

# MTT RAPORTTI 141

## Navettateknologian luotettavuus selville testausten avulla

Jaakko Mononen, Sari Kajava, Salla Ruuska, Mikaela Mughal, Martta Niittynen, Mikko Järvinen, Lilli Frondelius (toim.)



---

## **Navettateknologian luotettavuus selville testausten avulla**

---

**Jaakko Mononen, Sari Kajava, Salla Ruuska, Mikaela Mughal, Martta Niittynen,  
Mikko Järvinen, Lilli Frondelius (toim.)**

ISBN: 978-952-487-535-6

ISSN: 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-535-6>

<http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti141.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Jaakko Mononen, Sari Kajava, Salla Ruuska, Mikaela Mughal, Martta Niittyne, Mikko Järvinen, Lilli Frondelius (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2014

Kannen kuva: Elina Juutinen

---

# Navettateknologian luotettavuus selville testausten avulla

---

**Jaakko Mononen<sup>1)</sup>, Sari Kajava<sup>2)</sup>, Salla Ruuska<sup>3)</sup>, Mikaela Mughal<sup>3)</sup>, Martta Niittynen<sup>4)</sup>, Mikko Järvinen<sup>2)</sup>, Lilli Frondelius (toim.)<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, jaakko.mononen(at)mtt.fi ja Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, jaakko.mononen(at)uef.fi

<sup>2)</sup>Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi(at)mtt.fi

<sup>3)</sup>Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, etunimi.sukunimi(at)uef.fi

<sup>4)</sup>Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos, PL 111, 80101 Joensuu

## Tiivistelmä

Karjakokojen kasvaessa teknologiavalinnat ovat yksi maidon alkutuotannon haasteista. Maidontuottajat ovat valinnoissaan paljolti laitevalmistajien tarjoaman tiedon varassa. Nykyaikainen navettateknologia (NYT) -hankeparissa testattiin uusia ja kehitteillä olevia navettateknologioita MTT Maaningan CowLab<sup>TM</sup> tutkimuspihatossa vuosina 2010-2013. Keskityimme erityisesti lypsylehmien tuotannon, terveyden ja hyvinvoinnin valvontaan tarkoitettuihin laitteisiin, järjestelmiin ja menetelmiin. Testaukset kattoivat paitsi jo maitotiloille markkinoitavia myös toistaiseksi lähinnä tutkimuskäyttöön soveltuvia menetelmiä ja laitteita. Tässä julkaisussa raportoimme NYT-hankeparin keskeisimmät testaustulokset.

Monet testatuista laitteista mittasivat eläinten käyttäytymistä. NYT hankkeessa testattiin perinteisten kiimojen havaitsemiseen tarkoitettujen aktiivisuudenseurantalaitteistojen lisäksi eläinten käyttäytymistä monipuolisemmin mittaavia järjestelmiä, joilla saadaan selville muun muassa eläimen paikka, makuu-aika, syöminen, juominen ja märehminen. Hanke testasi myös lukuisia eläimen fysiologian (sydämen syke, poikimissupistukset, maidon progesteroni ja pötsin happamuus) mittaamiseen tarkoitettuja laitteistoja ja menetelmiä. Elektroniset maitomittarit ja rehun kuiva-aineanalysaattorit olivat myös testauksen kohteina.

Testausten myötä saatiin käytännönläheistä kokemusta laitteiden ja menetelmien toimivuudesta maitotiloilla sekä tutkimustyökaluina. Toivomme tämän raportin auttavan maidontuottajia heidän suunnitelluissa nykyaikaisen navettateknologian hankintoja. Raportti soveltuu myös oppilaitoksille navettateknologian opetuksen oheismateriaaliksi.

## Asiasanat:

lypsylehmä, maidontuotanto, automaatio, sensori, etävalvonta, terveys, hyvinvointi, käyttäytyminen, hedelmällisyys, täsmäkotieläintuotanto

---

# The reliability of barn technology in test

---

**Jaakko Mononen<sup>1)</sup>, Sari Kajava<sup>2)</sup>, Salla Ruuska<sup>3)</sup>, Mikaela Mughal<sup>3)</sup>, Martta Niittynen<sup>4)</sup>,  
Mikko Järvinen<sup>2)</sup>, Lilli Frondelius (toim.)<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> MTT Agrifood Research Finland, Animal Production Research, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, jaakko.mononen(at)mtt.fi and University of Eastern Finland, Department of Biology, PL 1627, 70211 Kuopio, jaakko.mononen(at)uef.fi

<sup>2)</sup> MTT Agrifood Research Finland, Animal Production Research, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, firstname.lastname(at)mtt.fi

<sup>3)</sup> University of Eastern Finland, Department of Biology, PL 1627, 70211 Kuopio, firstname.lastname(at)uef.fi

<sup>4)</sup> University of Eastern Finland, Department of Biology, PL 111, 80101 Joensuu

## Abstract

Increasing herd size often leads to more automated production, and thus technological choices are one of the challenges in modern milk production. The Modern Cow Barn Technology -project (NYT) tested new and developing barn technologies in MTT Maaninka's CowLab<sup>TM</sup> research barn. We focused especially on technologies and methods measuring and observing production, health and welfare of dairy cows. The project covered both research equipment and technologies already marketed to common dairy farms. In this publication we report the key results from NYT-project.

Many of the tested devices measured behaviour of the animals. Besides the traditional heat detection systems based on activity measurements, NYT-project tested devices measuring behaviour more broadly. These included systems measuring cows' position and lying, feeding, drinking and ruminating time. The project tested also many methods for measuring animal's physiology (e.g. heart rate, labor contractions, milk progesterone, rumen pH). Electronic milk meters and a feed's dry matter analyzer were also tested.

During the project we got experience in practice about functionality of tested technologies in research and real life situations. We hope this report helps dairy farmers in their barn technology choices.

## Keywords:

dairy cow, milk production, automation, sensor, remote monitoring, animal health, animal welfare, animal behaviour, fertility, precision livestock farming

---

# Sisällysluettelo

---

1 Johdanto.....	6
1.1 NYT-hankeparin taustat ja toimintatavat.....	6
1.2 Laitetestausraportin rakenne ja tavoitteet .....	6
1.3 Miksi testasimme niitä laitteita joita testasimme? .....	7
2 Tilatason laitteet .....	11
2.1 Teknologia hedelmällisyyden seurannassa .....	11
2.1.1 Käyttäytymisen automaattiseen tarkkailuun perustuva kiimanseuranta .....	11
2.1.2 Progesteronimääritys tilatasolla .....	14
2.2 Vasikoiden automaattijuotto – helpotusta arkeen vai lisää työtä? .....	18
2.2.1 Teknologia vasikoiden juottotyön apuna .....	18
2.2.2 Minkälaisiin ongelmiin vasikoiden automaattijuotossa on törmätty?.....	19
2.3 Rehun kuiva-ainepitoisuuden arviointi pikamittarien avulla.....	20
3 Tutkimuslaitteet.....	23
3.1 Onko naapurin rehu vihreämpää – lehmien yksilökohtaisen karkearehun kulutuksen mittaaminen.....	23
3.1.1 Laitetestaus.....	24
3.1.2 Johtopäätökset.....	26
3.2 Syömiskäyttäytymisen ja aktiivisuuden automaattinen mittaaminen .....	26
3.2.1 RumiWatch-laitteisto .....	27
3.2.2 Märehtimistä voidaan mitata jo tilatasollakin.....	32
3.3 Pötsi kertoo lehmän terveyden tilasta ja ruokinnan onnistumisesta .....	32
3.3.1 Mittalaite .....	32
3.3.2 Laitetestaus.....	34
3.3.3 Tutkimuslaite .....	35
3.4 Missä lehmä luuraa – paikantaminen navetassa .....	35
3.4.1 Paikantaminen navetassa on haastavaa .....	35
3.4.2 Paikannukseen käytettävissä useita eri teknologioita .....	36
3.4.3 TrackLab järjestelmä.....	36
4 Kirjallisuusluettelo .....	40

---

# 1 Johdanto

---

## 1.1 NYT-hankeparin taustat ja toimintatavat

Nykyaikainen navetteknologia (NYT) -hankeparin (EAKR- ja ESR-rahoitteiset osahankkeet) tavoitteet määriteltiin ja hiottiin hankkeen valmisteluvaiheessa rahoittajien ja toteuttajien välisten keskustelujen pohjalta. Aivan alkuperäisenä ideana oli parantaa MTT Maaningan 2009 valmistuneen tutkimusnavetan tutkimuslaittevarustusta. Juuri valmistunut lypsykarjapihatto oli varustettu lähinnä ruokintatutkimuksia silmällä pitäen, ja tutkimusmahdollisuuksia haluttiin laajentaa eläinten käyttäytymisen ja hyvinvoinnin tutkimukseen sekä navetteknologiatutkimukseen. Ajatuksena oli myös varmistaa hankittavien laitteistojen antamien tulosten luotettavuus eli testata laitteita systemaattisesti ennen varsinaista tutkimuskäyttöä. Koska monia tutkimustyökaluina mielenkiintoa herättäviä laitteita markkinoitiin maailmalla jo tavallisille maitotiloille, oli luontevaa ottaa hankkeen tavoitteeksi välittää tietoa navetteknologioista sekä niiden luotettavuudesta ja käyttökelpoisuudesta myös maidontuottajille ja muille sidosryhmille.

Näin syntyi NYT-hankepari: Pohjois-Savon liiton kautta rahoitettu (420.000 €) EAKR-hanke sai alaotsakkeen ”instrumentointihanke” ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen kautta rahoitettu (470.000 €) ESR-hanke sai puolestaan alaotsakkeen ”verkostoitumishanke”. Päätoteuttajana molemmissa hankkeissa oli MTT, joka oli tehnyt jo aiemmin strategisen linjauksen kehittää maidontuotannon tutkimusta Maaningalla. Tuon linjauksen loogisena jatkeena MTT rahoitti kumpaakin NYT-hanketta 75.000 eurolla.

