortine C   | nd                       | nd   | 15   | nd    | nd    | 36    | < 10                               | < 10  | nd   | < 10  | nd    | nd    | nd                      | nd    | nd    | < 10  | nd  | nd    |

### Lypsylehmien ruokintakoe, nurmisäilörehu kolme niittoa, toisen sadon niitto aikainen ja myöhäinen niitto ja kolmannen sadon niitto

Lypsylehmien ruokintakokeessa, jossa oli kolmen eri niiton nurmisäilörehua, analysoiduista mykotoksiineista havaittiin kuutta eri mykotoksiinia (Taulukko 10). Ne olivat beauverisiini, enniatiini A1, enniatiini B, enniatiini B1, mykofenolihappo ja roquefortine C. Kaikissa rehuissa oli enniatiini B1:tä ja roquefortine C:tä. Näiden kahden mykotoksiinin lisäksi toisen niiton myöhäisessä niitossa oli beauverisiinia ja kolmannen niiton rehussa enniatiini A:tä, enniatiini B:tä ja mykofenolihappoa.

**Taulukko 10.** Lypsylehmien vuoden 2014 ruokintakokeessa olleiden kolmen eri niittokerran nurmisäilörehujen mykotoksiinipitoisuudet. Pitoisuudet on ilmoitettu analyysikuivatussa näytteessä.

|                 | Toinen niitto,<br>aikainen,<br>µg/kg | Toinen niitto,<br>myöhäinen,<br>µg/kg | Kolmas niitto,<br>µg/kg |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Beauverisiini   | nd                                   | < 5                                   | nd                      |
| Enniatiini A1   | nd                                   | nd                                    | < 10                    |
| Enniatiini B    | nd                                   | nd                                    | 89                      |
| Enniatiini B1   | < 10                                 | < 10                                  | 39                      |
| Mykofenolihappo | nd                                   | nd                                    | < 30                    |
| Roquefortine C  | 18                                   | < 10                                  | 17                      |

Kolmannen niiton säilörehun syönti-indeksi oli 98, mikä oli sama kuin toisen korjuukerran myöhäisen niiton säilörehussa. Toisen korjuukerran aikaisen niiton säilörehun syönti-indeksi puolestaan oli alhaisin ollen 95. Kolmannen niiton säilörehua saaneiden lehmien seosrehun kuiva-aineen syönti oli kuitenkin vähäisempää verrattuna ruokintoihin, joissa seoksessa oli toisen niiton aikaisin tai myöhään korjattua säilörehua. Siten säilörehujen kemialliseen koostumukseen perustuva syönti-indeksi ei selittänyt pienintä syöntiä seoksella, joka sisälsi kolmannen niiton säilörehua. Kokeessa havaittiin myös, että kolmannen niiton säilörehun korkea energiapitoisuus ei realisoitunut maitotuotokseen saakka ja matala rehun syönti oli syynä suhteellisen matalaan maitotuotokseen.

Syytä rehunsyönnin vähenemiseen käytettäessä kolmannen niiton säilörehua seoksessa ei löytynyt. Yksi selittävä tekijä voi olla, että kolmannen sadon korjuun sääolosuhteet saattavat altistaa mykotoksiiniriskille, mikä puolestaan voi vaikuttaa rehun syöntiin sitä alentavasti. Mykotoksiinianalyysitulosten perusteella kolmannen niiton säilörehussa oli useampia mykotoksiineja kuin toisen niiton sadoissa.

### Lypsylehmien ruokintakokeet, nurmisäilörehu kolme niittoa vuosina 2011 ja 2017

Lypsylehmien ruokintakokeessa, jossa oli vuoden 2011 kolmen eri niiton nurmisäilörehua, analysoiduista mykotoksiineista havaittiin kolmea eri mykotoksiinia (Taulukko 11). Ne olivat beauverisiini, enniatiini B1 ja roquefortine C. Kaikkien kolmen rehun molemmissa näytteissä oli beauverisiinia. Tämän lisäksi ensimmäisen niiton yhdessä näytteessä oli roquefortine C:tä ja toisen niiton yhdessä näytteessä oli enniatiini B1:tä. Kaikki pitoisuudet olivat alle mykotoksiinien LOQ-arvojen.

**Taulukko 11.** Lypsylehmien vuoden 2011 ruokintakokeessa olleiden kolmen eri niittokerran nurmisäilörehujen mykotoksiinipitoisuudet. Pitoisuudet on ilmoitettu analyysikuivatussa näytteessä.

|                | Ensimmäinen niitto,<br>µg/kg |      | Toinen niitto,<br>µg/kg |      | Kolmas niitto,<br>µg/kg |     |
|----------------|------------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|-----|
| Beauverisiini  | < 5                          | < 5  | < 5                     | < 5  | < 5                     | < 5 |
| Enniatiini B1  | nd                           | nd   | nd                      | < 10 | nd                      | nd  |
| Roquefortine C | nd                           | < 10 | nd                      | nd   | nd                      | nd  |

Lypsylehmien ruokintakokeessa, jossa oli vuoden 2017 kolmen eri niiton nurmisäilörehua, analysoiduista mykotoksiineista havaittiin viittä eri mykotoksiinia (Taulukko 12). Ne olivat alternarioli, beauverisiini, enniatiini B1, mykofenoli happo ja roquefortine C. Kaikkien kolmen niiton rehujen molemmissa näytteissä oli beauverisiini. Myös enniatiini B1:tä ja roquefortine C:tä oli kaikissa säilörehuissa, tosin enniatiini B1:tä oli ensimmäisessä niitossa vain toisessa näytteessä ja roquefortine C:tä toisen ja kolmannen niiton osalta vain niiden toisessa näytteessä. Alternariolia ja mykofenoli happoa oli ainoastaan ensimmäisen niiton näytteissä, niistä alternariolia vain toisessa näytteessä ja mykofenoli happoa molemmissa näytteissä. Mykotoksiinipitoisuudet olivat pieniä ja suurin osa oli alle LOQ-arvojen.

**Taulukko 12.** Lypsylehmien vuoden 2017 ruokintakokeessa olleiden kolmen eri niittokerran nurmisäilörehujen mykotoksiinipitoisuudet. Pitoisuudet on ilmoitettu analyysikuivatussa näytteessä.

|                  | Ensimmäinen niitto,<br>µg/kg |      | Toinen niitto,<br>µg/kg |      | Kolmas niitto,<br>µg/kg |      |
|------------------|------------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|
| Alternariol      | < 50                         | nd   | nd                      | nd   | nd                      | nd   |
| Beauverisiini    | < 5                          | < 5  | < 5                     | < 5  | < 5                     | < 5  |
| Enniatiini B1    | nd                           | < 10 | < 10                    | < 10 | < 10                    | < 10 |
| Mykofenoli happo | < 30                         | 130  | nd                      | nd   | nd                      | nd   |
| Roquefortine C   | 16                           | 32   | nd                      | < 10 | nd                      | < 10 |

Molemmissa ruokintakokeissa säilörehun syönti oli vähäisintä kolmannen korjuukerran rehua syötettäessä. Varsinkin vuonna 2017 korjatun säilörehun kolmannen korjuukerran syönti oli erityisen alhainen, mikä näkyi alentuneena maitotuotoksena. Vuoden 2017 kolmannen niiton säilörehun alhainen kuiva-ainepitoisuus saattoi selittää osan alentuneesta syönnistä, mutta kemiallinen koostumus ei selittänyt kaikkea syönnin vähentymistä ensimmäisen ja toisen niiton säilörehujen syönteihin verrattuna. Yhtenä mahdollisena syöntiä vähentäneenä tekijänä pidettiin säilörehun sekaan mahdollisesti joutunutta kuollutta kasvijätettä, mikä on saattanut alentaa rehun maittavuutta. Kummankaan vuoden rehujen mykotoksiinituloksissa ei ollut selkeää tekijää, joka voisi selittää eroja säilörehujen syönnissä.

### 1.3.3. Mykotoksiininen ennaltaehkäisy on tärkeää

Mykotoksiinien todentaminen säilörehusta on vaikeaa, koska ne eivät esiinny tasaisesti rehussa, mikä puolestaan vaikeuttaa edustavan näytteen saamista (Cheli ym. 2013). Lisäksi analysointi on haastavaa ja kallista. Analyysimenetelmiä on useita, mutta tulosten luotettavuus vaihtelee,

mikä tuo oman hankaluutensa tilanteeseen (Franco ym. 2020). Analysointi on kuitenkin mahdollista ja muutamat kaupalliset laboratoriot tarjoavat tähän palveluja ja valmiita analyysipaketteja.

Mykotoksiinien analysointi on järkevintä silloin, jos on epäily mykotoksiineista ja niiden aiheuttamista haitoista. Varsinkin tilanteessa, jossa eläimessä havaitaan mykotoksiineihin viittavia oireita eikä muuta selkeää syytä oireiden aiheuttajasta löydy, voi olla aiheellista tutkituttaa rehut mykotoksiinien varalta. Rutiiniluonteiseen analysointiin nykymenetelmät eivät kuitenkaan ole kovin käyttökelpoinen vaihtoehto.

Tiettyjä EU:n hyväksymiä lisäaineita voidaan käyttää rehuissa mahdollisten mykotoksiinien aiheuttamien haittojen vähentämiseen. Ne voivat muuntaa mykotoksiineja myrkyttömään muotoon, sitoa niitä itseensä vähentäen niiden imeytymistä tai hajottaa niitä. Näitä niin sanottuja mykotoksiinisieppareita voidaan sekoittaa rehuun joko rehutehtaalla tai tilalla. Erityisesti tilanteissa, jossa todennäköisyys mykotoksiinien esiintymiseen rehuissa on suuri, mykotoksiinisieppareiden käyttö voi olla perusteltua. Niiden teho on havaittavissa parhaiten silloin, jos oireilevien eläinten rehuun sekoitetaan mykotoksiinisiepparia ja oireet alkavat lieventyä muutaman päivän kuluessa. Tällöin voidaan olettaa, että mykotoksiinit ovat ongelmien taustalla.

Koska mykotoksiineja ei saa rehusta pois ja niistä aiheutuvat haitat voivat olla hyvinkin merkittäviä, kannattaa ensisijaisesti panostaa niiden muodostumista ehkäiseviin toimiin. Mykotoksiineja voi muodostua kasvustoon jo ennen rehun korjuuta (Skladanka ym. 2013, Storm ym. 2014). Siten hyvät viljelykäytännöt ja ympäristöolosuhteiden kasveille aiheuttaman stressin minimointi ovat keskeisiä keinoja ehkäistä pellolla muodostuvien mykotoksiinien esiintymistä (Wambacq ym. 2016, Ogunade ym. 2018). Hyviin viljelykäytäntöihin kuuluvat mm. viljelykierron huolehtiminen, paikallisiin olosuhteisiin soveltuvien kasvilajien ja -lajikkeiden viljely, kasvitautilien, tuhohyönteisten ja rikkakasvien torjunta sekä toimenpiteet, jotka ehkäisevät kasvijätteen joutumista korjattavan rehun sekaan.

Säilörehunteossa erityistä huomiota tulee kiinnittää niittokorkeuteen, jotta maata ei joudu korjattavan rehun sekaan. Näin voidaan ehkäistä maassa mahdollisesti olevien *Fusarium*-homeiden itiöiden siirtymistä rehun sekaan (Jouany 2007). Korjattava rehu tulee säilöä hapettomiin olosuhteisiin mahdollisimman nopeasti. Hapettomat olosuhteet ja alhainen pH ehkäisevät monien säilörehussa esiintyvien homeiden kasvua ja siten myös mykotoksiinien esiintymistä. Mykotoksiineja voi kuitenkin muodostua rehuun myös varastoinnin aikana, erityisesti tilanteissa, jolloin rehu altistuu ilmalle (Skladanka ym. 2013, Storm ym. 2014). Siten rehunteon yhteydessä huolellinen rehun tiivistäminen, peittäminen ja painotus ovat ennaltaehkäisyä osalta avainasemassa (Storm ym. 2014). Lisäksi riittävästä säilörehun syöttönopeudesta ja hyvästä ruokintahygieniasta tulee huolehtia, jotta ongelmilta vältytään myös rehun syöttövaiheessa.

Eläinten ruokinnassa tulee käyttää vain hyvälaatuista rehua, eikä homeista rehua pidä syöttää lainkaan. Jotta vältytään rehujen pilaantumisen aiheuttamalta lisätyöltä, rehun hukkaantumiselta, ylimääräisiltä kustannuksilta ja mahdollisilta mykotoksiinien aiheuttamilta ongelmilta, kannattaa panostaa ongelmien ehkäisyyn alkaen pellolta ja jatkuen rehun syöttöön saakka.

## 1.4. Johtopäätökset

Tilarehuista tehdyn mykotoksiinikartoituksen perusteella mykotoksiiniriski säilörehuissa on todellinen. Vaikka mykotoksiinien pitoisuuksissa oli paljon vaihtelua ja osassa näytteistä pitoisuudet olivat hyvin pieniä, monissa näytteissä oli useita eri mykotoksiineja. Useamman mykotoksiinin esiintyminen rehussa saattaa lisätä niiden haitallisia vaikutuksia yksittäiseen

mykotoksiiniin verrattuna. Kaikissa homeisissa näytteissä oli mykotoksiineja, osassa hyvinkin korkeita pitoisuuksia. Lisäksi homeisissa näytteissä oli useampia eri mykotoksiineja ei-homeisiin näytteisiin verrattuna. Siten homeisen rehun syöttäminen eläimille lisää selkeästi mykotoksiineille altistumisen riskiä eikä homeista rehua pidä syöttää eläimille. Huomionarvoista oli myös se, että näytteissä, joissa ei ollut näkyvää homeita, oli mykotoksiineja. Siten aistinvaraisesti hyvältä vaikuttava rehukaan ei aina kerro kaikkea rehun laadusta, eikä varsinkaan mykotoksiineista.