NYT/EAKR-hanke tähtäsi maidontuotannon tukemiseen parantamalla tutkimusmahdollisuuksia MTT:n Maaningan tutkimuspihatossa. Laitehankintojen ja -testausten lisäksi hankkeessa luotiin perusedellytykset yhdistää eri laitteista saatuja tietoja yhdeksi suuremmaksi tutkimusaineistotietokannaksi. MTT:n lisäksi hanketta toteutti Itä-Suomen yliopisto. MTT Maaningan tutkimusnavetan englanninkieliseksi nimeksi on vakiintumassa CowLab<sup>TM</sup>. Tällä ”Maaningan lehmälabralla” on nyt entistä paremmat valmiudet tukea suomalaista maidontuotantoa tutkimuksen keinoin.

NYT/ESR-hankkeen keskeinen toimintamuoto oli maidontuottajille ja muille sidosryhmille järjestetyt koulutustilaisuudet, jotka hankkeen alkupuolella perustuivat lähinnä teoreettiseen tietoon, mutta laitehankintojen ja laitetestausten edetessä yhä enemmän ja enemmän NYT-hankkeissa saatuihin tuloksiin ja kokemuksiin. Samalla siirryttiin myös enenevässä määrin luentosaleista Maaningan tutkimuspihattoon katsomaan ja kuulemaan kokemuksia suoraan laitteiden käyttäjiltä eli navetan henkilökunnalta.

NYT/ESR-hankkeen alaotsakkeen viittaus verkostoitumiseen on moniselitteinen. Itse hankkeessa oli viiden osatoteuttajan verkosto: MTT, Savonia ammattikorkeakoulu, Itä-Suomen yliopisto, Ylä-Savon ammattiopisto ja Savon ammatti- ja aikuisopisto. Koulutustilaisuudet olivat oiva tilaisuus tutkimus- ja oppilaitosten välle verkostoitua paitsi keskenään myös maidontuottajien ja muiden sidosryhmien kanssa. Hankkeen edetessä saatiin myös kutsuja tulla esittämään hankkeen tuloksia muihin kotimaisiin tilaisuuksiin. Kansainvälisellä verkostoitumisella oli hankkeessa merkittävä rooli, ja jo NYT-hankkeiden aikana päästiin mukaan kahteen kansainväliseen tutkimushankkeeseen.

## 1.2 Laitetestausraportin rakenne ja tavoitteet

Tässä julkaisussa raportoimme yksiin kansiin koottuna NYT-hankkeiden keskeisimmät laitetestaustulokset. Joitain laitetestausten tuloksia on raportoitu aiemmin myös ammattilehdissä, ja nämä ammattilehtiartikkelit on mainittu Taulukossa 1. Hankkeiden vaikuttavuus ja siihen liittyvät numeeriset tulokset esitetään virallisissa loppuraporteissa.

Taulukko 1. Ammattilehtiartikkeleita laitetestauksista. Poikimisen automaattista valvontaa lukuun ottamatta muita artikkeleiden aiheita on käsitelty myös tässä testausraportissa.

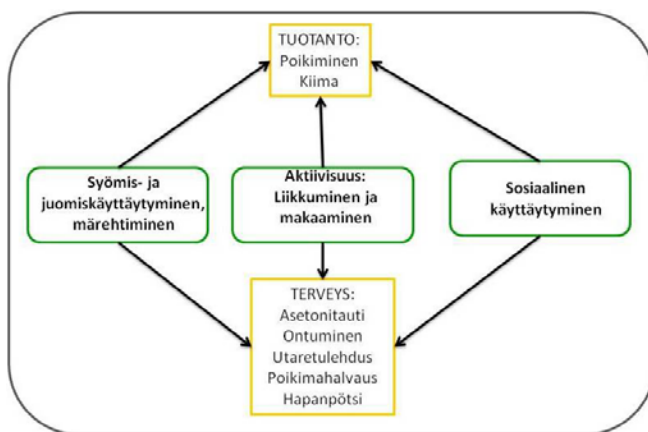
Otsikko	Lehti	Julkaisu-aika
Automaatti valvomaan poikimisia?	Nauta	3/2012
Toimivatko vasikoiden juottoautomaatit?	KMVET	4/2012
Testissä tilatason progesteronimittarit	Nauta	5/2012
Testissä vasikoiden juottoautomaatit	KMVET	4/2013
Pikatestistä apua kiimantarkkailuun?	Nauta	5/2013
Pötsin salat selville - apua terveyden seurantaan?	Nauta	5/2013

Raportti on jaettu kahteen osaan: tilatason laitteisiin ja tutkimuslaitteisiin. Jako on sinällään keinotekoinen, koska monet tavallisille maitotiloille tarkoitetut laitteet ovat myös oivia tutkimuslaitteita, etenkin jos päästään käsiksi laitteiden tuottamaan ”raakamittaustietoon”. Toisaalta jotkut tänä päivänä vain tutkimukseen tarkoitetut, monesti vielä kalliit ja epäkäytännölliset laitteet voivat olla niitä, joiden pohjalta kehitetään huomispäivän käytännön navettateknologiaa.

Olemme jossain määrin pyrkineet välttämään tieteellisen raportoinnin perinteistä kaavaa - ja monimutkaisia kaavakuvia - sekä suitsineet myös kirjallisuusviitteiden käyttöä. Tämä kaikki siksi, että raportti olisi luettavaampi ei-tutkijoille. Etenkin raportin jälkimmäisessä osassa olemme kuitenkin päästäneet hieman enemmän tutkijaminää irti. Vastapainoksi raportti sisältää myös joitain tuokiokuvia tutkijoiden ja tutkimuseläinten päivittäisestä elämästä.

### 1.3 Miksi testasimme niitä laitteita joita testasimme?

NYT-hankkeessa keskityimme erityisesti eläinten tuotannon, terveyden ja hyvinvoinnin valvontaan tarkoitettuihin laitteisiin ja menetelmiin (Taulukko 2), koska Maaninka CowLab<sup>TM</sup>:in tutkimusprofiilia haluttiin kehittää tähän suuntaan. Monet testatuista laitteista perustuvat eläinten käyttäytymisen mittaamiseen, mihin on voinut vaikuttaa keskeisten tutkijoiden aiempi tutkimushistoria. Toisaalta lehmien käyttäytymisen jatkuva automaattinen mittaaminen voi olla tärkeässä roolissa, kun kehitetään kokonaisvaltaisia tuotannon ja hyvinvoinnin valvontaan tarkoitettuja järjestelmiä (Kuva 1).



Kuva 1. Jos pystyisimme mittaamaan automaattisesti vihreissä laatikoissa olevat käyttäytymiset, pystyisimme ennakoimaan paremmin lypsylehmien tuotantoa, terveyttä ja hyvinvointia.

Eräs merkittävä laitehankintoihin ja -testauksiin vaikuttanut tekijä oli MTT Maaningan navetan ja koko maatilalan perusratkaisut. Noin 120 lehmälle tarkoitettu pihatto on jaettu useampaan osastoon, mikä palvelee hyvin myös tutkimustarkoitusta. Lypsy hoidetaan 2 x 8 paikkaisella kalanruotolypsyasemalla. Vasikoille on oma tilansa, mutta hiehojen kasvatus on ulkoistettu. Yksi hankkeen tiivistetyimpiä johtopäätöksiä tavallisten maitotilojenkin osalta oli, että erilaisten laitteistojen hyödyllisyys riippuu siitä, kuinka tiloilla toimitaan. Jokaisen navetan perusratkaisut heijastavat tuota toimintatapaa.



Taulukko 2. Maaningan tutkimuspihaton laitteita.

Laite	Hankittu	Käyttötarkoitus	Laitteen testaus
<b>Ruokinta ja syömiskäyttäytyminen</b>			
<i>Insentec Roughage Intake Control System</i>	Alkuperäiseen navettakokonaisuuteen	Yksilöllisen karkearehun syöntimäärän ja -ajan mittaaminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>RumiWatch päätset (noseband sensor)</i>	NYT-hankkeessa	Mittaa lehmän syömis-, märehimis- ja juomisai- kaa	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>smaXtec pH-bolukset</i>	NYT-hankkeessa	Pötsin pH:n ja lämpötilan mittaus, terveys- ja ruokintaongelmien havaitseminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Holm &amp; Laue vasikoiden juottoautomaatti</i>	NYT-hankkeessa	Vasikoiden automaattijuotto	Testaukset kesken
<i>Lisäksi aktiivisuus</i>			
<i>Nedap Lactivator</i>	Alkuperäiseen navetta- kokonaisuuteen, päivitet- ty monipuolisempaan versioon NYT- hankkeessa.	Väkirehuautomaatti mittaa yksilöllisen väkirehun syöntimäärän ja -ajan, punnitsee eläimen, pedometri mittaa aktiivisuutta ja hälyttää kiimoista, toimii tunnistimena lypsyasemalle	Kiimahälytykset testattu NYT-hankkeen aikana
<i>RuminAct</i>	NYT-hankkeessa	Lehmän aktiivisuuden ja märehimisajan mittaaminen; terveys-, kiima- ja poikimishälytykset	Testattu NYT-hankkeen aikana (poikimishälytysten testaus kesken)
<b>Aktiivisuus</b>			
<i>RumiWatch pedometrit</i>	NYT-hankkeessa	Mittaa lehmän makuu-, seisomis- ja kävelyaikaa	Testaukset kesken
<i>TrackLab paikannusjärjestelmä</i>	NYT-hankkeessa	Yksittäisen lehmän paikantaminen navetassa 30 cm tarkkuudella	Testaukset kesken
<b>Muut</b>			
<i>Gaitwise järjestelmä</i>	SILF-hankkeessa <sup>1</sup>	Automaattinen ontumisen tunnistaminen	Testaukset kesken (SILF)
<i>Wirepas kiihtyvyyssanturit ja tiedonsiirtoverkko</i>	NYT-hankkeessa	Kiihtyvyyssaineiston kerääminen lehmän liikkeitä, käyttäytymislukittelu tiedonlouhinnan keinoin	Testattu alustavasti NYT-hankkeen aikana
Laite	Hankittu	Käyttötarkoitus	Laitteen testaus
<i>Progesteronimittarit ja -pikatestit</i>	NYT-hankkeessa	Progesteroni pitoisuuksien mittaaminen maidosta, kiiman tunnistus	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Polar Equine RS800CX Science</i>	NYT-hankkeessa	Sykkeen ja sykevälivaihtelun mittaukset	Testattu Remowel-hankkeessa <sup>2</sup>
<i>Agrimonitor</i>	NYT-hankkeessa	Poikimisajankohdan ennustaminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Tru-Test elektroniset maitomittarit</i>	NYT-hankkeessa	Maitomäärä, virtaus ja näytteen otto	Testaukset kesken
<i>Q-Dry</i>	NYT-hankkeessa	Automaattinen rehun kuiva-aineen määrittäminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>ASAN Professional</i>	Alkuperäiseen navettakokonaisuuteen	Automaattinen videovalvonta- ja videonauhoitusjärjestelmä	Käytetty NYT-hankkeessa
<i>Observer XT</i>	NYT-hankkeessa	Ohjelmisto käyttäytymistarkkailuiden tekemiseen, myös mobiiliversio	Käytetty NYT-hankkeessa
<i>Media Recorder</i>	NYT-hankkeessa	Observer XT:n kanssa yhteen sopiva videonauhoitusohjelmisto	Käytetty NYT-hankkeessa

Taulukko 2 jatkuu. Maaningan tutkimuspihaton laitteita

Laite	Hankittu	Käyttötarkoitus	Laitteen testaus
<b>Ruokinta ja syömiskäyttäytyminen</b>			
<i>Insentec Roughage Intake Control System</i>	Alkuperäiseen navettakonaisuuteen	Yksilöllisen karkearehun syöntimäärän ja -ajan mittaaminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>RumiWatch päätset (nose-band sensor)</i>	NYT-hankkeessa	Mittaa lehmän syömis-, märehtimis- ja juomisaikaa	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>smaXtec pH-bolukset</i>	NYT-hankkeessa	Pötsin pH:n ja lämpötilan mittaus, terveys- ja ruokintaongelmien havaitseminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Holm &amp; Laue vasikoiden juottoautomaatti</i>	NYT-hankkeessa	Vasikoiden automaattijuotto	Testaukset kesken
<b>Lisäksi aktiivisuus</b>			
<i>Nedap Lactivator</i>	Alkuperäiseen navettakonaisuuteen, päivitetty monipuolisempaan versioon NYT-hankkeessa.	Väkirehuautomaatti mittaa yksilöllisen väkirehun syöntimäärän ja -ajan, punnitsee eläimen, pedometri mittaa aktiivisuutta ja hälyttää kiimoista, toimii tunnistimena lypsyasemalle	Kiimahälytykset testattu NYT-hankkeen aikana
<i>RuminAct</i>	NYT-hankkeessa	Lehmän aktiivisuuden ja märehtimisajan mittaaminen; terveys-, kiima- ja poikimishälytykset	Testattu NYT-hankkeen aikana (poikimishälytysten testaus kesken)
<b>Aktiivisuus</b>			
<i>RumiWatch pedometrit</i>	NYT-hankkeessa	Mittaa lehmän makuu-, seisomis- ja kävely-aikaa	Testaukset kesken
<i>TrackLab paikannusjärjestelmä</i>	NYT-hankkeessa	Yksittäisen lehmän paikantaminen navetas- sa 30 cm tarkkuudella	Testaukset kesken
<b>Muut</b>			
<i>Gaitwise järjestelmä</i>	SILF-hankkeessa <sup>1</sup>	Automaattinen ontumisen tunnistaminen	Testaukset kesken (SILF)
<i>Wirepas kiihtyvyyssanturit ja tiedonsiirtoverkko</i>	NYT-hankkeessa	Kiihtyvyyssaineiston kerääminen lehmän liikkeistä, käyttäytymislukittelu tiedonlouhinnan keinoin	Testattu alustavasti NYT-hankkeen aikana
<i>Progesteronimittarit ja -pikatestit</i>	NYT-hankkeessa	Progesteroni pitoisuuksien mittaaminen maidosta, kiiman tunnistus	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Polar Equine RS800CX Science</i>	NYT-hankkeessa	Sykkeen ja sykevälivaihtelun mittaukset	Testattu Remowel-hankkeessa <sup>2</sup>
<i>Agrimonitor</i>	NYT-hankkeessa	Poikimisajankohdan ennustaminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>Tru-Test elektroniset maitomittarit</i>	NYT-hankkeessa	Maitomäärä, virtaus ja näytteen otto	Testaukset kesken
<i>Q-Dry</i>	NYT-hankkeessa	Automaattinen rehun kuiva-aineen määrittäminen	Testattu NYT-hankkeen aikana
<i>ASAN Professional</i>	Alkuperäiseen navettakonaisuuteen	Automaattinen videovalvonta- ja videonauhoitusjärjestelmä	Käytetty NYT-hankkeessa
<i>Observer XT</i>	NYT-hankkeessa	Ohjelmisto käyttäytymistarkkailuiden tekemiseen, myös mobiiliversio	Käytetty NYT-hankkeessa
<i>Media Recorder</i>	NYT-hankkeessa	Observer XT:n kanssa yhteen sopiva videonauhoitusohjelmisto	Käytetty NYT-hankkeessa

<sup>1</sup> Smart Integrated Livestock Farming, 2013 – 2016, ICT-AGRI ERA-NET<sup>2</sup> Remowel – Uudet hyvinvointitekniikat tuotantoeläinten terveyden ja hyvinvoinnin pitkäaikaisseurannassa, 2009 – 2012, Makera

## Kiitokset

Kiitämme NYT-hankkeiden rahoittajia ennakkoluulottomuudesta ja joustavuudesta. Hankkeiden yhteistä ohjausryhmää kiitämme erityisen hyvästä työstä sparraajana, innostajana ja asiantuntija-apuna. Kiitokset hankekumppaneille: osaamisverkostomme on nyt entistä tiiviimpi ja vahvempi. Kiitokset kuuluvat myös kaikille laitetestauksien käytännön toteuttajille sekä koulutustilaisuuksien järjestäjille ja esittäjille. Kiitokset myös hankkeen kohderyhmälle, maidontuotannon ammattilaisille, hedelmällisestä vuorovaikutuksesta.



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto  
Euroopan sosiaalirahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



POHJOIS-SAVON LIITTO  
Regional Council of Pohjois-Savo



**SAVONIA**



**SAVON AMMATTI-  
JA AIKUISOPISTO**



ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO



**Ylä-Savon  
koulutuskuntayhtymä**

---

## 2 Tilatason laitteet

---

### 2.1 Teknologia hedelmällisyyden seurannassa

Vuonna 2012 Suomen tuotosseurantatiloilla yhtä poikimista kohden tehtiin keskimäärin kaksi siemennystä. Luku on viime vuosien kuluessa noussut tasaisesti. Hedelmällisyysongelmat ovatkin kerran poikineilla lehmillä merkittävin poistoon johtava syy ja useamman kerran poikineilla toiseksi yleisin utaretulehdusongelmien jälkeen (Nokka 2012).

Terveys, ruokinnan onnistuminen ja oikeanlaiset ympäristöolot ovat peruslähtökohtia lehmien hyvälle hedelmällisyydelle (Butler 2000, Roelofs ym. 2010). Useat eri tekijät voivat vaikuttaa negatiivisesti lehmän hormonitasapainoon (Roelofs ym. 2010), jolloin eläimen kiiman merkit voivat hiljentyä tai jopa hävitä kokonaan. Vaikka karjanhoidon ja ympäristön lähtökohdat olisivat kohdallaan, on lehmien hedelmällisyystarkkailu edelleen aikaa ja taitoa vaativaa toimintaa (Rautala 1991).

Hedelmällisyystarkkailun haasteellisuus korostuu erityisesti isoissa karjoissa (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Lehmien kiimakäyttäytyminen on muuttunut maitotuotoksen kasvun myötä (Sangsrivong ym. 2002), ja käyttäytyminen voi vaihdella yksilöiden välillä suurestikin. Kaikki lehmät eivät esimerkiksi näytä ollenkaan seisovaa kiimaa (Roelofs ym. 2005).

Teknologia on rientänyt myös lehmien hedelmällisyyden seurannan avuksi. Kiimantarkkailun avuksi suunnattu teknologia voidaan jakaa kahteen tyyppiin (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Lehmien käyttäytymistä mittaavat tekniikat perustuvat lehmien aktiivisuusmuutosten tai seisovan kiiman havaitsemiseen (Firk ym. 2002). Progesteronitason määrittäminen maidosta on hormonaalisiin (fysiologisiin) muutoksiin perustuva tapa selvittää lehmien hedelmällisyyttä ja kiimakierron vaiheita (Roelofs ym. 2006).

#### 2.1.1 Käyttäytymisen automaattiseen tarkkailuun perustuva kiimanseuranta

Lehmän aktiivisuus alkaa lisääntyä noin 30 tuntia ennen kiimaa (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Lisääntynyt aktiivisuus kestää runsaat kymmenen tuntia, ja eläin on siten kiimassa vajaat 20 tuntia aktiivisuuspiikin loppumisen jälkeen. Nämä tuntimäärät ovat kuitenkin hyvin karkeita yleistyksiä, koska aktiivisuuden ja sen muutoksiin sekä itse kiiman kestoon voivat vaikuttaa hyvin monet tekijät, esimerkiksi eläimen rotu ja liikkumismahdollisuudet. Ovulaatio tapahtuu seisovan kiiman aikana, jolloin lehmä suostuu - paitsi sonnin myös toisten lehmien - astuttavaksi (Kuva 2).



Kuva 2. Lehmien aktiivisuus kasvaa ovulaation lähestyessä. Selkään hyppääjä on vasta tulossa kiimaan. Sen sijaan hyppytilanteessa lehmän seisominen toisen eläimen alla on luotettava merkki meneillään olevasta kiimasta. (Kuva: Martta Niittynen/MTT)

Sekä aktiivisuuden muutoksiin että seisovan kiimaan havaitsemiseen perustuvia kiimanseurantajärjestelmiä on jo kaupallisesti saatavilla ja ensin mainittuja käytössä myös lukuisilla suomalaisilla maitotiloilla.