Mykotoksiinien mahdollista osuutta ruokintakokeissa havaittuihin odotettua pienempiin rehujen syönteihin ja heikentyneisiin tuotantotuloksiin on vaikea osoittaa. Vaikka varmuudella ei voida sanoa johtuiko kokeissa havaitut syönnin vähenemiset mykotoksiineista, niiden mahdollista vaikutusta ei kuitenkaan voida sulkea pois. Vaikka monissa näytteissä havaitut mykotoksiinipitoisuudet olivat pieniä, on syytä huomioida myös se, että osassa näytteistä oli useita eri mykotoksiineja, mikä saattaa lisätä niiden haittavaikutuksia.

Yleisesti ottaen rehujen mykotoksiinien tulkintaa vaikeuttaa erityisesti raja-arvojen puuttuminen. Sen lisäksi että tarvittaisiin yksittäisten mykotoksiinien raja-arvoja rehuissa, tulisi huomioida myös mykotoksiinien kokonaissaanti ja useamman mykotoksiinin yhteisvaikutus. Vaikka yksittäisen mykotoksiinin pitoisuus rehussa saattaa olla pieni niin tilanteessa, missä rehussa on useita mykotoksiineja, niiden vaikutukset saattavat olla moninkertaiset yhden mykotoksiinin vaikutuksiin verrattuna.

## 1.5. Viitteet

- Binder, EM. 2007. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. *Animal Feed Science and Technology* 133: 149–166. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.008>
- Boysen, M.E., Jacobsson K.–G. & Schnürer, J. 2000. Molecular identification of species from the *Penicillium roqueforti* group associated with spoiled animal feed. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 1523–1526. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1523-1526.2000>
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology). 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal and human systems. Task Force Reports 139.
- Cheli, F., Campagnoli, A. & Dell'Orto, V. 2013. Fungal populations and mycotoxins in silages: From occurrence to analysis. *Animal Feed Science and Technology* 183: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.01.013>
- Debevere, S., Cools, A., De Baere, S., Haesaert, G., Rychlik, M., Croubels, S. & Fievez, V. 2020. *In vitro* rumen simulations show a reduced disappearance of deoxynivalenol, nivalenol and enniatin B at conditions of rumen acidosis and lower microbial activity. *Toxins* 12: 101. <https://doi.org/10.3390/toxins12020101>
- Driehuis, F., Spanjer, M. C., Scholten, J. M. & Te Giffel, M. C. 2008. Occurrence of mycotoxins in feedstuffs of dairy cows and estimation of total dietary intakes. *Journal of Dairy Science* 91: 4261–4271. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1093>
- EFSA (European Food Safety Authority). 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Aflatoxin B1 as undesirable substance in animal feed. *EFSA Journal* 39: 1–27. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.39>



- EFSA (European Food Safety Authority). 2014. Scientific opinion on the risks to human and animal health related to the presence of beauvericin and enniatins in food and feed. EFSA Journal 12: 380. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3802>
- EU Commission (European Commission). 2011. Commission Regulation No 574/2011 of 16 June 2011 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels for nitrite, melamine, Ambrosia spp. and carry-over of certain coccidiostats and histomonostats and consolidating Annexes I and II thereto. Official Journal of the European Union L 159: 7–24.
- EU Commission (European Commission). 2016. Commission recommendation 2016/1319 of 29 July 2016 amending Recommendation 2006/576/EC as regards deoxynivalenol, zearalenone and ochratoxin A in pet food. Official Journal of the European Union L 208: 58–60.
- Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. The Veterinary Journal 176: 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.034>
- Franco, M., Manni, K., Detmann, E., Rämö, S., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2020. Challenges in evaluating mycotoxins in grass silages. Julkaisussa: Virkajärvi, P., Hakala, K., Hakojärvi, M., Helin, J., Herzon, I., Jokela, V., Peltonen, S., Rinne, M., Seppänen, M. & Uusi-Kämppe, J. (toim.). Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation, Helsinki, Finland, 19–22 October 2020. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Alankomaat, s. 261–263. Saatavilla: [https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed\\_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf](https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf)
- Gallo, A., Giuberti, G., Frisvad, J. C., Bertuzzi, T. & Nielsen, K. F. 2015. Review on mycotoxin issues in ruminants: Occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. Toxins 7: 3057–3111. <https://doi.org/10.3390/toxins7083057>
- Huuskonen, A., Jaakkola, S. & Manni, K. 2020. Intake, gain and carcass traits of Hereford and Charolais bulls offered diets based on triticale, barley and grass silages. Agricultural and Food Science 29: 318–330. <https://doi.org/10.23986/afsci.89813>
- Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2017. A comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. Agricultural and Food Science 26: 16–24. <https://doi.org/10.23986/afsci.60413>
- Huuskonen, A., Rämö, S. & Pesonen, M. 2018. Effects of primary growth compared to regrowth grass silage on feed intake, growth performance and carcass traits of growing bulls. Agricultural and Food Science 27: 232–242. <https://doi.org/10.23986/afsci.74582>
- Joyany, J. P. 2007. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. Animal Feed Science and Technology 137: 342–362. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.009>
- Manni, K., Rämö, S., Franco, M., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2022. Occurrence of mycotoxins in grass and whole-crop cereal silages – A farm survey. Agriculture 12: 398. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030398>

- Ogunade, I.M., Martinez-Tupia, C., Queiroz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D. & Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science* 101: 4034–4059. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13788>
- Rämö, S., Huuskonen, A., Franco, M., Manni, K. & Rinne, M. 2020. Method development for mycotoxin analysis in grass silages. Julkaisussa: Virkajärvi, P., Hakala, K., Hakojärvi, M., Helin, J., Herzon, I., Jokela, V., Peltonen, S., Rinne, M., Seppänen, M. & Uusi-Kämppä, J. (toim.). *Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation*, Helsinki, Finland, 19–22 October 2020. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Alankomaat, s. 336–338. Saatavilla: [https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed\\_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf](https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf)
- Rodrigues, I. & Naehrer, K. 2012. A three-year survey on the worldwide occurrence of mycotoxins in feedstuffs and feed. *Toxins* 4: 663–675. <https://doi.org/10.3390/toxins4090663>
- Sairanen, A., Kajava, S., Palmio, A. & Rinne, M. 2021. A comparison of grass silages harvested at first, second and third cut on feed intake and milk production of dairy cows. *Agricultural and Food Science* 30: 74–84. <https://doi.org/10.23986/afsci.101833>
- Sairanen A., Palmio A. & Rinne M. 2016. Milk production potential of regrowth grass silages. Julkaisussa Höglind, M., Bakken, A.K., Hovstad, K. A., Kallioniemi, E., Riley, H., Steinshamn, H. & Østrem, L. (toim.). *Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation*, Trondheim, Norway, 4–8 September 2016. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. Alankomaat. s. 379–381. Saatavilla: [https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed\\_Matter/Proceedings/EGF2016.pdf](https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2016.pdf)
- Schenk, J., Müller, C., Djurle, A., Jensen, D.F., O'Brien, M., Johansen, A., Rasmussen, P.H. & Spörndly, R. 2019. Occurrence of filamentous fungi and mycotoxins in wrapped forages in Sweden and Norway and their relation to chemical composition and management. *Grass and Forage Science* 74: 613–625. <https://doi.org/10.1111/gfs.12453>
- Schmidt, P., Novinski, C.O., Junges, D., Almeida, R. & de Souza, C.M. 2015. Concentration of mycotoxins and chemical composition of corn silage: A farm survey using infrared thermography. *Journal of Dairy Science* 98: 6609–6619. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8617>
- Schneweis, I., Meyer, K., Hörmansdorfer, S. & Bauer, J. 2000. Mycophenolic Acid in Silage. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 3639–3641. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.8.3639-3641.2000>
- Skladanka, J., Adam, V., Dolezal, P., Nedelnik, J., Kizek, R., Linduskova, H., Mejia, J.E.A. & Nawrath, A. 2013. How do grass species, season and ensiling influence mycotoxin content in forage? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10: 6084–6095. <https://doi.org/10.3390/ijerph10116084>
- Šegvić Klarić, M. 2013. Adverse effects of combined mycotoxins. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 63: 519–530. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-63-2012-2299>
- Storm, I.M.L.D., Rasmussen, R.R. & Rasmussen, P.H. 2014. Occurrence of pre- and post-harvest mycotoxins and other secondary metabolites in Danish maize silage. *Toxins* 6: 2256–2269. <https://doi.org/10.3390/toxins6082256>

- Storm, I.M.L.D., Sørensen, J.L., Rasmussen, R.R. Nielsen, K.F. & Thrane, U. 2008. Mycotoxins in silage. *Stewart Postharvest Review* 6: 1–12. <https://doi.org/10.2212/spr.2008.6.4>
- Wambacq, E., Vanhoutte, I., Audenaert, K., De Gelder, L. & Haesaert, G. 2016. Occurrence, prevention and remediation of toxigenic fungi and mycotoxins in silage: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 2284–2302. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7565>
- Westlake, K., Mackie, R.I. & Dutton, M.F. 1989. In vitro metabolism of mycotoxins by bacterial, protozoal and ovine ruminal fluid preparations. *Animal Feed Science and Technology* 25: 169–178. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90117-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90117-X)
- Wilkinson, J.M. & Rinne, M. 2018. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science* 73: 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>
- Zain, M.E. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society* 15: 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006>

## 2. Säilöntäaineet heinä- ja apilasäilörehujen laadun varmistajina

Marketta Rinne<sup>1</sup>, Marcia Franco<sup>1</sup>, Katariina Manni<sup>1</sup> ja Arto Huuskonen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

<sup>2</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

### Tiivistelmä

Säilörehun säilöntä perustuu hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaan maitohappokäymiseen, joka laskee rehun pH:n niin alas, että se saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Rehujen säilöntää tukemaan on käytettävissä erityyppisiä säilöntäaineita. Tässä tutkimuksessa käytettiin kolmea kaupallisesti saatavilla olevaa eri toimintaperiaatteisiin perustuvaa säilöntäainetta. Ne olivat suolatyyppinen valmiste (Suola), maitohappobakteeriympä (LAB) sekä muurahais- ja propionihappoa sisältävä valmiste (Happo). Niitä verrattiin kontrollirehuun, jossa ei käytetty säilöntäainetta (Kontrolli). Saman koesuunnitelman mukainen koe toistettiin alkukesällä timotei-nurminatakasvustosta ja loppukesällä puna-apilavaltaisesta kasvustosta, jotta säilöntäaineiden toimintaa voitiin havainnoida eri olosuhteissa. Lisäksi tutkittiin rehun normaalin ja löyhän tiivistämisen vaikutusta säilörehun laatuun. Rehut säilöttiin pilottimittakaavan silloihin.

Molemmat raaka-aineet olivat lajeilleen tyyppilisiä siten, että timotei-nurminadan tuhkapitoisuus ja puskurikapasiteetti olivat matalampia, mutta kuiva-aineen, sokerien ja kuidun pitoisuudet ja sulavuus korkeampia kuin apilapitoisen materiaalin. Heinämateriaali oli fermentaatioker-toimella kuvattuna helposti säilöttävää, kun apilapitoinen materiaali sen sijaan oli vaikeasti säilöttävää. Säilöntäaineiden erot rehujen käymislaadussa olivat samantyyppisiä molemmissa kasviraaka-aineissa, mutta huomattavasti voimakkaampia heinissä kuin puna-apilassa. Suolan käyttö ei käytännössä vaikuttanut käymisprofiiliin kummassakaan kasviraaka-aineessa, mutta heinäraaka-aineessa sen käyttö laski pH:ta ja vähensi valkuaisen hajoamista ammoniakiksi. Heinäraaka-aineessa etanolia muodostui melko paljon Kontrolli- ja Suola-rehuihin, mutta sekä LAB että Happo vähensivät sen muodostumista. Myöskään LAB ei vaikuttanut käymislaatuun puna-apilassa, mutta heinäraaka-aineessa sen vaikutus oli erittäin voimakas eli se laski pH:ta, vähensi ammoniakkia ja johti voimakkaaseen puhtaaseen maitohappokäymiseen. Happo rajoitti käymistä molemmissa raaka-aineissa, mutta vaikutus oli selvempi heinäsäilörehussa. Kaikkien muiden apilarehujen paitsi Hapon sokerit olivat kuluneet loppuun, joten Happo rajoitti käymistuotteiden muodostumista. Tässä haastavassa puna-apilamateriaalissa vain Hapon voi siis katsoa johtaneen hyvään lopputulokseen käymisen osalta. Raaka-aineissa ei ollut havaittavissa merkittävää klostridiaktiivisuutta, joten suolan tehoa klostrideja vastaan ei näissä materiaaleissa päästy osoittamaan, mutta apilarehussa se paransi aerobista stabiilisuutta. Kahdella eri tiivistämisavalla saatiin vain vähäisiä eroja. Syynä siihen, ettei selkeitä eroja saatu, saattoi olla käytetty pilottisiilomenetelmä. Se on varsin ilmatiivis, joten löyhässäkin rehumassassa hapen vaikutuksia siilossa ei pystytty jäljittelemään käytännön olosuhteita vastaavasti.

Säilörehun säilöntäaineilla voidaan vaikuttaa rehujen käymisprofiiliin, tappioiden määrään ja jälkilämpenemiseen. Käytimme kahta hyvin erityyppistä kasvimateriaalia ja haastavassa, niukasti sokereita sisältävässä apilaruohossa vain muurahaishappopohjainen säilöntäaine pystyi selvästi parantamaan käymislaatua.