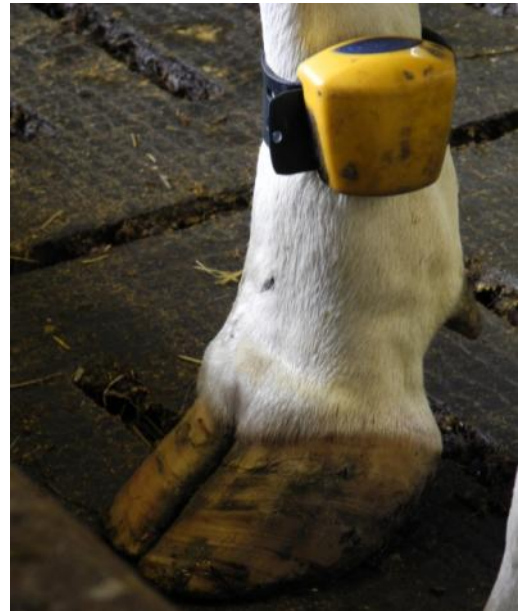
### 2.1.1.1. Aktiivisuusmittarit

Lehmien aktiivisuuden muutoksiin perustuvissa kiimanseurantajärjestelmissä eläimeen kiinnitetyn aktiivisuusmittarin mittaustieto välitetään langattomasti tietokoneelle. Aktiivisuusmittari voi olla kiinnitettynä joko jalkaan (pedometri) tai kaulapantaan (Kuva 3). Tietokoneohjelma tulkitsee eläinyksilöiden aktiivisuusmuutoksia ja antaa kiimahälytyksiä.

Laittevalmistajat eivät välttämättä kerro kovin yksityiskohtaisesti, millaista ja mitä kaikkea tietoa laitteisto käyttää kiimankehityksen tulkintaan, ja siksi jakoa pedometreihin ja muihin aktiivisuusmittareihin voidaan pitää vain karkeana jaotteluna. Tuottajan kannalta tärkeintä on kuitenkin laitteen ilmoittamien kiimahälytysten luotettavuus. Kiimahälytysten luotettavuutta voidaan kuvata kahdella käytännöllisellä prosenttiluvulla. Herkkyys kertoo, kuinka suuren osan kiimoista laite havaitsi, ja tavoitteena on luonnollisesti mahdollisimman suuri prosenttiosuus. Monilla kiimanseurantalaitteistoilla voidaan päästä yli 80 % herkkyyteen (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Virhesuhde puolestaan kuvaa sitä, kuinka suuri osuus annetuista kiimahälytyksistä on väärä eli turhia. Tämän prosenttiosuuden tulisi olla mahdollisimman pieni. Täydellistä kiimanseurantajärjestelmää ei ole, ja yleensä jos laite onnistutaan tekemään hyvin herkäksi, myös virhesuhde on suuri. Monesti laitteista ilmoitetaan vain herkkyys eikä virhesuhdetta tai sitten kerrotaan kokonaan muita, usein hankalammin tulkittavia, tunnuslukuja (vrt. Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012).

Testasimme MTT:n Maaningan CowLab<sup>TM</sup>:ssa kahden eri kiimanseurantajärjestelmän antamien tulosten luotettavuutta. Laitteiden antamia kiimahälytyksiä verrattiin erittäin huolelliseen silmämääräiseen kiimanseurantaan noin puolen vuoden ajalta noin sadan lehmän karjassa.

Kaulapantaan kiinnitettyyn aktiivisuusmittariin perustuvan Heatime-RuminActin (Milkline SRL, Italia) herkkyys oli omassa tutkimuksessamme 74 % ja virhesuhde 2 %. Käytännössä tuo virhesuhde tarkoitti keskimäärin 1,8 väärää hälytystä per päivä, mitä voidaan pitää hieman liian suurena. Heatime-RuminAct mittaa myös märehittämiseen käytettyä aikaa, josta enemmän kohdassa 3.2.2.



Kuva 3. Kaulaan tai jalkaan kiinnitettävät aktiivisuusmittarit rekisteröivät lehmien liikkeitä ja hälyttävät aktiivisuuden noususta lehmän tullessa kiimaan. (Kuvat: Lilli Frondelius ja Martta Niittynen/MTT)

Pedometreihin perustuvan Lactivatorin (Nedap, Hollanti) herkkyys oli 42 % ja virhesuhde 0,3 %. Testasimme laitetta tehdasasetuksillaan edes yrittämättä säätää sitä, joten emme väitä, että laitteisto toimi huonosti. Pikemminkin tuloksemme kuvaavat sitä – mahdollisesti myös joillain tavallisilla maitotiloilla vallitsevaa – tilannetta, että laitteiston käyttöön ei perehdytä riittävän hyvin. Roelofsin ym. (2005) mukaan saman valmistajan pedometrejä käytettäessä päästiin yli 80% herkkyyteen, jolloin virhesuhde oli 1-3%, Tulosten suorassa vertailussa on kuitenkin oltava varovaisia, koska ei tiedetä, miltä kaikilta osin järjestelmä on muuttunut tuon hollantilaisten tekemän testauksen jälkeen. Maaningalle laitteisto hankittiin 2009.

### 2.1.1.2. Seisovan kiiman mittarit

Seisovaa kiimaa voidaan mitata käyttäen apuna eläimen selkään lähelle hännän tyveä kiinnitettävillä elektronisilla antureilla, jotka lähettävä vastaanottimen kautta tietokoneelle tiedon siitä, kuinka usein lehmän selkään hypätään (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). NYT-hankkeessa testasimme kuitenkin vähemmän teknologiaa vaativaa menetelmää: häntäkyhmyyn päälle liimattavia Estrus Alert® (Kanada) tarroja, jotka muuttavat väriään, kun seisovassa kiimassa olevan lehmän selkään hypätään (Kuva 4). Hankkeen aikana ehdittiin testaamaan kahta kehitysversiota Estrus Alert® tarrasta.

Estrus Alert® kiimatarrojen herkkyys- ja virhesuhdeprosentit riippuivat hyvin vahvasti siitä, kuinka tarran värin muutosta käytettiin hyväksi tuloksen tulkinnassa. Jos kiimaksi tulkittiin se, että 20%:n kokoinen alue tarrasta oli vaihtanut väriä, herkkyys oli kelvollinen mutta virhesuhde erittäin suuri (Taulukko 3). Virhesuhde pieneni huomattavasti, kun kiimaksi tulkitsemiseen vaadittiin suuremman alueen värimuutos. Samalla menetelmä kuitenkin menetti nopeasti herkkyyttään.

Taulukko 3. Estrus Alert® kiimatarrojen herkkyyden ja virhesuhteen riippuvuus siitä, kuinka suuri värimuutos (prosenttiosuus tarran pinta-alasta) vaadittiin kiimatulkintaan. Tulokset perustuvat 41 lehmän tietoihin 29 päivän ajalta ja tuona aikana havaittiin 26 kiimaa. Vertailukohtana (ns. kultaisena standardina) oli erittäin huolellinen silmä määräinen kiimanseuranta.

Pinta-alakriteeri %	Herkkyys %	Virhesuhde %
20	81	29
50	65	13
80	62	5
100	5	3



Kuva 4. a) Estrus Alert -kiimatarra juuri asetettuna lehmän hännäntyveen. b) Tarran pinta on kulunut ja paljastanut kirkkaan värin toisten lehmiä hypätessä kiimassa olevan eläimen päälle. (Kuvat: Martta Niittynen/MTT)

Kiimatarrat vaihtoivat väriään kiimahyppyjen lisäksi hyvin herkästi muistakin syistä. Vaikka pyörivät karja-harjat oli testauksen ajaksi kytketty pois päältä, onnistuivat muutamat lehmät silti raapimaan peräpäätään harjoihin ja lisäksi myös muihin navetan rakenteisiin. Näiden tekijöiden seurauksena tarroissa oli usein naarmuja ja raitoja ja joskus väri oli vaihtunut laajemmaltakin alueelta ”raidalliseksi”. Muutamissa tapauksissa lehmä oli saanut tarran raaputettua kokonaan irti, jolloin uusi tarra pyrittiin liimaamaan pudonneen tilalle mahdollisimman nopeasti.

Vaikka lehmä ei olisi ollut seisovassa kiimassa, toisen lehmän nopea yritys hypätä selkään saattoi aiheuttaa värimuutoksen pienellä kaistaleella tarraa. Ongelmaksi muodostui myös joissain tapauksissa ulosteen paakkuuntuminen ja kuivuminen tarran päälle, jolloin kuivuneen ulosteen mukana tarrasta irtosi myös pinnan harmaata väriä, tosin huomattavasti epätasaisemmin kuin hyppyjen seurauksena aktivoituneista tarroista.

Testauksemme perusteella värimuutosten tulkinnassa on oltava kriittisiä ja otettava huomioon vain selvästi toisen lehmän hyppäämisestä aiheutuneet laajalta pinta-alalta aktivoituneet tarrat. Aineistomme oli hyvin pieni, eikä itse numeerisista tuloksista voi tehdä kovin vahvoja lopullisia johtopäätöksiä Estrus Alert® kiimatarrojen luotettavuudesta kiimojen tunnistamisessa. Saimme kuitenkin paljon käytännön kokemuksia, jotka auttavat hyödyntämään kiimatarroja parhaalla mahdollisella tavalla.

## **2.1.2 Progesteronimääritys tilatasolla**

### **2.1.2.1. Progesteroni naudan kiimakierron säätelyssä**

Lehmän progesteronitason määrittystä maidosta on kauan käytetty osana hedelmällisyyden seurantaa. Progesteronia eli keltarauhashormonia erittyy lehmän munasarjojen keltarauhasista verenkiertoon ja sieltä maitoon. Maidosta määritetyn progesteronipitoisuuden avulla voidaan selvittää lehmän kiimakierron vaiheita, munasarjojen toimintaa, hormonihoitojen onnistumista sekä lehmän tiinehtymistä (Rautala 1991). Korkea maidon progesteroniarvo kertoo, että lehmällä on toimiva keltarauhanen eli lehmä on tiine tai kiimakierron keskivaiheilla. Matala progesteroniarvo tarkoittaa, ettei lehmällä ole toimivaa keltarauhasta ja se on joko kiimassa tai sen munasarjat eivät toimi kunnolla (Rautala 1991, Roelofs 2006). Perinteisesti lehmien progesteronitasoja on selvitetty meijerin laboratorioanalyysien avulla, mutta näytteen tuloksia täytyy odottaa vähintään vuorokausi. Tuloksesta on apua hedelmällisyyden seurannassa, mutta epävarman siemennystilanteen avuksi se ei ehdi.

### **2.1.2.2. Progesteronin mittausmenetelmät tilatasolla**

Tilatason progesteronitestit ovat yleistyneet viime vuosina, ja menetelmiä löytyy monimutkaisemmista analysaattoreista yksinkertaisempiin pikatesteihin. Analysaattorit antavat usein progesteronituloksen tarkempana lukuarvona, kun taas pikatestit kuvaavat epätarkemmin - esimerkiksi värein - lehmän progesteronitasoa. Pikatestit ovat pieniä testitikkuja tai -liuskoja, joihin imeytetään analysoitava erite, maito tai virtsa. Tikkuun tai liuskaan ilmestyvistä viivoista luetaan hormonitasoa kuvaava tulos.

### **2.1.2.3. Toimivatko tilatason progesteronimittarit hedelmällisyyden seurannassa?**

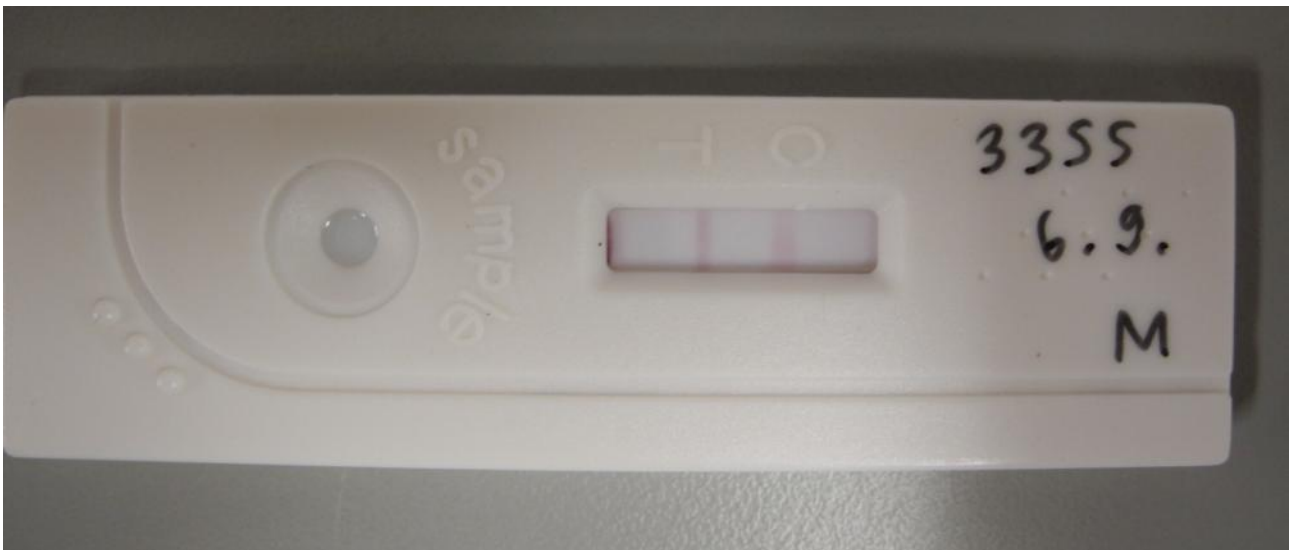
Hankkeessa testasimme erilaisia maitotilojen käyttöön tarkoitettuja progesteronipitoisuusanalysointilaitteita ja progesteronipikatestejä. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka hyvin analyysimenetelmät mittaavat lehmien hormonitoimintaa. Testauksen yhteydessä pohdittiin myös menetelmien käytettävyyttä tilatasolla.

Analysointilaitteiden testauksessa mukana olleet laitteet (Kuva 5) olivat eProCheck®-800 2.0 (Minitube, Saksa), HealthyLAB PG20 (Milkline, Italia) ja Hormonost Microlab Farmertest (Biolab, Saksa). Progesteronipikatesteistä testasimme Bovipreg- (TwilCanada, Kanada) sekä P4 Rapid -testejä (Ridgeway Science, Iso-Britannia). Bovipreg-testejä markkinoidaan lehmien tiineystestinä (Kuva 6). P4-Rapid testiliuskojen tulokset voidaan luokitella valmistajan ohjeen mukaisesti silmämääräisesti viiteen eri luokkaan: 0- luokka vastaa 0 nmol/l, 1-luokka 3,18 nmol/l, 2-luokka 6,36 nmol/l, 5-luokka 15,9 nmol/l ja 10-luokka 31,6 nmol/l (Kuva 7). Luokkien alkuperäiset numerot kertovat progesteronin pitoisuuden nanogrammina millilitrassa, mutta olemme muuttaneet tässä suomalaisille tutumpaan muotoon nmol/l.

Progesteronilaitteiden ja -pikatestien analyysituloksia maidosta verrattiin laboratorion rinnakkaisnäytetuloksiin. Absoluuttisten lukuarvojen lisäksi kullakin progesteronianalysointilaitteella on oma ohjeavionsa niin sanotuille kiimahälytyksille, ja selvitimme kuinka hyvin nämä hälytykset osuivat kohdalleen verrattuna laboratoriossa analysoituihin progesteronituloksiin. Bovipregeillä analysoimme sekä maidon että virtsan progesteronipitoisuutta, koska testiä markkinoitiin aluksi käyttökelpoisena molemmille näytteille.

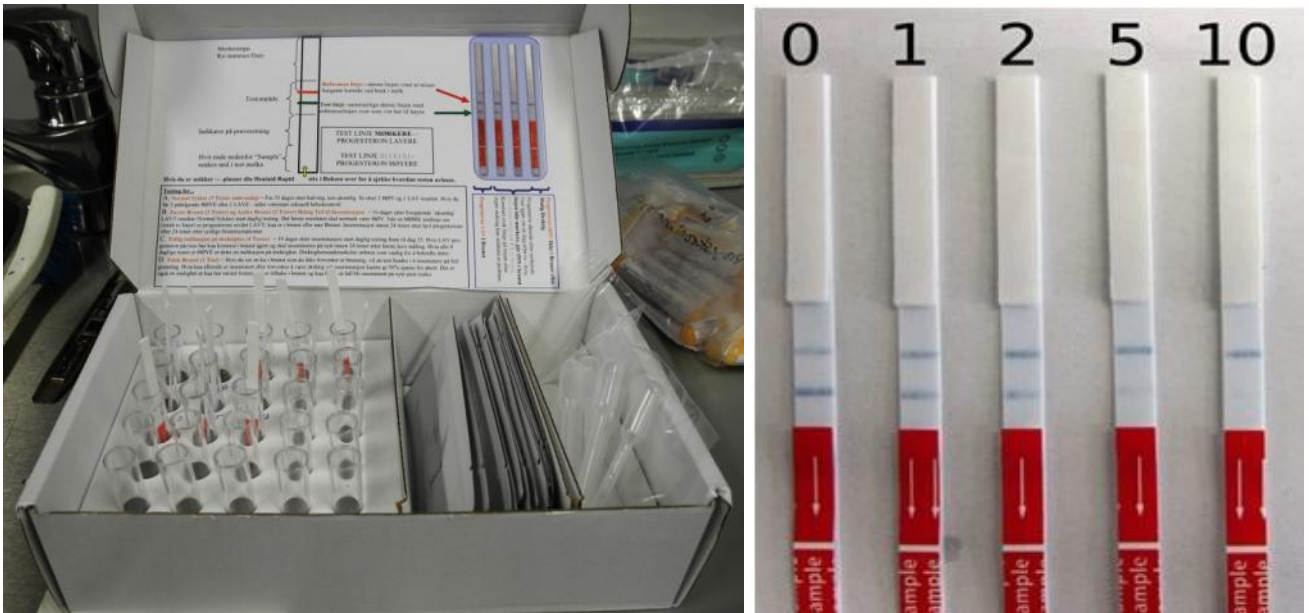


Kuva 5. Tilatason progesteronimittarit vasemmalta: eProCheck, HealthyLAB PG20 ja Hormonost Microlab Farmertest. (Kuva: Mikaela Mughal/MTT)



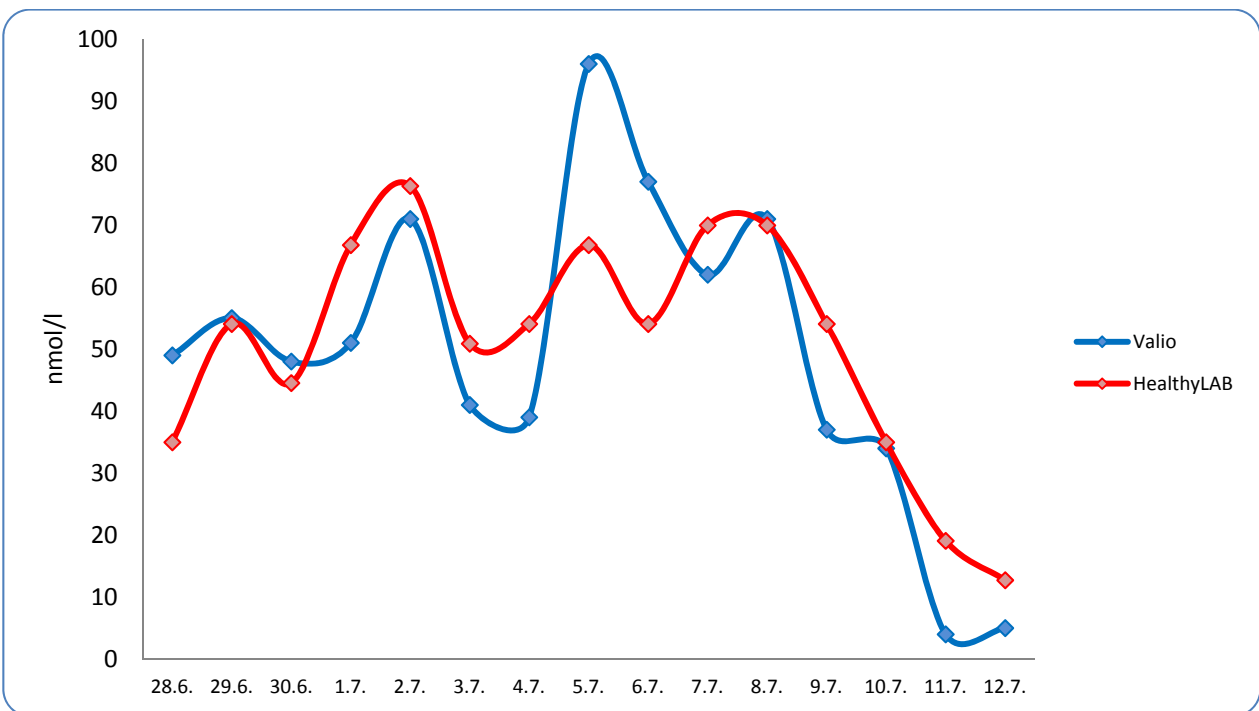
Kuva 6. Bovipreg-testeissä maidonäyte pipetoidaan testitikan analyysikenttään, johon ilmestyvistä viivoista luetaan maidon progesteronitasoa kuvaava tulos. Kaksi viivaa kuvaa korkeaa progesteronipitoisuutta, yksi viiva matalaa. Tässä kuvan tapauksessa lehmän progesteronin oli testin mukaan korkea, vaikka lehmä oli kiimassa ja laboratorion progesteronitulos samasta näytteestä oli 5 nmol/l. (Kuva: Sari Kajava/MTT)