**Asiasanat:** aerobinen stabiilisuus, biologinen säilöntäaine, fermentaatio, käymislaatu, maitohappokäyminen, muurahaishappo, nurmirehu, *Phleum pratense*, *Trifolium repens*

## 2.1. Johdanto

Nurmien merkitys korostuu nykyisessä maailmantilanteessa, kun ruokaturva ja kotimaisten resurssien tehokas käyttö ovat globaalien kriisien myötä tulleet entistä tärkeämmiksi. Nurmet tuottavat monivuotisia kasvustoina ekosysteemipalveluja kuten hiilen sidontaa, maan rakenteen parantamista ja eroosion hillintää sekä tukevat biodiversiteettiä. Nurmirehut ovat märehtijöiden luontaista ravintoa, mutta eivät sovellu suoraan ihmisravinnoksi. Nurmilla on biokiertotaloudessa merkittäviä arvoja, mutta toisaalta omat haasteensa. Yksi ratkaistava asia on koston ja nopeasti pilaantuvan nurmibiomassan säilöntä ympärivuotista käyttöä varten niin, että nurmirehujen ravintoaineet säilyvät.

Suomen olosuhteissa nurmien kasvukausi on lyhyt, minkä vuoksi rehu on säilöttävä pitkää sisäruokintakautta varten. Nurmikasvusto on varsin kosteaa, joten sen säilöminen on haastavaa. Perinteisesti se kuivattiin heinäksi, mutta erityisesti nautojen ruokinnassa säilörehu on käytännössä täysin syrjäyttänyt kuivan heinän käytön (ks. Franco ym. 2022a). Säilörehun teossa sääriski on pienempi kuin heinän kuivauksessa ja säilörehun tekoon on käytettävissä tehokkaat koneetjut.

Säilörehun säilönnän tärkeimmät tavoitteet ovat nurmiraaka-aineen ravintoaineiden mahdollisimman pienet tappiot säilönnän aikana ja rehun hyvä hygieeninen laatu. Säilörehun säilöntä perustuu hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaan maitohappokäymiseen, joka laskee rehun biomassan niin alas, että se saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Onnistuneen säilönnän edellytyksiä ovat haittamikrobeista vapaa raaka-aine ja rehun nopea tiivistäminen hapettomaan tilaan. Nurmibiomassan ”säilöttävyyttä” voidaan kuvata fermentaatiokertoimella, joka huomioi tarvittavien happojen määrän riittävään pH:n laskuun (kuiva-ainepitoisuus ja puskurikapasiteetti) sekä happojen muodostumisen lähtöaineena tarvittavien vesiliukoisten hiilihydraattien määrän (Pahlow ym. 2001). Tämä helpottaa säilönnän haastavuuden arviointia.

Jos rehujen teossa on parhaat mahdolliset olosuhteet, nurmikasvien pinnalla luontaisesti esiintyvät maitohappobakteerit tuottavat maitohappoa niin paljon, että rehu säilyy ilman lisättyä säilöntäainetta. Usein olosuhteet eivät kuitenkaan ole kaikilta osin optimaaliset, jolloin säilöntäaineiden käytöllä voidaan varmistaa rehun hyvä säilönnällinen laatu. Mitä haastavammat säilöntäolosuhteet, sitä enemmän säilöntäaineista on hyötyä, mutta toisaalta säilöntäaineiden teho ei riitä, jos olosuhteet ovat erittäin huonot. Säilöntäaineita käytettäessäkin on siis aina pyrittävä noudattamaan mahdollisimman hyviä säilörehuntekokäytäntöjä (puhdas raaka-aine, sopiva kuiva-ainepitoisuus, tehokas tiivistys, nopea siilon peittäminen).

Rehujen tiivistäminen on oleellinen tekijä hapettomien olosuhteiden saavuttamisessa, jolloin rehu saavuttaa matalan pH:n nopeasti rehun teon jälkeen. Näin kasvihengitys ja kasvien entsyymien rehujen yhdisteitä hajottava vaikutusaika jäävät lyhyiksi. Tiivis rehu hidastaa myös hapen etenemistä rehussa siilon avaamisen jälkeen ja pienentää siten rehun jälkilämpenemisriskiä eli parantaa aerobista stabiilisuutta. Kotieläintuotannon tehostumisen myötä ympärivuotinen säilörehuruokinta on yleistynyt, mikä lisää haasteita säilörehun aerobisen stabiilisuuden suhteen erityisesti lämpimissä olosuhteissa.

Rehujen säilöntää tukemaan on käytettävissä erityyppisiä säilöntäaineita. Tässä tutkimuksessa käytettiin kolmea kaupallisesti saatavilla olevaa eri toimintaperiaatteisiin perustuvaa säilöntäainetta ja niitä verrattiin kontrollirehuun, jossa ei käytetty ollenkaan säilöntäainetta. Saman koesuunnitelman mukainen koe toistettiin alkukesällä timotei-nurminatakasvustosta ja loppukesällä puna-apilavaltaisesta kasvustosta, jotta säilöntäaineiden toimintaa voitiin havainnoida eri olosuhteissa. Palkokasvien kuten puna-apilan käyttöön kannustaa niiden kyky sitoa typpeä ilmasta juurinystryöiden *Rhizobium*-bakteerien symbioosin avulla. Palkokasvien käyttö lisää

myös biodiversiteettiä ja palkokasvirehut sopivat hyvin täydentämään nautojen ruokintaa (Kuoppala 2008).

Kokeen tavoitteena oli selvittää erityyppisten säilöntäaineiden toimivuutta kahden toisistaan selkeästi poikkeavan kasvimaterialain säilönnässä sekä rehujen tiivistämisen vaikutusta. Samasta aineistosta on tehty aiemmin kongressiabstrakteja ja tieteellisiä artikkeleita (Franco ym. 2019a,b, 2022b,c; Rinne ym. 2021). Tähän kirjoitukseen aineisto on rajattu niin, että käsitellään vain eri säilöntäaineiden vaikutuksia.

## 2.2. Kokeen toteutus

Rehut korjattiin kesällä 2018 (Kuva 1). Timotei-nurminata korjattiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Jokioisten säilörehunurmesta kesän ensimmäisestä sadosta 4.6.2018. Puna-apilapitoinen nurmi puolestaan tehtiin Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan tilan puna-apilavaltaisesta luonnonmukaisesti viljelystä nurmesta kesän toisesta sadosta 1.8.2018. Kasvustot korjattiin tarkkuussilppurilla ilman säilöntäainelisäystä ja kuljetettiin laboratorioon pilottimittakaavan säilöntäkokeen suoritusta varten.

Rehut säilöttiin pilottimittakaavan kokeiden rutiinimenetelmin (Kuva 2). Ruohoraaka-aineesta kerättiin näytettä tasaisesti ennen säilöntäaineiden lisäämistä. Säilöntäaineet levitettiin kerran-nekohtaisesti ruohomassaan käsin huolellisesti sekoittaen. Kaikissa käsittelyissä ruohoon lisättiin sama nestemäärä sisältäen Taulukossa 1 esitetyt käsittelyt eli kontrolli ilman säilöntäainetta (Kontrolli), suolatyyppinen kaupallinen valmiste (Suola), maitohappobakteeriympä (LAB) ja muurahais- sekä propionihappoa sisältävä valmiste (Happo). Ruoho säilöttiin n. 12 litran muovilieriösiiloihin tiivistäen siilot joko normaalisti tai löyhästi. Normaali tiivistys toteutettiin laittamalla siiloon muutama kourallinen ruohoa ja tiivistämällä se pudottamalla 8-kiloinen lyijypaino 10 kertaa jokaisen täytön jälkeen. Löyhä tiivistys toteutettiin muuten samoin, mutta painoa pudotettiin vain 2 kertaa jokaisen ruohoerän jälkeen. Täytön jälkeen siilot suljettiin välittömästi laittaen niiden päälle 8-kiloinen lyijypaino ja ilmalukko (vedellä täytetty muovipussi).

Jokaista koekäsittelyä tehtiin 3 rinnakkaista eli yhteensä siiloja oli 2 (tiivistämistavat)  $\times$  4 (säilöntäaineet)  $\times$  3 (rinnakkaiset) = 24 kappaletta per ruohomateriaali. Kokeessa oli lisäksi mukana hygieniahaaste, jossa yhtenä lisäkäsittelynä normaalisti tiivistetyissä siiloissa käytettiin maa- ja lantakontaminaatioita, mutta tästä artikkelista nämä tulokset on jätetty pois, koska ne sisältyivät toiseen hankkeeseen ja niihin on mahdollista tutustua muissa tästä aineistosta kirjoitetuissa artikkeleissa (Franco et al., 2022b,c).

Siilot avattiin noin 3 kk säilöntäajan jälkeen. Siilot punnittiin ja rehupatsaan korkeus mitattiin ennen siilojen tyhjentämistä kuutiopainojen ja säilöntätappioiden määrittämistä varten. Pin-nasta poistettiin n. 5 cm ja loppu rehu sekoitettiin huolellisesti ja siitä otettiin näytteet analyysijä varten. Rehut analysoitiin Luken laboratorion standardimenetelmin (Seppälä ym. 2014). Analysoidusta rehun propionihappopitoisuudesta vähennettiin määrä, joka vastasi 80 % happosäilöntäaineen mukana lisätystä määrästä.

Raaka-aineen fermentaatiokerroin laskettiin seuraavasti: kuiva-ainepitoisuus (%) +  $(8 \times \text{vesiliukoiset hiilihydraatit (\% kuiva-aineessa)} / \text{puskurikapasiteetti (g/100 g)})$  (Pahow ym. 2001). Käymistappio laskettiin säilöntäajan painohävikistä käyttäen kerrointa 1,44. Kerroin perustuu siihen, että hiilidioksidin muodostumisen yhteydessä muodostuu myös vettä, joka jää siiloon (Knický & Spörndly 2015). Rehujen jälkilämpenemisherkkyys eli aerobinen stabiilisuus määritettiin pakkaamalla säilörehua 2,5 litran vetoiseen polystyreenilaatikkoon avoimessa muovipussissa siten, että näyte sai ilmaa. Näytteeseen asetettiin termoparikaapeli, jonka avulla näytteen



lämpötila mitattiin automaattisesti 10 minuutin välein MicroLite USB Data loggerilla. Näytteen aerobisen stabiilisuuden katsottiin päättyneen, kun sen lämpötila nousi 2 °C korkeammaksi kuin ympäröivä lämpötila.



**Kuva 1.** Heinänurmi (vas.) ja apilanurmi (oik.) juuri ennen rehujen korjuuta. Kuvat: Luke/Marketta Rinne.

Tulokset analysoitiin tilastollisesti SAS Mixed-proseduurilla käyttäen mallissa kiinteinä tekijöinä tiivistämistapaa ja säilöntäainekäsittelyä sekä satunnaistekijänä rinnakkaisia käsittelyjä. Koska tiivistämisen vaikutukset rehujen laatuun olivat hyvin vähäisiä, on taulukoissa esitetty ainoastaan molempien tiivistämiskäsittelyiden keskiarvot. Säilöntäainekäsittelyiden parivertailut tehtiin Tukeyn testillä.



**Kuva 2.** Säilöntäkokeet toteutettiin Luken pilottikokeiden rutiinimenetelmiä käyttäen. Kuvat: Luke/Marketta Rinne.

**Taulukko 1.** Kokeissa käytetyt säilöntäainekäsittelyt.

| Lyhenne   | Säilöntäaine      | Valmistaja                       | Koostumus                                                              | Käyttömäärä                                                                              |
|-----------|-------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kontrolli |                   |                                  | Hanavesi                                                               |                                                                                          |
| Suola     | Safesil Challenge | Salinity AB, Göteborg, Ruotsi    | Natriumnitriitti, natriumbentsoaatti, kaliumsorbaatti                  | 2 l / tonni tuoretta ruohoa                                                              |
| LAB       | KOFASIL® LAC      | Addcon, Bitterfeld-Wolfen, Saksa | Homofermentatiivinen maitohappobakteeri <i>Lactobacillus plantarum</i> | 1 g / tonni tuoretta ruohoa eli 10 <sup>5</sup> pesäkettä muodostavaa yksikköä / g rehua |
| Happo     | AIV Ässä Na       | Eastman, Oulu, Suomi             | Muurahaishappo, propionihappo, kalium-sorbaatti, natriumformiaatti     | 5 l / tonni tuoretta ruohoa                                                              |

## 2.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

### 2.3.1. Säilöntäaineiden vaikutusmekanismit

Suolatyyppisiä säilöntäaineita, joissa vaikuttavana aineena on natriumnitriitti, käytetään runsaasti mm. Ruotsissa, mutta Suomessa ne eivät ole kovin yleisiä. Ne estävät tehokkaasti klostridien kasvua eli voihaapon muodostumista rehuihin ja ovat tehokkaita jälkilämpenemisen estäjiä.

Säilörehun säilöntä perustuu myös kemiallisia säilöntäaineita käytettäessä kasvien pinnalla luontaisesti esiintyvien eli epifyyttisten maitohappobakteerien toimintaan. Näiden bakteerien määrä ja lajikirjo kuitenkin vaihtelevat, ja maitohappokäymistä voidaan vahvistaa ja ohjata ympäriinsä rehuun valikoituja säilöntäprosessia tehokkaasti tukevia bakteerikantoja, joita ns. biologiset säilöntäaineet sisältävät. Tässäkin kokeessa oli mukana maitohappobakteeriympä, joka oli homofermentatiivinen eli puhtaasti maitohappoa tuottava *Lactobacillus plantarum* -kanta. Säilöntäaineissa käytetään myös heterofermentatiivisia kantoja eli sellaisia bakteereita, jotka tuottavat myös etikkahappoa (mm. *Lactobacillus buchneri*).

Suomessa on perinteisesti käytetty muurahaishappopohjaisia säilöntäaineita. Muurahaishappo laskee rehumassan pH:ta ja lisäksi sillä on suoria haitallisten mikrobien kasvua estäviä ominaisuuksia. Tuotekehityksen myötä muurahaishappopohjaisiin säilöntäaineisiin on lisätty propionihappoa parantamaan aerobista stabiiliutta ja happoja on puskuroitu työturvallisuuden parantamiseksi ja koneiden korroosion vähentämiseksi.

### 2.3.2. Kasviraaka-aineiden ominaisuudet

Käytimme koesäilörehujen valmistamiseen kahta erityyppistä nurmimateriaalia. Alkukesällä korjattu timotein ja nurminadan seos edustaa Suomessa tyyppillistä säilörehun raaka-ainetta, joka oli tuotettu tavanomaisia viljelykäytäntöjä noudattaen ja lannoitettu keväällä mineraalilannoitteella. Loppukesällä korjattu puna-apilavaltainen kasvusto puolestaan oli luonnonmukaisesti tuotettu ja sen apilapitoisuus oli korkea (77 % puna-apilaa ja 23 % nurmiheiniä kasvuston kuiva-aineesta). Taulukossa 1 esitettyjen raaka-aineiden koostumustietojen perusteella



molemmat raaka-aineet olivat lajeilleen tyyppilisiä siten, että heinien tuhkapitoisuus ja puskurikapasiteetti olivat matalampia, mutta kuiva-aineen, sokerien ja kuidun pitoisuudet ja sulavuus korkeampia kuin apilapitoisen materiaalin, mikä on linjassa mm. Huhtasen ym. (2006) aineistojen kanssa.

Koostumuserot johtivat heinien apilaa korkeampaan fermentaatiokertoimeen. Fermentaatiokerrointa nostavat korkea kuiva-aine- ja sokeripitoisuus ja matala puskurikapasiteetti. Kun fermentaatiokerroin on alle 35, rehu on vaikeasti säilöttävää, välillä 35–45 keskimääräistä ja kun se on yli 45, rehu on helposti säilöttävää. Tässä tutkimuksessa käytetty heinämateriaali oli fermentaatiokertoimella kuvattuna helposti säilöttävää, kun apilapitoinen materiaali sen sijaan oli vaikeasti säilöttävää.

**Taulukko 2.** Säilörehujen raaka-aineiden koostumus.

|                                             | <b>Timotei-<br/>nurminata</b> | <b>Puna-apila</b> |
|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Korjuupäivä v. 2018                         | 4.6.                          | 1.8.              |
| Kuiva-aine (ka), g/kg                       | 346                           | 261               |
| Puskurikapasiteetti, g maitohappoa/100 g ka | 6,2                           | 7,4               |
| Fermentaatiokerroin                         | 52                            | 30                |
| Kuiva-aineessa, g/kg                        |                               |                   |
| Tuhka                                       | 79                            | 100               |
| Raakavalkuainen                             | 156                           | 162               |
| Sokerit                                     | 137                           | 37                |
| Kuitu (NDF)                                 | 503                           | 460               |
| D-arvo                                      | 733                           | 603               |
| Mikrobiologinen laatu                       |                               |                   |
| Hiivat, pmy <sup>1</sup> /g                 | $5,4 \times 10^5$             | $1,1 \times 10^6$ |
| Homeet, pmy/g                               | $3,6 \times 10^5$             | $1,3 \times 10^6$ |
| Bakteerit yhteensä, pmy/g                   | $5,7 \times 10^7$             | $1,8 \times 10^9$ |
| Klostridit, itiöitä/g                       | <3                            | 3,6               |

<sup>1</sup> Pesäkkeitä muodostava yksikkö

### 2.3.3. Säilörehujen käymislaatu

#### Tiivistämisen vaikutukset

Säilörehun huolellinen painottaminen on käytännön rehujen teossa kriittinen työvaihe säilönän onnistumisen kannalta. Löyhäksi jääneessä rehussa ilman eteneminen rehumassassa helpottuu mahdollistaen hiivojen ja homeiden lisääntymisen, jolloin rehun lämpenemisriski jo siilossa tai syöttövaiheessa kasvaa. Pahimmillaan rehu kompostoituu. Tässä ja toisessa samalla menetelmällä tehdyssä kokeessa (Franco ym. 2022a) selvä rehumassan tiheyden ero ei kuitenkaan kovin merkittävästi vaikuttanut rehujen laatuun. Tämän tutkimuksen heinäsäilörehuissa

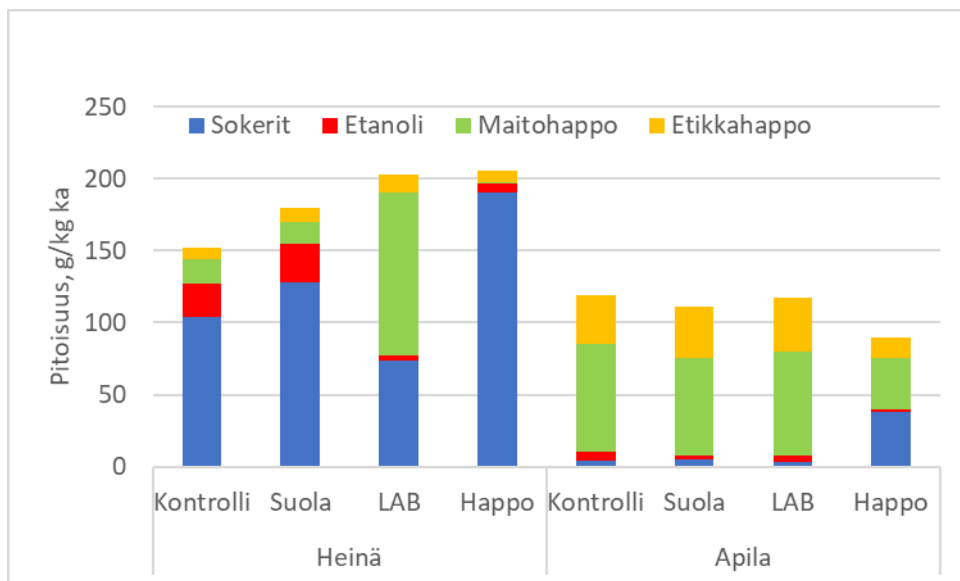
tiiviimmän rehun käymislaatu oli jonkun verran parempi kuin löyhän (mm. matalampi pH ja etanolipitoisuus, korkeampi maitohappopitoisuus ja pidempi aerobinen stabiilisuus), mutta nu-meerisesti erot olivat kohtuullisen pieniä. Puna-apilarehuissa tiivistämisen vaikutuksia ei näky-nyt käytännössä lainkaan.

Tiivistämisen vähäiset vaikutukset liittyvät todennäköisesti käytettyyn pilottisiilomenetelmään, joka on varsin ilmatiivis, joten löyhässäkin rehumassassa hapen vaikutuksia siilossa ei pystytty jäljittelemään käytännön olosuhteita vastaavasti. Selvyyden takia tiivistämisen vaikutuksia ei ole tässä raportissa esitetty, vaan taulukoissa säilöntäaineiden vaikutukset on laskettu molempien tiivistystasojen keskiarvona. Heinäsäilörehun osalta tiivistämisen tulokset on julkaistu Francon ym. (2022b) artikkelissa ja puna-apilan osalta Francon ym. (2022c) julkaisussa.

### Säilöntäaineiden vaikutus rehujen käymislaatuun

Säilöntäaineiden erot rehujen käymislaadussa olivat samantyyppisiä molemmissa kasviraaka-aineissa, mutta huomattavasti voimakkaampia heinissä kuin puna-apilassa (Taulukko 3). Ku- vassa 3 on esitetty sokereiden ja käymistuotteiden pitoisuudet säilörehuissa. Suolan käyttö ei käytännössä vaikuttanut käymisprofiiliin kummassakaan kasviraaka-aineessa, mutta heinä- raaka-aineessa sen käyttö laski pH:ta ja vähensi valkuaisen hajoamista ammoniakiksi. Heinä- raaka-aineessa etanolia muodostui melko paljon kontrolli- ja Suola-rehuihin, mutta sekä LAB että Happo vähensivät sen muodostumista.

Myöskään LAB ei vaikuttanut käymislaatuun puna-apilassa, mutta heinäraaka-aineessa sen vai- kutus oli erittäin voimakas eli se laski pH:ta, vähensi ammoniakkia ja johti voimakkaaseen puh- taaseen maitohappokäymiseen. Happo rajoitti käymistä molemmissa raaka-aineissa, mutta vai- kutus oli selvempi heinä-säilörehussa. Kaikkien muiden apilarehujen paitsi Hapon sokerit olivat kuluneet loppuun, joten Happo rajoitti käymistuotteiden muodostumista. Tässä haastavassa puna-apilamateriaalissa vain Hapon voi siis katsoa johtaneen hyvään lopputulokseen käymisen osalta. Raaka-aineissa ei ollut havaittavissa merkittävää klostridiaktiivisuutta, joten suolan te- ho klostrideja vastaan ei näissä materiaaleissa päästy osoittamaan.



**Kuva 3.** Kasviraaka-aineen ja säilöntäaineiden vaikutus rehujen sokereiden ja käymistuotteiden pitoisuuksiin. Säilöntäaineiden lyhenteet: Ks. Taulukko 1.

**Taulukko 3.** Säilöntäaineiden vaikutus koesäilörehujen laatuun. Säilöntäaineiden lyhenteet: Ks. Taulukko 1.

| Raaka-aine                            | Timotei-nurminata    |                      |                      |                      | SEM <sup>1</sup>    | P-arvo | Puna-apila          |                     |                     |                     | SEM                 | P-arvo |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
|                                       | Kontrolli            | Suola                | LAB                  | Happo                |                     |        | Kontrolli           | Suola               | LAB                 | Happo               |                     |        |
| Kuiva-aine (ka), g/kg                 | 332 <sup>b</sup>     | 336 <sup>b</sup>     | 346 <sup>a</sup>     | 345 <sup>a</sup>     | 2,2                 | <0,001 | 273                 | 272                 | 270                 | 267                 | 2,4                 | 0,434  |
| pH                                    | 5,66 <sup>a</sup>    | 5,42 <sup>b</sup>    | 4,01 <sup>d</sup>    | 4,82 <sup>c</sup>    | 0,043               | <0,001 | 4,56 <sup>a</sup>   | 4,49 <sup>a</sup>   | 4,57 <sup>a</sup>   | 4,39 <sup>b</sup>   | 0,022               | <0,001 |
| Ammonium-N, g/kg N                    | 61 <sup>a</sup>      | 42 <sup>b</sup>      | 21 <sup>c</sup>      | 26 <sup>c</sup>      | 1,6                 | <0,001 | 60 <sup>a</sup>     | 60 <sup>a</sup>     | 59 <sup>a</sup>     | 37 <sup>b</sup>     | 1,22                | <0,001 |
| Kemiallinen koostumus, g/kg ka        |                      |                      |                      |                      |                     |        |                     |                     |                     |                     |                     |        |
| Tuhka                                 | 87 <sup>a</sup>      | 87 <sup>a</sup>      | 85 <sup>b</sup>      | 82 <sup>c</sup>      | 0,6                 | <0,001 | 108 <sup>a</sup>    | 107 <sup>a</sup>    | 108 <sup>a</sup>    | 105 <sup>b</sup>    | 0,5                 | <0,001 |
| Raakavalkuainen                       | 174 <sup>a</sup>     | 176 <sup>a</sup>     | 172 <sup>a</sup>     | 165 <sup>b</sup>     | 1,4                 | <0,001 | 182 <sup>a</sup>    | 177 <sup>a</sup>    | 182 <sup>a</sup>    | 174 <sup>b</sup>    | 2,1                 | 0,031  |
| Sokerit                               | 104 <sup>b</sup>     | 128 <sup>b</sup>     | 74 <sup>c</sup>      | 191 <sup>a</sup>     | 7,4                 | <0,001 | 4 <sup>b</sup>      | 5 <sup>b</sup>      | 3 <sup>b</sup>      | 38 <sup>a</sup>     | 0,992               | <0,001 |
| Etanoli                               | 23 <sup>a</sup>      | 27 <sup>a</sup>      | 3 <sup>b</sup>       | 6 <sup>b</sup>       | 2,24                | <0,001 | 6 <sup>a</sup>      | 3 <sup>c</sup>      | 5 <sup>b</sup>      | 2 <sup>d</sup>      | 0,108               | <0,001 |
| Hapot, g/kg ka                        |                      |                      |                      |                      |                     |        |                     |                     |                     |                     |                     |        |
| Maitohappo                            | 17 <sup>b</sup>      | 15 <sup>b</sup>      | 114 <sup>a</sup>     | 1 <sup>c</sup>       | 1,3                 | <0,001 | 75 <sup>a</sup>     | 67 <sup>a</sup>     | 72 <sup>a</sup>     | 35 <sup>b</sup>     | 2,4                 | <0,001 |
| Etikkahappo                           | 8 <sup>c</sup>       | 10 <sup>b</sup>      | 12 <sup>a</sup>      | 8 <sup>c</sup>       | 0,2                 | <0,001 | 34 <sup>a</sup>     | 36 <sup>a</sup>     | 37 <sup>a</sup>     | 15 <sup>b</sup>     | 1,1                 | <0,001 |
| Propionihappo, korjattu <sup>2</sup>  | 0,16 <sup>a</sup>    | 0,10 <sup>b</sup>    | 0,09 <sup>b</sup>    | 0 <sup>c</sup>       | 0,012               | <0,001 | 0,24 <sup>b</sup>   | 0,13 <sup>b</sup>   | 0,23 <sup>b</sup>   | 0,49 <sup>a</sup>   | 0,040               | <0,001 |
| Voihappo                              | 0,60                 | 0,18                 | 0,04                 | 0,33                 | 0,164               | 0,124  | 0,31                | 0,04                | 0,25                | 0,05                | 0,089               | 0,097  |
| Haihtuvat rasvahapot yhteensä         | 9 <sup>c</sup>       | 10 <sup>b</sup>      | 13 <sup>a</sup>      | 8 <sup>c</sup>       | 0,2                 | <0,001 | 35 <sup>a</sup>     | 36 <sup>a</sup>     | 38 <sup>a</sup>     | 15 <sup>b</sup>     | 1,1                 | <0,001 |
| Käymishapot yhteensä                  | 26 <sup>b</sup>      | 25 <sup>b</sup>      | 126 <sup>a</sup>     | 9 <sup>c</sup>       | 1,4                 | <0,001 | 109 <sup>a</sup>    | 103 <sup>a</sup>    | 110 <sup>a</sup>    | 54 <sup>b</sup>     | 1,9                 | <0,001 |
| Käymistuotteet                        | 49 <sup>c</sup>      | 52 <sup>b</sup>      | 130 <sup>a</sup>     | 16 <sup>b</sup>      | 1,3                 | <0,001 | 115 <sup>a</sup>    | 106 <sup>b</sup>    | 115 <sup>a</sup>    | 55 <sup>c</sup>     | 2,0                 | <0,001 |
| Aerobinen stabiilisuus (2 °C), tuntia | 57 <sup>b</sup>      | 47 <sup>b</sup>      | 126 <sup>a</sup>     | 104 <sup>a</sup>     | 10,2                | <0,001 | 142 <sup>b</sup>    | 346 <sup>a</sup>    | 185 <sup>b</sup>    | 182 <sup>b</sup>    | 35,3                | 0,003  |
| Käymistappiot, g/kg alkup. ka         | 84 <sup>a</sup>      | 64 <sup>b</sup>      | 10 <sup>c</sup>      | 12 <sup>c</sup>      | 2,3                 | <0,001 | 24 <sup>ab</sup>    | 16 <sup>bc</sup>    | 27 <sup>a</sup>     | 11 <sup>c</sup>     | 2,6                 | 0,001  |
| Hiivat, pmy <sup>3</sup> /g           | 2,4×10 <sup>5</sup>  | 7,8×10 <sup>3</sup>  | 9,4×10 <sup>2</sup>  | 1,7×10 <sup>3</sup>  | 8,8×10 <sup>4</sup> | 0,179  | 5,2×10 <sup>3</sup> | 1,0×10 <sup>2</sup> | 1,0×10 <sup>2</sup> | 1,0×10 <sup>2</sup> | 2,6×10 <sup>3</sup> | 0,413  |
| Homeet, pmy/g                         | 4,1×10 <sup>3b</sup> | 1,4×10 <sup>4a</sup> | 3,2×10 <sup>2b</sup> | 1,3×10 <sup>3b</sup> | 1,1×10 <sup>3</sup> | <0,001 | 8,8×10 <sup>3</sup> | 1,5×10 <sup>2</sup> | 3,2×10 <sup>2</sup> | 1,6×10 <sup>3</sup> | 4,2×10 <sup>3</sup> | 0,428  |