Kuva 7. P4-rapid testeissä maidonäytteet pipetoidaan pieniin putkiin, joihin lisätään näyteliuska. Näyteliuskalta luetaan maidon progesteronitasoa kuvaava tulos. Jos testiliuskaan ilmestyy testin aikana kaksi viivaa, joista testiviiva on paksumpi kuin kontrolliviiva, progesteroni on matala, jolloin eläin on ohjeen mukaan kiimassa. Jos testiliuskaan ilmestyy vain kontrolliviiva, progesteroni on korkea. (Kuvat: Sari Kajava/MTT ja dairycore.com).

Kaikkien progesteronianalysointilaitteiden osalta tulokset korreloivat kohtalaisen hyvin laboratorion analyysien kanssa, ja kertovat melko luotettavasti lehmän hormonitasojen muutoksista (Kuva 8). Kuitenkin ainoastaan HealthyLAB:n progesteroniarvojen taso noudatti pääpiirteittäin laboratorion progesteroniarvojen tasoa. Hormonit antoi systemaattisesti korkeampia ja eProCheck® matalampia arvoja kuin laboratorion analyysi.

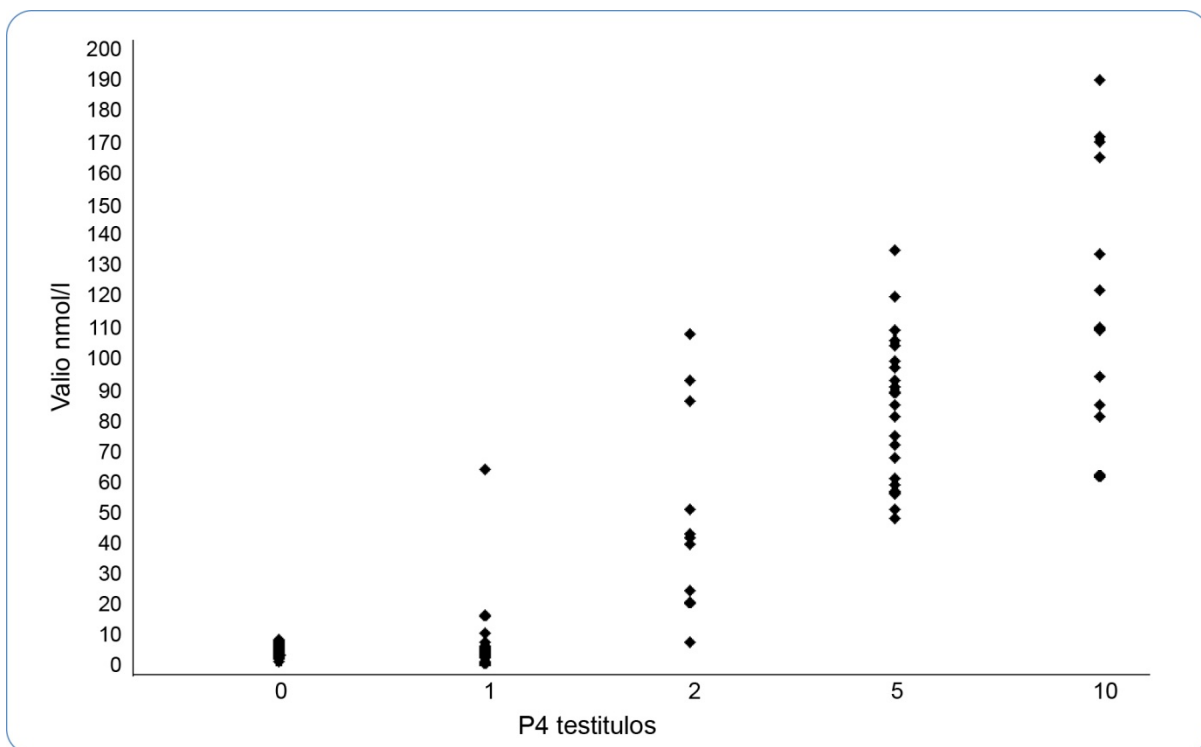


Kuva 8. Lehmien progesteronitason muutokset laboratoriossa ja tilatason analysointilaitteilla mitattuina.

Testatuista analysointilaitteista eProCheck ja HealthyLAB tunnistivat noin 90 prosentin tarkkuudella päivät, jolloin lehmien progesteronitaso oli matala (raja-arvona laboratorion progesteronitulos 1-10 nmol/l). Hormonostin numerotuloksen perusteella ainoastaan kymmenesosa kiimatapauksista onnistuttiin tunnistamaan. Analysointilaitteen väritulos oli numerotulosta huomattavasti luotettavampi, ja sen perusteella kiimoista havaittiin noin 65 prosenttia. Kiimoja herkemmin havaitsevat laitteet, eProCheck ja HealthyLAB, antoivat enemmän turhia kiimahälytyksiä kuin vähemmän herkkä Hormonost.

Progesteronipikatesteistä ainoastaan P4 Rapidin tulokset olivat linjassa laboratorion progesteronianalyysitulosten kanssa (Kuva 9). Testin avulla korkeat progesteronitulokset (luokat 2, 5 ja 10) voitiin tunnistaa matalista tuloksista (luokat 0 ja 1) kohtuullisen luotettavasti. Muutaman kerran P4 Rapid -testausten yhteydessä havaittiin, että testitikun osat olivat irronneet toisistaan, jolloin näyte ei levinnyt tikulla. Tikun osat oli kuitenkin mahdollista painaa takaisin yhteen, jolloin testi toimi jälleen odotetusti.

Bovipreg-testiä ei saatu toimimaan virtsalla eikä maidolla. Virtsatesteissä (14 kpl) Bovipreg antoi ainoastaan negatiivisia tuloksia ("lehmä ei tiineenä"), vaikka lehmän odotettuun poikimiseenkin olisi ollut aikaa enää muutama viikko. Myöhemmin ohjeistus progesteronin virtsamäärityksille poistui kokonaan valmistajan nettisivuilta. Maitotestejä tehtiin yhteensä 52 kappaletta. Noin viidesosassa testeistä Bovipreg ei toiminut ollenkaan: näyte ei levinnyt testitikulla eikä tulos ollut luettavissa. Kaiken kaikkiaan Bovipregit antoivat oikeita positiivisia tiineystuloksia 24 kpl, mutta positiivisia tiineystuloksia saatiin 11 kpl myös silloin, kun laboratorioanalyysin progesteronitulos oli alhainen (10 nmol/l tai alle). Testi antoi negatiivisen tuloksen vain kahdesti, ja näistäkin toisessa tapauksessa lehmä oli tiine.



Kuva 9. P4 Rapid -testituloluokkien ja Valion progesteronianalyysien vertailu. Jokainen piste vastaa yhtä testitulosta.

#### **2.1.2.4. Kuinka käytännöllistä tilatason progesteronimittaus on?**

Progesteronianalysointilaitteista eProCheck ja HealthyLAB ovat suhteellisen helppokäyttöisiä. eProCheck:n analyysissä maidonäytteet pipetoidaan valmiille testikiteille, ja HealthyLAB:n analyysissä näytteet kaadetaan laitteen omiin koeputkiin. Tämän jälkeen laitteet tekevät analyysin itsenäisesti. Hormonost-analyysissä vaaditaan pipetointia alusta loppuun saakka. Analyysiä tehdessä on kohtuullisen suuri riski epäonnistua, minkä takia oikean pipetointitekniikan löytämiseen voi kuluja muutama testauskerta.

Progesteronianalysointilaitteiden antamien numerotulosten avulla on mahdollista seurata lehmien hedelmällisyyttä tarkemmin verrattuna pikatestin suuntaa antaviin tuloksiin. Useissa tilanteissa tarkan progesteroniarvon sijaan pelkän progesteronitason (korkea vai matala) tietäminen voi kuitenkin riittää. Pikatestien etu analysointilaitteisiin verrattuna on niiden helppokäyttöisyys sekä se, ettei kallista laiteinvestointia tarvitse tehdä. Itse analyysien hinta on kuitenkin melko sama, oli sitten kyseessä progesteronianalysointilaitteiden tai progesteronipikatestien.