<sup>1</sup> Keskiarvon keskivirhe <sup>2</sup> Vähennetty 80 % säilöntäaineen mukana lisätystä propionihaposta <sup>3</sup> Pesäkkeitä muodostava yksikkö

## Säilöntätappiot

Säilöntätappiot mitattiin punnitsemalla siilot välittömästi niiden täyttämisen jälkeen ja ennen niiden avaamista. Siiloista ei erittynyt puristenestettä, joten painohäviö johtuu käymisessä muodostuneen hiilidioksidin poistumisesta. Käymisreaktiossa muodostuu myös vettä, joka jää siiloon, mutta edustaa silti kuiva-ainetappiota. Niinpä painohävikki kerrottiin 1,44:llä Knickyn & Spörndlyn (2015) mukaan, jolloin kokonaiskuiva-ainetappiot tuli huomioitua.

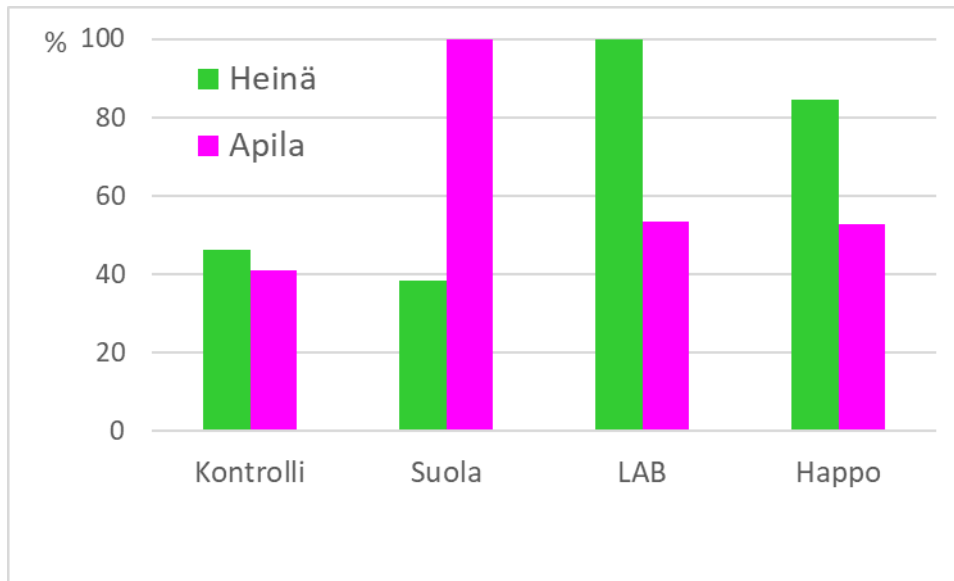
Heinäsäilörehun kontrolli- ja Suola-säilörehuissa käymistappiot olivat poikkeuksellisen suuret ja sekä LAB että Happo vähensivät ne pilottikokeissa tyypillisesti havaitulle tasolle (Taulukko 3). Puna-apilarehuissa tappiot olivat maltillisempia, mutta Happo pysyi tehokkaana LAB:n tuotassa kontrollin kanssa korkeimmat tappiot.

## Aerobinen stabiilisuus

Säilörehun aerobisen stabiilisuuden merkitys on yhä tärkeämpi johtuen mm. suuremmista siiloista (iso määrällinen tappio ongelmien osuessa kohdalle), kuivemmista rehuista (vaikeampi tiivistää ilmatiiviiksi) ja ympärivuotisen säilörehuokinnan yleistymisestä.

Tässä tutkimuksessa käytettiin homofermentatiivista eli lähinnä maitohappoa tuottavaa maitohappobakteerikantaa. Säilöntäymppeinä käytetään myös heterofermentatiivisia kantoja, jotka maitohapon lisäksi tuottavat huomattavasti myös etikkahappoa. Etikkahappo hidastaa aerobisen mikrobien kasvua ja sen myötä jälkilämpenemistä (Franco ym. 2022c). Jos jälkilämpenemisongelmia on odotettavissa ja säilöntä tehdään biologisilla säilöntäaineilla, heterofermentatiivinen ympäristö voi olla hyvä valinta. Heterofermentatiivinen käyminen lisää kuitenkin kuiva-ainetappioita puhtaaseen maitohappokäymiseen verrattuna. Runsasta etikkahapon määrää rehussa on totuttu pitämään merkinä huonosta säilöntälaadusta, mutta jos se on saavutettu hallitusti säilöntäainekäyttöön valikoitua ympäristöä käyttäen, se ei aiheuta ongelmia rehun laatuun eikä maittavuuteen. Ns. villityyppinen virhekäyminen, jossa muodostuu paljon etikkahappoa, voi olla aerobisesti hyvin stabiili, mutta sitä ei silti voi pitää tavoiteltavana tilana. Tämän tyyppistä käymistä havaittiin mm. tämän kokeen yhteydessä tehdyissä maa- ja lantakontaminoiduissa rehuissa (ks. Franco ym. 2022b).

Kuten jo edellä todettiin, käyttämämme ilmatiiviit pilottisiilot eivät täysin jäljittele olosuhteita maatilamittakaavan siiloissa. Tämän takia myöskään aerobisen stabiilisuuden arvoja ei voida pitää absoluuttisina arvoina. Kuvassa 4 aerobinen stabiilisuus onkin suhteutettu kyseisessä koesarjassa pisimmän stabiilisuuden saavuttaneeseen rehuun. Aiempien kokemusten perusteella suolatyyppiset säilöntäaineet ovat olleet tehokkaita aerobisen stabiilisuuden parantajia, joten puuttuva vaste heinäsäilörehun osalta on yllättävä, mutta apilarehussa Suola täytti odotukset. Homofermentatiivisen LAB:n hyvä stabiilisuus heinärehussa puolestaan oli yllättävä havainto. Happo paransi stabiilisuutta verrattuna kontrolliin, mutta apilarehussa ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.



**Kuva 4.** Rehujen aerobinen stabiilisuus suhteutettuna korkeimman aerobisen stabiilisuuden saavuttaneeseen rehuun kasvimateriaaleittain. Säilöntäaineiden lyhenteet: Ks. Taulukko 1.

## 2.4. Johtopäätökset

Säilörehun säilöntäaineilla voidaan vaikuttaa rehujen käymisprofiiliin, tappioiden määrään ja jälkilämpenemiseen. Käytimme kahta hyvin erityyppistä kasvimateriaalia ja haastavassa, niukasti sokereita sisältävässä apilaruohossa vain muurahaishappopohjainen säilöntäaine pystyi selvästi parantamaan käymislaatua.

## 2.5. Viitteet

Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2019. Effect of compaction, soil contamination and additive treatments on grass silage quality. 18th International Symposium Forage Conservation, 13–16 August 2019, Brno, Czech Republic. pp. 108-109. ISBN 978-80-7509-670-8. [http://www.isfc.eu/18ISFC\\_2019.pdf](http://www.isfc.eu/18ISFC_2019.pdf)

Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2019. Manipulation of mixed red clover and grass quality through compaction, soil contamination and use of additives. Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Report 302, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. pp. 143–149. Available at: <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/konferenser/nfsc/nfsc2019/nfsc-proceedings-2019-06-05-torsten-eriksson.pdf>

Franco, M., Rinne, M., Manni, K. & Huuskonen, A. 2022a. Tiivistämisen ja säilöntäaineiden vaikutus nurmisäilörehun säilönnälliseen laatuun. Julkaisussa: Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). Resurssiviisas ja kilpailukykyinen naudanlihantuotanto. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 28–40. Saatavilla: <https://julkuri.luke.fi/handle/10024/551883>

- Franco, M., Pirttiniemi, J., Stefański, T., Jalava, T., Tapio, I., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2022b. Fermentation quality and bacterial ecology of grass silage modulated by additive treatments, extent of compaction and soil contamination. *Fermentation* 8: 156. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040156>
- Franco, M., Tapio, I., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2022. Fermentation quality and bacterial ecology of red clover silage modulated by different management factors. *Frontiers in Animal Science* 3: 1080535. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.1080535>
- Franco, M., Huuskonen, A., Manni, K. & Rinne, M. 2022c. Interactions between grass silage management factors and additive treatments. *Proceedings of the 29th General Meeting of the European Grassland Federation, Caen, France. June 26–30, 2022.* p. 155–157. Saatavilla: [https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed\\_Matter/Proceedings/EGF2022.pdf](https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2022.pdf)
- Knicky, M. & Spörndly, R., 2015. Short communication: Use of a mixture of sodium nitrite, sodium benzoate, and potassium sorbate in aerobically challenged silages. *Journal of Dairy Science* 98: 5729–5734.
- Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D. & Tuori, M. 2001. Ensiling of Legumes. In *Proceedings of the International Workshop supported by the EU and held in Braunschweig-Legume Silages for Animal Production-LEGSIL, Braunschweig, Germany, 8–9 July 2001.* Wilkings, R., Paul, C., Eds. *Landbauforsch Völk Sonderheft: Braunschweig, Germany, 2002.* pp. 27–31.
- Rinne, M., Franco, M., Manni, K. & Huuskonen, A. 2021. Säilörehun laatuun vaikuttaa moni tekijä. *Nauta* 51: 1: 31–33.

### 3. Laidunsimulaatio osoitti – lyhyt sängenkorkeus verottaa satoa

Arja Mustonen ja Maarit Termonen

Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

#### Tiivistelmä

Laidunsimulaatiokokeen tavoitteena oli selvittää, kuinka lyhyt ja pitkä sängenkorkeus vaikuttavat nurmisadon määrään ja D-arvoon eri nurmiseoksilla ja puhdaskasvustoilla. Koe toteutettiin kasvukausina 2020 ja 2021 Luonnonvarakeskuksen Siikajoen toimipaikalla. Pidempi sängenkorkeus tuotti paremman kokonaissadon molempina vuosina. Kasvilajeissa oli satoeroja, mutta erot näkyivät vasta toisena vuonna, jolloin timotein ja rehukattaran (myöhemmin kattara) puhdaskasvustojen sato jäi kontrollina käytettyä timotei-nurminataseosta heikommaksi. Kasvilaji, sängenkorkeus sekä näiden yhdistelmä vaikuttivat vaihtelevasti rehun D-arvoon korjuukerrasta riippuen. Pidempi sängenkorkeus paransi D-arvoa ensimmäisessä korjuussa, mutta kun korjuuta toisena vuonna aikaistettiin, olivat D-arvot korkeita molemmilla sängenkorkeuksilla. Jälkisatojen D-arvoissa oli suurta vaihtelua.

**Asiasanat:** emolehmätuotanto, nurmi, laidunnus, kasvilajit

#### 3.1. Emolehmätilalla laidunnuksen onnistumisella on väliä

Säilörehunurmilla tavanomainen sängenkorkeus on pitkään ollut noin 6 cm, mutta laitumille on suositeltu pidempää, noin 10 cm sänkeä. Lähes kaikki emolehmät laiduntavat, mutta toisin kuin lypsykarjoissa, laidunnuksen taloudellista onnistumista mitataan vain kerran vuodessa. Kun lypsykarjatilalla laitumen ehtyminen näkyy nopeasti tankkimaidon määrässä ja maitotilissä, emolehmätilalla maidon ehtyminen näkyy vasta syksyllä, kun vasikat punnitaan ja hinnoitellaan välitystä varten. Intensiivisesti laidunta hyödyntävillä emolehmillä ylilaidunnuksen riski on suuri, sillä naudat saattavat syödä hylkyläikkujen ympäriltä heinän jopa 3 cm sänkeen. Huono laidunsato ei välttämättä johda matalaan vasikan myyntipainoon, jos tilalla on käytettävissä säilörehua emojen lisäruokintaan ja jos vasikoille tarjotaan laidunkaudella myös väkirehua. Kuluja lisärehustus kuitenkin kasvattaa.

Laidunnuksella on myös lukuisia ympäristöhyötyjä. Hyvin kasvavan laitumen maanpäällisestä biomassasta jää jopa puolet pellon hiilisyötteeksi samalla, kun yhteyttämistuotteita virtaa juuriin lähes katkeamattomasti. Lisäksi peltoon jäänyt laidunmassa suojaa maata eroosiolta ja ottaa ravinteita sekä tarjoaa suojaa monille eläin- ja hyönteislajeille.

Ylilaidunnuksen välttäminen on keskeinen toimenpide, kun pyritään kohti kestävää emolehmätuotantoa, ja riittävällä sängenkorkeudella voi olla siinä keskeinen rooli. Mutta voisiko ylilaidunnuksen välttämällä saada myös parempia satoja, onko kasvilajeilla eroja ja miten sadon laadulle käy? Riittävän sängenkorkeuden on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa parantavan nurmen jälkikasvua (Virkajärvi 2003). Voisiko sängin pidentämisellä tukea nurmen jälkikasvua ja näin vähentää ylilaidunnuksen riskiä? Näitä kysymyksiä selviteltiin Tuottava Nautatilan Nurmi-hankkeen laidunsimulaatiossa.

### 3.2. Laidunsimulointia koneniitolla

Laidunsimulointikoe perustettiin vuonna 2019 kokoviljana korjattuun suojaviljaan, jonka alle kylvettiin neljän eri heinälajin puhdaskasvustot ja kaksi seoskasvustoa (Taulukko 1). Varsinainen koe toteutettiin niittämällä kasvustot lyhyeen (3 cm) ja pitkään (10 cm) sänkeen. Kokeessa oli kolme kerrannetta ja se toteutettiin osaruutukokeena, jossa pääruutuna oli kasvi ja osaruutuna sängenkorkeus. Niittokertoja oli vuonna 2020 viisi ja vuonna 2021 neljä (Taulukko 2). Kontrollina käytettiin timotei-nurminataseosta (Taulukko 1). Niitot tehtiin samanaikaisesti kaikille kasveille, mutta kuitenkin niin, että kasvit olisivat vielä laidunasteella. Niittoväli vaihteli kolmesta neljään viikkoon lukuun ottamatta vuoden 2020 viidettä niittoa, joka tehtiin vasta kasvukauden päätyttyä. Maalaji oli erm KHT, typpilannoitus jaettiin neljään erään ja fosfori ja kaliumlannoitus annettiin viljavuusluokan mukaan. Kuvassa 1 on yleiskuva koealueesta.

**Taulukko 1.** Kasvit ja niiden lajikkeet seoksissa ja puhdaskasvustoissa: timotei <sup>a</sup>, nurminata <sup>b</sup>, niittynurmikka <sup>c</sup>, valkoapila <sup>d</sup>, puna-apila <sup>e</sup> ja koiranheinä <sup>f</sup>.

| Lajikkeet/lajit          | Lajin/lajikkeen osuus seoksesta (%) |                   |            |         |             |                               |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------|---------|-------------|-------------------------------|
|                          | Timotei                             | Englanninraiheinä | Laidunseos | Kattara | Koiranheinä | Timotei-nurminata (kontrolli) |
| Tammisto II <sup>a</sup> | 25                                  |                   |            |         |             |                               |
| Uula <sup>a</sup>        | 25                                  |                   |            |         |             |                               |
| Grindstad <sup>a</sup>   | 25                                  |                   |            |         |             |                               |
| Rubinia <sup>a</sup>     | 25                                  |                   | 52         |         |             |                               |
| Nuutti <sup>a</sup>      |                                     |                   |            |         |             | 45                            |
| Valtteri <sup>b</sup>    |                                     |                   |            |         |             | 55                            |
| Kasper <sup>b</sup>      |                                     |                   | 15         |         |             |                               |
| Riikka/Birger            |                                     | 100               | 11         |         |             |                               |
| Balin <sup>c</sup>       |                                     |                   | 9          |         |             |                               |
| Hebe/Sonja <sup>d</sup>  |                                     |                   | 6          |         |             |                               |
| Alsikeapila              |                                     |                   | 4          |         |             |                               |
| Yngve <sup>e</sup>       |                                     |                   | 4          |         |             |                               |
| Rehukattara              |                                     |                   |            | 100     |             |                               |
| Amba <sup>f</sup>        |                                     |                   |            |         | 100         |                               |



**Taulukko 2.** Sadonkorjuu- ja typpilannoituspäivät ja typpimäärä (kg N/ha).

| Kokeen hoito   | 2020    |         |         |         |         | 2021    |         |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                | 1. sato | 2. sato | 3. sato | 4. sato | 5. sato | 1. sato | 2. sato | 3. sato | 4. sato |
| Lannoitus, pv  | 15.5.   | 5.6.    | 30.6.   | 29.7.   |         | 6.5.    | 3.6.    | 24.6.   | 21.7.   |
| Kg N/ha        | 80      | 80      | 60      | 20      |         | 80      | 80      | 90      | 60      |
| Niitto, pv     | 5.6.    | 29.6.   | 28.7.   | 18.8.   | 1.10.   | 3.6.    | 26.6.   | 19.7.   | 17.8.   |
| Niittoväli, pv |         | 24      | 29      | 21      | 44      |         | 20      | 23      | 28      |



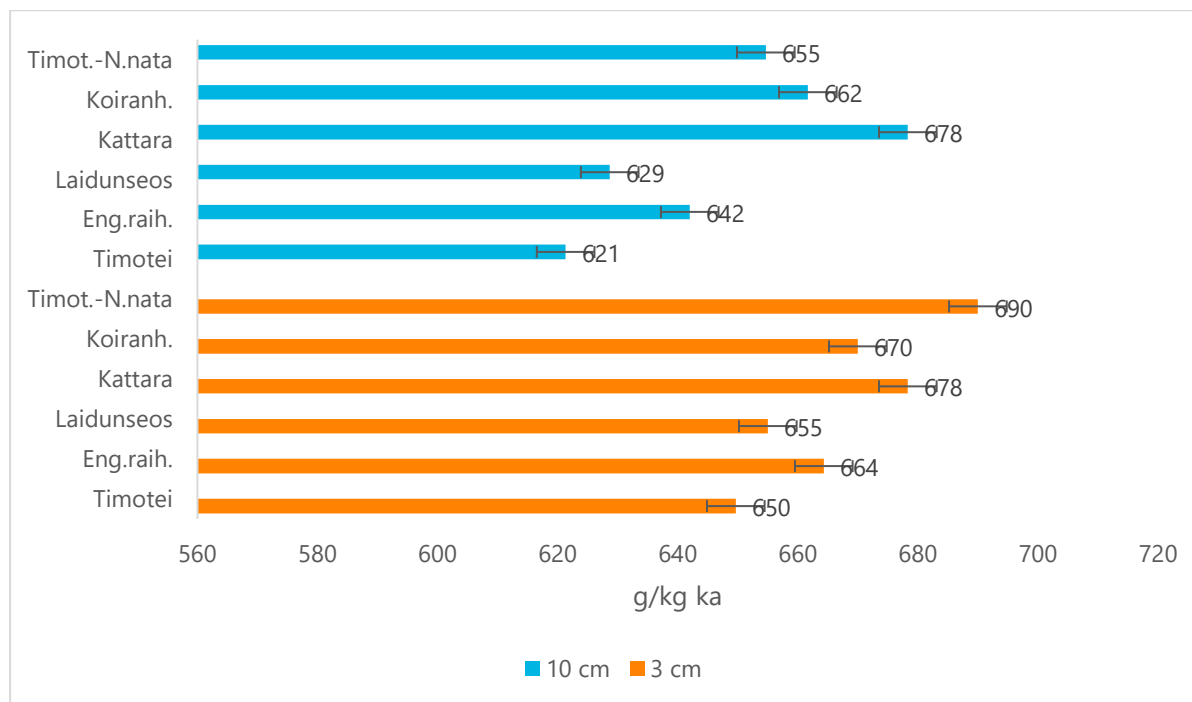
**Kuva 1.** Yleiskuva kokeesta ennen toisen sadon niittoa 29. kesäkuuta 2020. Lajierot röyhyn tai tähkän kehitysnopeudessa olivat selviä ja erot heijastuivat rehuarvoihin ja sadon määrään. Kuva: Luke/Maria Honkakoski.

Molempia kasvukausia leimasivat kuumat ja kuivat sääjaksot. Vuonna 2020 vain sängin pituus vaikutti merkittävästi kokonaissadon määrään ( $p < 0,001$ , keskiarvon keskivirhe (SEM) 351 kg ka/ha). Kokonaiskuiva-ainesato oli lyhyellä sänginkorkeudella 9 800 kg ja pitkällä 11 600 kg ka/ha (ero 1 800 kg ka/ha). Satoero syntyi lähes kokonaan toisessa sadossa, mutta myös kolmas ja neljäs sato olivat pidemmällä sänginkorkeudella suurempia lyhyeen sänginkorkeuteen verrattuna.

Vaikka kaikki kasvilajit ja niiden seokset reagoivat kuiva-ainesadossa sängin pituuteen samalla tavalla, syntyi sadon laadussa eroja. Ensimmäisessä sadossa pidemmän sängin D-arvo (706 g/kg ka) oli kasvilajista riippumatta parempi kuin lyhyen (668 g/kg ka). Ero johtuu siitä, että pidemmässä sängessä huonommin sulavaa korren tyvää tulee rehuun vähemmän. Lisäksi kattaran (663 g/kg ka) ja koiranheinän (665 g/kg ka) D-arvot olivat timotei-nurminataseosta (698 g/kg ka) alhaisemmat. Toisessa sadossa kasvien D-arvo vaihteli myös niittokorkeuden mukaan, mutta niittokorkeus vaikutti eri kasveihin eri tavalla (Kuva 2). Kontrollikäsittelynä käytetyn pitkään sänkeen niitetyn timotei-nurminataseoksen D-arvo oli toisessa sadossa varsin matala (655 g/kg ka), kun

vastaavasti saman seoksen lyhyen sänkeen niitetyn kasvuston D-arvo oli 690 g kuiva-ainekiloissa. Kontrollikäsitteilyä merkittävästi matalammat D-arvot olivat puolestaan pitkään sänkeen niitetyillä timotein puhdaskasvustolla ja laidunseoksella. Yleisesti matalat D-arvot johtuivat osin olosuhteisiin nähden liian pitkästä ensimmäisen ja toisen niiton välisestä ajasta, kun taas pidemmän sängon matalammat D-arvot selittyvät todennäköisesti kasvien nopeamman jälkikasvun käynnistymistä ja kortisten yksilöiden suuremmalla määrällä.

Kolmannen sadon keskimääräinen D-arvo oli hieman yli 700 g/kg ka ja merkittävä ero ( $p=0,01$ , SEM 5,0) syntyi vain kontrollikäsitteilyn (710 g/kg ka) ja pitkään sänkeen niitetyn koiranheinän (675 g/kg ka) välille. Myöskin neljännen sadon keskimääräinen D-arvo vastasi kontrollikäsitteilyä (725 g/kg ka, SEM 3,4) ja vaikka kattaran D-arvot molemmilla niittokorkeuksilla sekä koiranheinän D-arvo korkeammalla niittokorkeudella olivatkin kontrollikäsitteilyä matalampia, olivat D-arvot näilläkin vähintään 680 g/kg ka. Viides sato oli määrällisesti hyvin pieni (630 kg ka/ha), ja siinä kontrollikäsitteilyn D-arvo (700 g/kg ka, SEM 3,7) vastasi hyvin niiton keskimääräistä D-arvoa. Matalimmillaan D-arvot olivat jälleen pitkän sängon kattaralla ja koiranheinällä (n. 670 g/kg ka) ja korkeimmillaan lyhyeen sänkeen niitetyillä timotein puhdaskasvustolla ja englanninraiheinällä (n. 720 g/kg ka).