## **2.2 Vasikoiden automaattijuotto – helpotusta arkeen vai lisää työtä?**

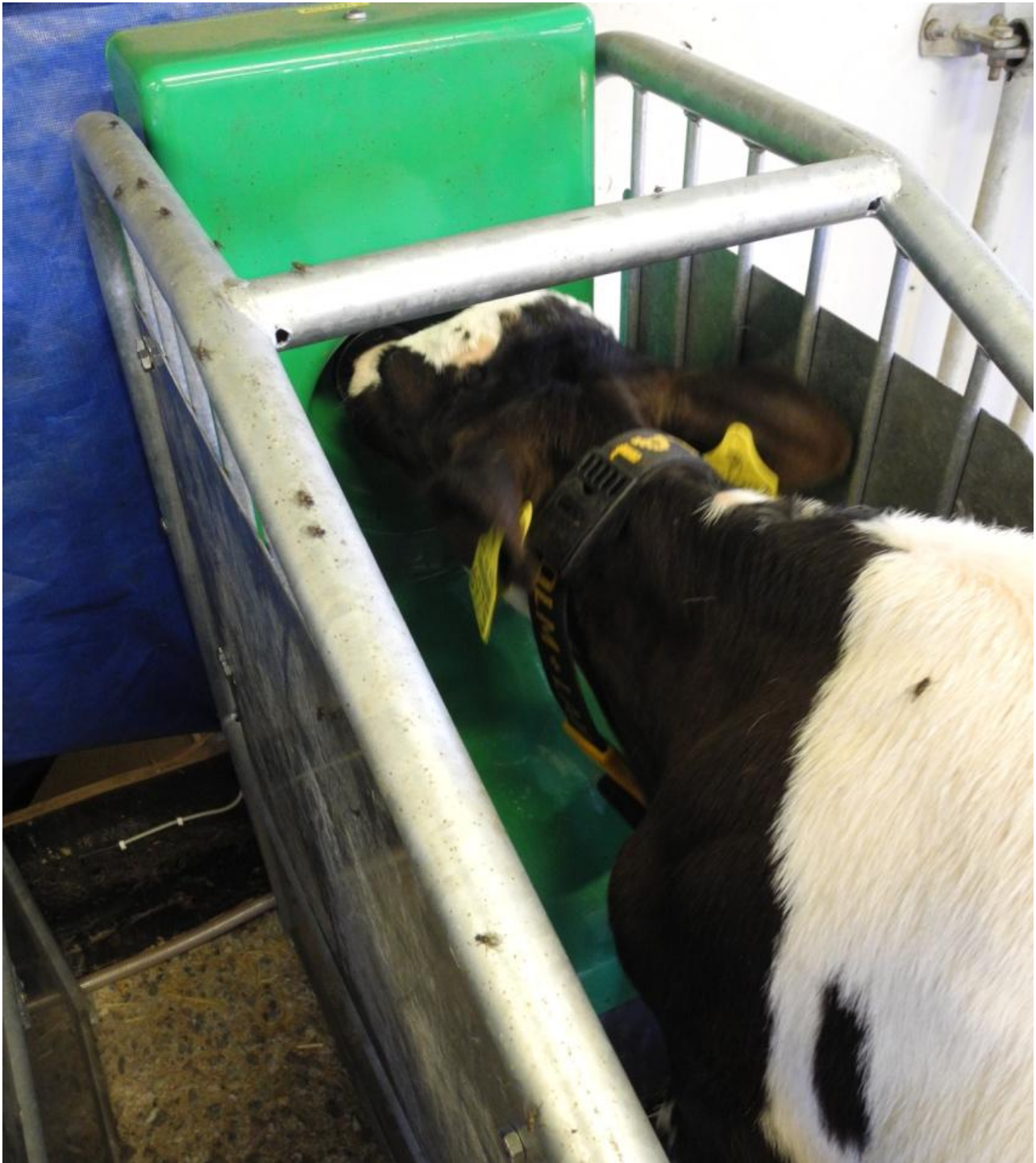
Kehittyäkseen normaalisti vasikat tarvitsevat riittävästi energiaa ja valkuaisia, joiden saanti turvataan riittävän maidon tai muun juomarehun lisäksi laadukkaiden väki- ja karkearehujen avulla (Kemppi 2012). Vasikoiden juomarehunkulutuksen tarkka seuraaminen onkin välttämätöntä. Alkukasvatukseen panostaminen kannattaa, koska se maksaa itsensä myöhemmin takaisin terveenä ja tuottavana aikuisena nautana – oli kyseessä sitten tuleva lypsylehmä tai lihanauta.

Vasikat ovat hyvin herkkiä erilaisille ympäristön, ruokinnan sekä hoidon epäkohdille. Ensimmäisten kolmen kuukauden aikana vasikka käy läpi useita kriittisiä ruokinnallisia siirtymävaiheita (Kemppi 2012). Lisäksi vasikoiden elinympäristö usein muuttuu tänä aikana, mikä lisää vasikoiden altistusta erilaisille stressitekijöille. Vasikat myös eroavat toisistaan yksilöinä – toinen voi esimerkiksi oppia juotolle helpommin, toinen tarvitsee enemmän aikaa ja opetusta. Vasikat vaativat siis huolellista seurantaa ja kasvatusta, jossa myös yksilökohtaiset erot on huomioitava alkumetreistä lähtien.

### **2.2.1 Teknologia vasikoiden juottotyön apuna**

Maitotilojen koon kasvaessa myös juotossa olevien vasikoiden määrät kasvavat. Vasikoiden juottotyön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi markkinoidaan erilaisia juottoautomaattivaihtoehtoja. Merkistä ja mallista riippuen voidaan valita, kuinka pitkälle automatisoidun laitteen haluaa. Juottoautomaattien hinta toki nousee sitä mukaa, mitä edistyneempää ja monipuolisempaa tekniikkaa niistä löytyy. Laitteista löytyy automaattisia pesuvaihtoehtoja, juoman lämmittimiä, vasikkavaakoja ja väkirehuannostelijoita, sekä erilaisia ohjelmia muun muassa vasikoiden juottokäyrille, joiden avulla on mahdollista seurata vasikoiden juottomäärien lisäksi myös päiväkasvuja sekä väkirehun kulutusta. Joissain juottoautomaateissa luvataan myös, että tiedot voidaan kerätä automaattisesti tietokoneelle, mikä mahdollistaa vasikoiden kehityksen seuraamisen ja vertailun pidemmällä aikavälillä.

Automaattijuotto helpottaa parhaimmillaan suuresti tilan arkea, koska vasikoita ei tarvitse juottaa yksilöllisesti (Kuva 10). Näin aikaa säästyy muille töille. Juottoautomaattien avulla voidaan periaatteessa juottaa suuriakin vasikkamääriä, mutta kasvavan tautipaineen ynnä muiden käytännön rajoitteiden takia liian suuria, yli kymmenen vasikan, ryhmäkokoja ei suositella (Kemppi 2012).



Kuva 10. Portit juottoyksikön ympärillä turvaavat vasikalle juomarauhan. (Kuva: Mikaela Muhal/MTT)

### 2.2.2 Minkälaisiin ongelmiin vasikoiden automaattijuotossa on törmätty?

Teknologia on monesti kaukana täydellisyydestä ja vaatii huoltoa ja seuranta oikean toiminnan takaamiseksi. Usein myös uuden teknologian tuomat haasteet voivat yllättää käyttäjän: aikaa säästetään itse työssä, mutta huolto ja laitteen toiminnan tarkkailu vievät oman aikansa. NYT-hankkeen selvitysten mukaan moni tilallinen kuitenkin koki, että juottoautomaateista on ollut suuri hyöty työn tehostamisen kannalta.

NYT-hankkeessa tehtyjen tilahaastattelujen sekä pilottimuotoisten testausten mukaan vasikoiden juottoautomaattien käytössä voi kohdata monenlaisia ongelmatilanteita. Huoltoa vaativia ongelmia ja automaattien osien rikkoutumista tapahtuu melko usein ja jopa heti uuden laitteen asennuksen jälkeen. Laitteiden säännöllinen kalibrointi on erittäin olennaista automaatin oikean toiminnan turvaamiseksi, koska automaattien juomamäärät voivat alkaa vähitellen muuttua säädetyistä annoskoosta. Tällöin laitteet antavat vasikalle eri määrän juomaa kuin ne ilmoittavat käyttäjälle. Jauhejuotolla juomarehun ja veden sekoitussuhteet eivät myöskään aina pysy vakioina. Valitettavasti automaattien säännöllisen huoltamisen merkitys saattaa unohtua, kun laite on ollut pidempään käytössä.

Laitteiden toimivuuden seuraamisen tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Havainnot vasikoiden juomamääristä ja juomiskäyttäytymisestä ovat usein laitteiden antaman tiedon varassa, minkä vuoksi automaatin moitteeton toiminta on välttämätöntä. Vasikoiden yksilöllisessä juotossa on etunsa automaattijuottoon verrattuna, koska tekniikkaan saatetaan alkaa luottaa liikaa eläimen kustannuksella. Käsinjuotossa vasikoiden terveystä ja kehitystä tulee samalla helposti seurattua, kun taas automaattijuoton yhteydessä katse voi helposti kiinnittyä liikaa pelkästään monitorin raportointiin tuloksiin eläinten sijaan. Lisäksi käsinjuotossa vasikat voivat tottua helpommin ihmiseen, mikä vahvistaa hyvän ihmis-eläinsuhteen kehitystä. Automaattijuotossakin vasikoita pitää opettaa juotolle, ja eläinten juomamääriä on seurattava. Laitteet eivät raportoi tilanteista, joissa vasikka syrjäyttää toisen vasikan automaatilta ja varastaa annoksen. Automaatti ei myöskään kerro, jos eläimillä on ripulia tai muita terveydellisiä ongelmia. Automaattijuoton ja perinteisen käsin juoton hyvät puolet onkin yhdistettävä, jotta vasikalle voidaan turvata paras mahdollinen kasvu ja kehitys.

Kuten monien muidenkin laitteiden kanssa, myös vasikoiden juottoautomaattien kohdalla törmätään usein heikosti suomennettuihin ja puutteellisiin käyttöohjeisiin. Lisäksi opastusta olisi syytä antaa riittävästi heti laitteen asennuksen yhteydessä. Erityisen ikäviä tilanteita on kohdattu silloin, kun jo alusta alkaen väärin asennetut laitteet ovat aiheuttaneet vaaratilanteita (Katso KMVET 4/2012). Äärimmäisissä tilanteissa suhteellisen kallis laiteinvestointi on siirretty nurkkaan pölyttymään, ja tiloilla on palattu vanhaan, hyväksi havaittuun käsinjuottoon. Laitteiden kehittyessä tällaiset ääritapaukset ovat toivottavasti vähenemässä.

## 2.3 Rehun kuiva-ainepitoisuuden arviointi pikamittarien avulla

Karjatilan tasapainoisen ruokintasuunnitelman perustaksi tarvitaan luotettavaa sekä tarkkaa tietoa rehun laadusta. Sulavuuden ohella oleellinen rehun laadun tunnusluku on sen kuiva-ainepitoisuus. Kuiva-ainepitoisuus olisi hyvä pystyä määrittämään nopeasti useista näytteistä, sillä jopa samalta lohkolta samana päivänä korjatussa rehussa kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella huomattavasti. Seosrehuruokinnassa säilörehun kuiva-aineen tietäminen on erityisen tärkeää rehun oikeiden raaka-ainesuhteiden ja ravintosisällön takaamiseksi.