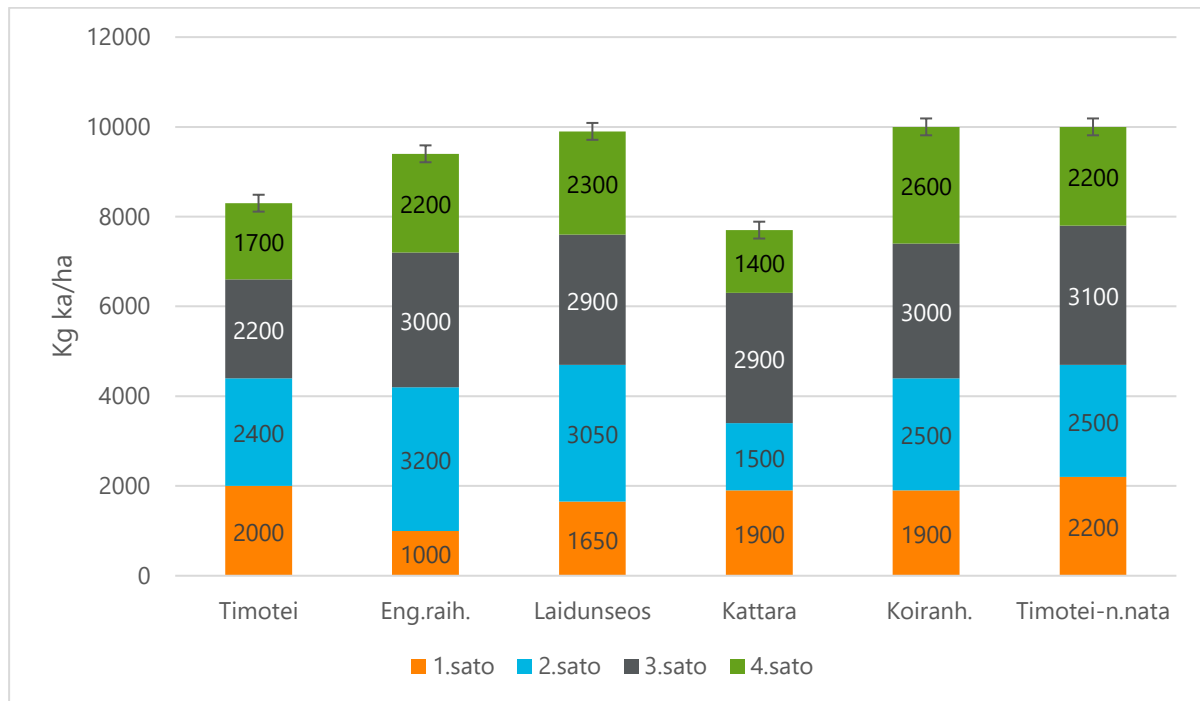


**Kuva 2.** Vuoden 2020 toisen sadon D-arvo (g/kg ka) pitkällä (10 cm) ja lyhyellä (3 cm) sängonkorkeudella, SEM 4,8. Virhepalkki on keskiarvon keskivirhe.

### 3.3. Kasvilajierot näkyivät toisena satovuonna

Myös toisena satovuotena pidemmällä sängonkorkeudella saatiin korkeampi keskimääräinen kokonaissato lyhyempään sängonkorkeuteen verrattuna (9 300 vs. 9 000 kg ka/ha, SEM 84). Lisäksi kasvilaji vaikutti vuoden 2021 kokonaissatoon. Kontrollina käytetyn timotei-nurminataseoksen kokonaissato oli 10 000 kg ka/ha ja sen sato oli selvästi kattaraa (7 700 kg ka/ha) ja timotein puhdaskasvustoa (8 300 kg ka/ha) parempi (Kuva 3). Kahden ensimmäisen korjuukerran sisällä löytyi myös satoeroja. Englanninraiheinä tuotti vajaa puolet (1 000 kg ka/ha) ja englanninraiheinää sisältävä laidunseos (1 600 kg ka/ha) noin kolmanneksen kontrolliseosta

(2 200 kg ka/ha) matalamman ensimmäisen sadon, mutta kokonaissadossa ero oli enää suuntaa antava. Kattarella toinen sato oli molemmilla niittokorkeuksilla kontrollia heikompi ja myös pidemmän sängen laidunseos jäi kakkossadossa kontrollia heikommaksi. Kolmannessa sadossa puolestaan helle uuvutti timotein puhdaskasvuston täysin, eikä sen tilanne parantunut viimeiseen niittoon. Kuvassa 3 on kuiva-ainesadot niittokerroittain.



**Kuva 3.** Vuoden 2021 kumulatiiviset kuiva-ainesadot niitoittain (kg ka/ha) niittokorkeuksien 3 ja 10 cm keskiarvona, SEM 188. Virhepalkki on keskiarvon keskivirhe.

Jälkisatojen ruokinnallinen laatu mukaili pääosin ensimmäisen vuoden tuloksia ja vahvisti osin ensimmäisen vuoden havaintoja, vaikka niittokorkeuden ja kasvin yhdysvaikutus ei näkynyt ensimmäisen vuoden tapaan. Ensimmäisen sadon D-arvot olivat sekä lyhyellä että pitkällä sängellä korkeat (750 ja 745 g/kg ka, SEM 2,6), mutta lyhyen sängen korkeampi D-arvo ei tässä ollut odotettu tulos. Toisessa sadossa D-arvo oli keskimäärin 660 g/kg ka eikä sängenpituudella ollut vaikutusta siihen. Tulokset poikkeavat Kykkäsen (2022, julkaisematon) havainnoista, jossa kolmen niiton strategialla korjatun nurmen sängenpituuden nosta 6 cm:stä 12 cm:iin paransi sadon D-arvoa sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa. Toisaalta Kykkäsen (2022, julkaisematon) kokeessa pidemmällä sängellä kuiva-ainesato pieneni noin viidenneksellä. Kokeiden väliset erot saattavat johtua paitsi erilaisesta niittokorkeudesta, myös erilaisesta korjuukertojen saamasta kasvuajasta. Kun niittoja on useita, tulee hitaan alkukasvun osuus suhteessa suuremmaksi, jolloin myös hyvin lyhyen sängen merkitys kasvun hidastajana ja sadon laadun muuttajana voi korostua.

Toisena koevuotena jälkisadoissa saatiin eroja kasvilajien D-arvoon. Timotein kehitys olikin keväen ja alkukesän aikana hämmästyttävän nopea. Toisessa sadossa timotei-nurminata kontrollin D-arvo oli kohtuullinen (670 g/kg ka), kun taas timotein puhdaskasvussa se oli painunut jo merkittävästi alemmaksi (630 g/kg ka). Kolmannessa sadossa koiranheinän D-arvo (670 g/kg ka) jäi edellisvuoden tapaan kontrollia (700 g/kg ka) alemmaksi, mutta tällä kertaa eroa oli sekä lyhyellä että pitkällä sängellä. Kaikkein matalin kolmannen sadon D-arvo oli kuitenkin lyhyen ja pitkän sängen kattarella (670 ja 650 g/kg ka). Neljännessä niitossa D-arvo oli syyssadoille tyyppillisesti korkea, keskimäärin 710 g/kg ka eikä eroja kontrolliin verrattuna syntynyt.

### 3.4. Nuoret nurmet herkimpiä matalalle sängelle

Tulokset osoittivat, että vuosien 2020 ja 2021 kaltaisissa kuivissa ja ajoittain myös kuumissa oloissa pidemmällä sängin korkeudella voidaan nopeuttaa jälkikasvun alkua ja kasvattaa sadon määrää kaikilla kasvilajeilla. Kanadalaisessa kokeessa havaittiin, että juurien biomassa kaksinkertaistui toisena satovuotena (Bolinder ym. 2002). Siksi erityisesti ensimmäisen vuoden nurmet, joiden juuristo monilla kasveilla kehittyy vielä, voisivat hyötyä pidemmästä sängestä. Toisena vuonna laidunnusta mukaileva tiheä sadonkorjuurytmi toi esille lajieroja, vaikkakin pidempi sänki edelleen paransi satoa. Viimeisen korjuun ajankohta ja sängin pituus ovat vaikuttaneet talvituhojen määrään aikaisemmissa kokeissa (Hakkola 1978), mutta tässä kokeessa tuhoja ei syntynyt. Pitkällä sängellä saatiin toisena satovuotena kuitenkin parempi ensimmäinen sato, joka viittaa parempaan kasvun alkuun lähtöön ja elinvoimaisempaan kasvustoon.

Lajierot tulivat toisena satovuonna esille paremmin kuin ensimmäisenä. Hyvän määrällisen ja ruokinnallisen laadun antava timotei-nurminata-seosnurmi puoltaa edelleen paikkansa laiduntavan tilan perusseoksena. Sen sijaan yksinomaan timoteita sisältävä kasvusto ja yllättäen myös kattaran puhdaskasvustot näyttävät monella tapaa haasteellisilta laidunkäytössä. Molempiin kasveihin näyttää liittyvän sekä sadon määrään, että ruokinnalliseen laatuun liittyviä riskejä. Timotein että kattaran tiedetään kestävä heikosti tiheää sadonkorjuuta (Nissinen ja Hakkola, 1994), joka näkyikin niiden heikompana kuiva-ainesatona. Lisäksi timotein D-arvon lasku on hyvin nopeaa tähkälle tulon jälkeen ja myös kattaroilla D-arvo laskee suhteellisen nopeasti. Myös englanninraiheinään liittyy riskejä, sillä sen ensimmäinen sato oli heikko. Laidunseoksessa sadon alenema oli pienempi ja hyvänä versoutujana englanninraiheinä toipui kesän aikana. Laidunseoksessa oli myös muita kasvu- ja kehitysrytmiltään timotei-nurminata-seoksesta poikkeavia lajeja, kuten apiloita ja niittynurmikkaa. Silmämääräisesti arvioituna apilan määrä kasvukauden 2021 aikana vaihteli 10–40 % välillä ja seoksen saama typpilannoitus näytti vähentävän apilamäärään ja suosivan heiniä seoksessa.

### 3.5. Lajit ja lajikkeet vaikuttavat D-arvon säilymiseen

Kaikkien kasvien niitto samassa rytmissä ei ollut paras mahdollinen lähtökohta eri lajien ja lajiseosten ruokinnallisen laadun kehityksen vertailuun. Todellisessa laiduntilanteessa samassa seoksessa nopeasti kehittyvät lajit jäivät helposti hylkyläikuiksi, jos lohkon syöttö syystä tai toisesta viivästyy. Tässä kokeessa erityisesti toisen sadon D-arvo jäi pääosin matalaksi. Lyhyt sänki näytti hidastavan kasvun alkua, jolloin toisessa sadossa kasvusto oli lyhyellä sängellä hie-man sulavampaa kuin pitkässä sängessä, jossa kehitys oli jo pidemmällä. Hyvin aikainen niitto ja korkea sänki lisäävät myös mahdollisuutta, että tähkäaihe jäi niittokorkeuden alapuolelle. Silloin pitkään sänkeen syntyy nopeasti tähkivää kortta, joka vanhenee nopeasti. Lisäksi timoteita sisältävissä seoksissa lajikekoostumus saattoi myös vaikuttaa D-arvoeroihin. Vaikka emolehmien karkearehun syöntikyky on korkea, voi joillakin roduilla rehun matala D-arvo tulla emojen maidontuotantoa rajoittavaksi tekijäksi. Laidunseosta koostaessa niin lajikkeiden kuin lajien kehitysnopeuden erot on hyvä pitää mielessä ja sovittaa seos tilan tarpeisiin sopivaksi. Myös laidunkierron pituus on pidettävänä alkukesästä lyhyempänä, kun taas keskikesään syöttöjen väliin tarvitaan enemmän aikaa.

Tässä kokeessa pystyttiin testaamaan vain sängin korkeuden suora vaikutus satoon sekä selvittämään ovatko jotkut laidunkasvit toisia herkempiä lyhyelle sängelle kuin toiset. Oikeassa laiduntilanteessa hylkyläikkujen ja tallauksen suora satovaikutus voi olla merkittävä ja lisäksi kasvilajien erot maittavuuden säilymisessä vaikuttaisivat hyödynnettävän sadon määrään.

Vastaava koe olisikin syytä toteuttaa myös laiduntaen. Silloin myös talvehtimiserot ja erot kevätkesän kasvuun lähdössä eri sängenkorkuuksilla voisivat tulla selvemmin näkyviin.

Lisää tämän kokeen tuloksista voi lukea blogi-kirjoituksesta Pidempi on parempi – sängenkorkeus vaikutti nurmisatoon (Mustonen 2021).

### 3.6. Viitteet

- Bolinder, M.A., Angers, D. A., Bélanger, G., Michaud, R. & Laverdière, M.R. 2002. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 82: 731–737. <https://doi.org/10.4141/P01-139>
- Hakkola, H. 1978. Nurmikasvikokeiden tuloksia. Maatalouden tutkimuskeskus. Pohjois-Pohjanmaan koeaseman tiedote N:o 5.
- Kykkänen, S. 2022. Julkaisematon.
- Mustonen, A. 2021. Pidempi on parempi – sängenkorkeus vaikutti nurmisatoon. Saatavilla: <https://www.atriatuottajat.fi/hankkeet/nurminauta--tuottava-nautatilan-nurmi/pidempi-on-parempi---sangenkorkeus-vaikutti-nurmisatoon/>
- Nissinen, O. & Hakkola, H. 1994. Korjuutavan ja kasvilajin vaikutus nurmen tuottokykyyn Pohjois-Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 19/94.
- Virkajärvi, P. 2003. Effects of defoliation height on regrowth of timothy and meadow fescue in the generative and vegetative phases of growth. *Agricultural and Food Science* 12: 177–193. <https://doi.org/10.23986/afsci.5755>

## 4. Nurmipalkokasveja ja -yrttejä pohjoisiin nurmiin – riski vai mahdollisuus?

Arja Mustonen

Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

### Tiivistelmä

Nurmikasvien havaintoruutujen tavoitteena oli tarkastella vähemmän viljeltyjen nurmikasvilajien perustumista, talvehtimista sekä sadon määrää ja laatua. Kokeeseen perustettiin kahdeksan erilaista havaintoruutua, joissa käytettiin keltamaitetta, mailasia, rohtomesikkää, vuohenhernettä, valkoapilaa, sikuria ja erilaisia yrttejä puhdaskasvustoina tai seoksina. Eri lajien perustamisessa ja talvehtimisessä oli huomattavia eroja. Tässä havaintokokeessa keltamaite ja vuohenherne vakiintuivat vasta toisena satovuonna. Rohtomesikkä ja yrtit eivät puolestaan selvinneet talvesta. Parhaan kokonaissadon tuottivat mailaset. Ruokinnallisen laadun osalta valkoapilat osoittautuivat sulaviksi ja valkuaisriikkaiksi rehukasveiksi, joiden laatu pysyi tasaisena pitkään. Lajien erot perustumisessa ja talvehtimisessä on syytä huomioida nurmikasvustoja perustettaessa.