Rehun analysoiminen laboratoriossa on tarkka ja varma tapa saada tietoa rehun koostumuksesta, mutta analyysituloksien saapumisessa voi kestää jopa useita viikkoja. Kuiva-aineen määrittämiseen tilatasolla on tarjolla melko vähän kaupallisia sovelluksia. MTT Maaningan KARPE-hankkeessa testattiin aiemmin perinteisen sähköuunikuivatuksen lisäksi muutamia muita menetelmiä rehun kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseen tilatasolla (Juutinen ym. 2012). Mikroaaltouunikuivatuksen havaittiin olevan nopea sekä tarkka menetelmä, mutta ongelmana on rehun herkkä syttyminen. Kasvikuiivurin avulla saatiin luotettavia tuloksia, mutta näytettä pitää kuivata yön yli. Kaikkiin näihin menetelmiin tarvitaan lisäksi erillinen vaaka, jotta näyte voidaan punnita ennen ja jälkeen kuivatuksen. KARPE-hanke testasi myös Farmcomp oy:n kuiva-aineen pikamittaria, joka ei kuitenkaan sovellu hyvin kotimaisten säilörehujen kuiva-ainepitoisuuksien analysointiin.

NYT-hankkeessa testattiin uutta rehun kuiva-aineen arviointiin tarkoitettua Q-dry-pikamittaria (HCS Herdenmanagement GmbH, Saksa)(Kuva 11). Q-dry-analyysiä varten rehua silputaan näytelautaselle noin 40 grammaa, minkä jälkeen näytelautanen siirretään analysaattoriin. Analysaattori punnitsee automaattisesti rehunäytteen ja aloittaa lämmityksen. Kuivauksen jälkeen laite punnitsee näytteen uudelleen ja ilmoittaa rehun kuiva-ainepitoisuuden näytöllä.



Kuva 11. Rehun kuiva-aineen pikamittari Q-dry. (Kuva: Sari Kajava/MTT)

Vertasimme Q-dryn kuiva-ainetuloja perinteisesti sähköuunissa 24 h 100 °C:ssa kuivattujen rehunäytteiden tuloksiin. Mikäli rehunäytettä ei silputtu riittävän pieneksi, Q-dryn ja sähköuunissa kuivattujen näytteiden kuiva-ainetuloissa oli keskimäärin  $\pm 2,2$  prosenttiyksikön ero (testattuja näytteitä yhteensä 9 kpl). Kun Q-dryllä analysoidut näytteet hienonnettiin noin 5 millimetrin mittaiseksi silpuksi, tulokset paranivat eivätkä laitteella ja sähköuunissa kuivattujen näytteiden tulokset eronneet enää kuin keskimäärin 0,8 prosenttiyksikköä (Taulukko 4).

Taulukko 4. Q-dryllä analysoidut rehun (näytepituus 5 mm) kuiva-ainetulokset (%) verrattuna sähköuunissa kuivattujen näytteiden kuiva- ainepitoisuuksiin (%).

Analyysi	Kuiva-ainetulos Q-dry	Kuiva-aine-tulos sähköuuni
1	25,6	23,1
2	84,5	83,2
3	27,4	26,9
4	20,2	20,1
5	36,8	36,3
6	25,3	24,9
7	25,0	26,0
8	29,6	27,9

Q-dryn rehun kuiva-ainemäärän pikamittauksen etuna on erityisesti menetelmän nopeus verrattuna perinteiseen uunikuivatukseen, koska varsinainen analyysi itsessään kestää vain noin 45 minuuttia. Analyysin kestoa toki pidentää se, että rehunäyte on ensin silputtava riittävän pieneksi, jotta laitteen kuiva-ainemittaus toimisi luotettavasti. Laitteen käyttömukavuutta vähentää myös se, että laite on hyvin äänekäs. Testausten perusteella Q-dry-mittaria ei kannata jättää analyysin aikana valvomatta ylikuumenemisriskin vuoksi. Muutamien kuiva-aineanalyysien kohdalla havaittiin, ettei laite lopeta analyysiiä itsenäisesti, vaan saattaa jatkaa näytteen lämmittämistä vielä 45 minuutin jälkeenkin. Myös laitteen käyttöohjeisiin kaivattiin lisää selkeyttä ja johdonmukaisuutta.



## 3 Tutkimuslaitteet

### 3.1 Onko naapurin rehu vihreämpää – lehmien yksilökohtaisen karkearehun kulutuksen mittaaminen

Roughage Intake Control (RIC, Insentec BV, Alankomaat) on nautojen karkearehuautomaatti (Kuva 12), joka mittaa ja säätelee eläimen karkearehun kulutusta (esim. Tolkamp ym. 2000). RIC-automaattia käytetään laajalti lypsylehmien ruokinta- ja käyttäytymistutkimuksissa, sillä se mahdollistaa eläinten rehunkulutustietojen yksilöllisen mittauksen. Laitteisto tunnistaa lehmän korvaan asennetusta tunnisteesta. Jos eläimellä on lupa syödä automaattista, portti avautuu. Laite mittaa yksilöllisesti syödyn rehumäärän ja automaattilla vietetyn ajan. Eläimen poistuessa automaattilta portti sulkeutuu.

RIC vaakakuppijärjestelmä asennettiin MTT Maaningan tutkimuspihattoon navetan rakentamisvaiheessa. Pian järjestelmän asentamisen jälkeen havaittiin, että lypsylehmät pystyivät varastamaan karkearehua automaateista. Tämä heikentää laitteistolla saatujen tutkimustulosten luotettavuutta. Ruokintatutkijat ja käyttäytymistutkijat yhdistivät voimansa ja tekivät kokeen, jolla selvitettiin kuinka suuria määriä karkearehua lehmät pystyvät varastamaan automaateista. Kokeessa kehitettiin myös varastamiskäyttäytymistä estäviä rakenteita sekä testattiin näiden rakenteiden toimintaa. Varastamiskäyttäytymistä on havaittu myös muissa tutkimuslaitoksissa (esim. Tolkamp ym. 2000, Huzzey ym. 2007). Myös varastamista estäviä rakenteita on asennettu RIC-automaatteihin aiemmin (Tolkamp ym. 2000, 2002, Yates ym. 2002), mutta esteiden vaikutusta varastamiskäyttäytymiseen ei ole tutkittu.



Kuva 12. Lehmiä RIC-automaatilla. (Kuva: Mikaela Mughal/MTT)



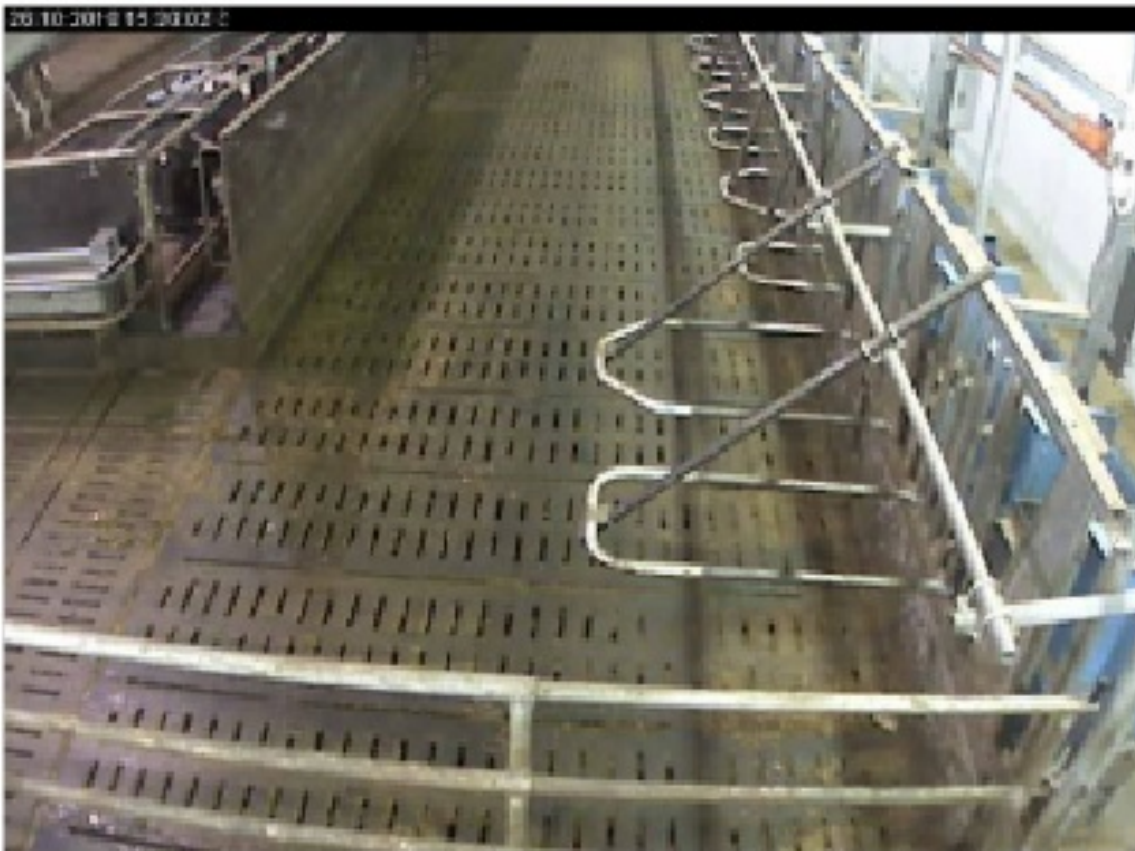
### 3.1.1 Laitetestaus

Kolmeen jaksoon jaettu testaus tehtiin 12 RIC-automaatin koeosastolla. Säilörehuryhmä (10 lehmää) sai automaattista säilörehua ja seosrehuryhmä (10 lehmää) seosrehua. Järjestelyn tarkoituksena oli ensin houkuttella säilörehuryhmän lehmiä varastamaan maittavampaa seosrehua ja sen jälkeen yrittää estää varastaminen lisärakenteilla.