**Asiasanat:** Nurmi, kasvilajit

### 4.1. Nurmikasvien havaintoruudut

Monipuolisilla seosnurmillä on mahdollista lisätä nurmen satovarmuutta tai tuoda seokseen sadon ruokinnallista laatua parantavia ominaisuuksia, kuten lisää raakavalkuaista. Vuonna 2019 Luken Ruukin toimipaikalle perustettiin kokoviljaohraan havaintoruudut kahdeksasta vähemmän viljelystä nurmikasvilajista. Tarkoituksena oli havainnoida lajien välisiä eroja perustumisessa, talvehtimisessä sekä sadon määrässä ja laadussa. Yksilajisilla ruuduilla kasvien ominaisuuksia on helpompi tarkastella kuin seoksissa. Demossa oli viisi hernekasvien heimoon kuuluvan lajin ruutua ilman toistoja sekä sikuriruutu ja yksi yrttiseosruutu. Monilla yrteillä on lääkinnällisiä ominaisuuksia, jonka vuoksi niitä lisätään pieninä määrinä nurmiseoksiin.

Demossa testattiin vain viljelyn onnistumista ja rehuarvoja. Demossa käytetyt nurmipalkokasvit ja kylvösiemenmäärät olivat seuraavat: Lajikkeeton-keltamaite (7 kg/ha), mailasseos (Juurlu-rehumailanen ja Creno-sinimailanen (7,5 +7,5 kg/ha) lajikkeeton-rohtomesikkä (1,6 kg/ha), Gale-vuohenherne (10 kg/ha) ja Hebe-valkoapila (korkea, 8 kg/ha) ja Jögeva 4-valkoapila (matala, 8 kg/ha). Lisäksi perustettiin yksi sikuriruutu (Puna II, 5 kg/ha) ja yrttiseosruutu. Yrttiseoksessa oli timoteitä (13,1 kg/ha), nurminataa (5,6 kg/ha), rohtomesikkää (1,6 kg/ha), keltamaitetta (1,6 kg/ha), kuminaa (1,6 kg/ha) sekä heinäratamon ja sikurin valmista seosta (1,6 kg/ha). Perustamisvuoden lannoitus tehtiin suojakasvin lannoitustarpeen mukaan. Satovuosina 2020 ja 2021 nurmipalkokasvit eivät saaneet tyypeä, mutta sikuri sai 95+95 kg ja yrttiseos 30+30 kg tyypeä hehtaarille. Fosforia ja kaliumia kaikki ruudut saivat saman, ravinnesuosituksen mukaisen määrän. Ruuduilta tavoiteltiin kahta satoa. Mailasseokselta korjattiin kuitenkin vuonna 2021 myös kolmas sato.

Jo perustamisvuonna havaittiin lajien välillä eroja. Keltamaitteen syystiheys oli vain 30 % kun esimerkiksi sinimailasseos ja yrttiseos perustuivat lähes täystiheinä (Kuvat 1–4).





**Kuva 1.** Kasvustojen syystiheydet perustamisvuonna (%) vasemmalla valkoapila (matala) 60 % ja oikealla valkoapila (korkea) 70 %. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.



**Kuva 2.** Kasvustojen syystiheydet perustamisvuonna (%) vasemmalla sikuri 70 % ja oikealla rohtomesikkä 95 %. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.





**Kuva 3.** Kasvustojen syystiheydet perustamisvuonna (%) vasemmalla keltamaite 30 % ja oikealla mailasseos 97 %. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.

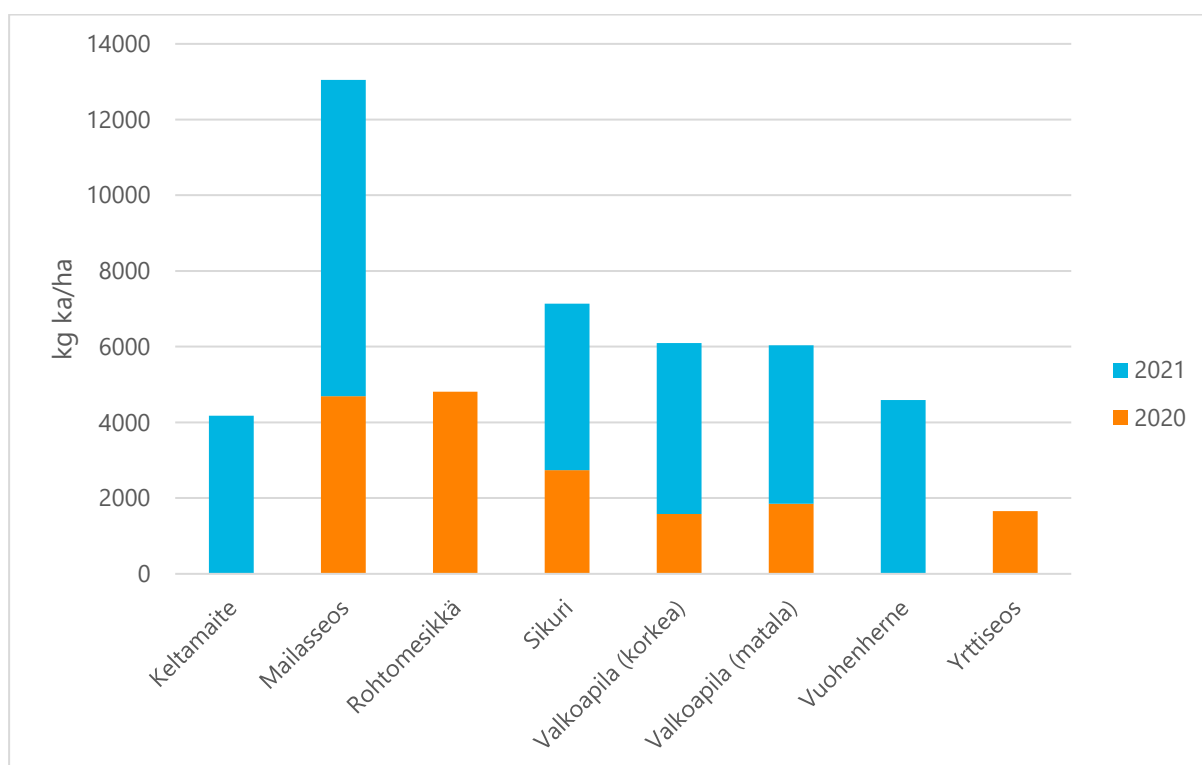


**Kuva 4.** Kasvustojen syystiheydet perustamisvuonna (%) vasemmalla yrttiseos 97 % ja oikealla vuohenherne 80 %. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.



## 4.2. Mailasseos vakiintui parhaiten

Parhaan kokonaissadon tuotti mailasseos, josta ensimmäisenä vuonna saatiin 4 700 kg ja toisena vuonna 8 400 kg ka/ha (Kuva 3). Hitaan ja osin myös heikon perustumisen vuoksi keltamaitteesta ei korjattu ensimmäisenä vuonna satoa lainkaan. Samoin vuohenherneen sato jätettiin ensimmäisenä vuonna korjaamatta, joskin jo sen syystiheys oli verrattain hyvä. Rohtomesikkä tuotti ensimmäisenä satovuonna hyvän sadon (4 800 kg ka/ha), mutta seuraavaa talvea se ei kestänyt. Sikurin ja valkoapiloiden ja erityisesti keltamaitteen ja vuohenherneen sadot paranivat selvästi toisena satovuotena vaihdellen välillä 4 200–4 600 kg ka/ha. Myös yrttiseoksesta korjattiin vain ensimmäisen vuoden sato. Matalan typpilannoituksen takia sen sato oli kuitenkin pieni. Talven yli seoksesta selvisivät vain heinät, joten kuiva-ainesatoja ei ollut enää mielekäästä mitata seuraavana kesänä. Kahden satovuoden kumulatiiviset kuiva-ainesadot on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Kumulatiiviset kuiva-ainesadot (kg/ha) vuosina 2020–2021.

Sekä vuohenherne, että keltamaite ovat viljelijähavaintojen mukaan vakiintuneet hitaasti ja lisäksi kärsineet liian tiheistä niitoista tai laidunnuksesta. Vakiinnuttuaan ne ovat kuitenkin olleet varsin kestäviä kasveja nurmissa.

## 4.3. Sadon ruokinnallisessa laadussa huomattavaa vaihtelua

Nurmipalkokasvien hyviin puoliin kuuluvat vähäinen lannoitustarve ja sadon korkea raakavalkuaispitoisuus. Puhdaskasvustoissa palkokasvirehun raakavalkuainen muodostuu helposti tarpeettomankin korkeaksi eli yli 160 g/kg ka, mutta yllätyksiäkin demossa ilmeni. Tasaisen korkeat raakavalkuaispitoisuudet olivat valkoapiloilla, joilla raakavalkuainen vaihteli kaikissa korjuukerroissa 170–240 g/kg ka välillä. Sen sijaan mailasseoksessa raakavalkuaisessa oli suurta vaihtelua korjuukertojen ja vuosien välillä. Matalimmillaan kuiva-ainekiloa kohden laskettu raakavalkuainen oli toisessa niitossa (120–180 g/kg ka) ja korkeimmillaan kolmannessa niitossa

(230 g/kg ka), ensimmäisen niiton vaihdellessa näiden välillä. Myös rohtomesikällä toisen sadon raakavalkuainen oli matala (120 g/kg), verrattuna ensimmäisen sadon raakavalkuaiseen (190 g/kg). Sikurin raakavalkuainen vaihteli eri korjuissa heinänurmiin tapaan välillä 130–180 g/kg ka ja kuvasi hyvin lannoitetyypen vapautumista erilaisissa kosteusoloissa. Kaikilla demokokeen kasveilla kuidun (NDF) määrä oli alle 500 g, vaihdellen välillä 330–460 g/kg ka. D-arvot olivat vastaavasti keskinkertaisia tai korkeita keltamaitteella, sikurilla ja valkoapilalla vaihdellen välillä 660–730 g/kg ka. Matalimmat D-arvot olivat vuohenherneellä ja mailasseoksella (600 ja 620–630 g/kg ka) ensimmäisessä sadossa sekä rohtomesikällä ja mailasseoksella (610 ja 610–640 g/kg ka) toisessa sadossa. Palkokasveilla matala D-arvo laskee maitotuotosta vähemmän kuin heinille, koska lisääntynyt syönti kompensoi matalampaa D-arvoa.

#### 4.4. Puhdaskasvustoista vinkkejä seosten koostamiseen

Demo osoitti, että kasvuston perustumisessa oli eroja ja että pohjoisissa oloissa jotkut lajit, kuten rohtomesikkä, eivät välttämättä talvehdi lainkaan. Valkoapila täytti parhaiten ennakkoodotuksen palkokasvien korkeasta raakavalkuaisesta. Lisäksi sen D-arvo oli hyvä. Sopivassa määrin valkoapila voikin parantaa rehun laatua erityisesti laitumilla. Mailasseos yllätti puolestaan positiivisesti korkealla kokonaissadollaan. Puhtaan sinimailasnurmen tilalla rehu- ja sinimailasen seos voisikin lisätä mailasten viljelyvarmuutta. Sikurilla voisi povata nykyistä laajempia käyttömahdollisuuksia ainakin laitumissa, joihin sitä suositellaankin. Vuohenherneen ja keltamaitteen uhkana seoksissa voi olla hitaan perustumisen vuoksi syntyvä muiden kasvien kilpailu valosta ja ravinteista. Näille kasveille sopivien seoskumppaneiden valinta voikin olla haastavaa. Lisäksi vuohenherneen ja keltamaitteen olisi syytä antaa vakiintua rauhassa ennen säännöllisen niittoon siirtymistä. Kaikkein haastavinta on perustaa yrttiniittyä. Niukasti lannoitettunakin heinät kilpailevat viljavalla maalla tehokkaasti kasvutilasta. Toisaalta heinät estivät rikkaruohottumista. Yrttipeltoa perustavan kannattaakin ensin perustaa kaistoja ja kokeilla muitakin seoskumppaneita kuin heiniä sekä vaihdella tyypitasoja ennen isompien alojen kylvöä.

Demon kasvilajit:

- Heinäratamo: Lääkinnällisiä ominaisuuksia.
- Keltamaite: Hidas kevätkasvu, hyvät rehuominaisuudet, laidunkasvi.
- Kumina: Syväjuurinen, nopea taimettu, 2-vuotinen ruoho, lääkinnällisiä ominaisuuksia.
- Rohtomesikkä: 1–2 vuotinen ruoho, syväjuurinen, lääkinnällisiä ominaisuuksia.
- Rehumailanen: Syvä juuristo, hyvä jälkikasvu, melko viljelyvarma rehu- ja laidunkasvi.
- Sinimailanen: Syvä juuristo, hyvä jälkikasvu, melko vaateliäs rehukasvi.
- Sikuri: Syvä paalujuuri, nopea jälkikasvu, erityisesti laitumiin, lajikerot talvenkestossa.
- Valkoapila: Korkea valkuaispitoisuus, erityisesti laitumiin, kasvupaikan suhteen vaatimaton.
- Vuohenherne: Hidas alkukehitys, vakiinnuttuaan satoisa, syväjuurinen rehukasvi.
- Timotei: Talvenkestävyyden ja maittavuuden vuoksi nurmiseosten peruslaji.
- Nurminata: Timoteitä täydentävä perusheinä seoksissa, hyvä jälkikasvukyky.



Kuvissa 6–8 on vuoden 2021 demoruutujen kasvustoja.



**Kuva 6.** Vasemmalla keltamaite ja oikealla mailasseos. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.



**Kuva 7.** Vasemmalla sikuri ja oikealla valkoapila (korkea). Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.





**Kuva 8.** Vasemmalla vuohenherne ja oikealla rohtomesikkäyksilö ennen ensimmäistä sadonkorjuuta vuonna 2021. Kuvat: Luke/Maria Honkakoski.



**Löydät meidät  
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki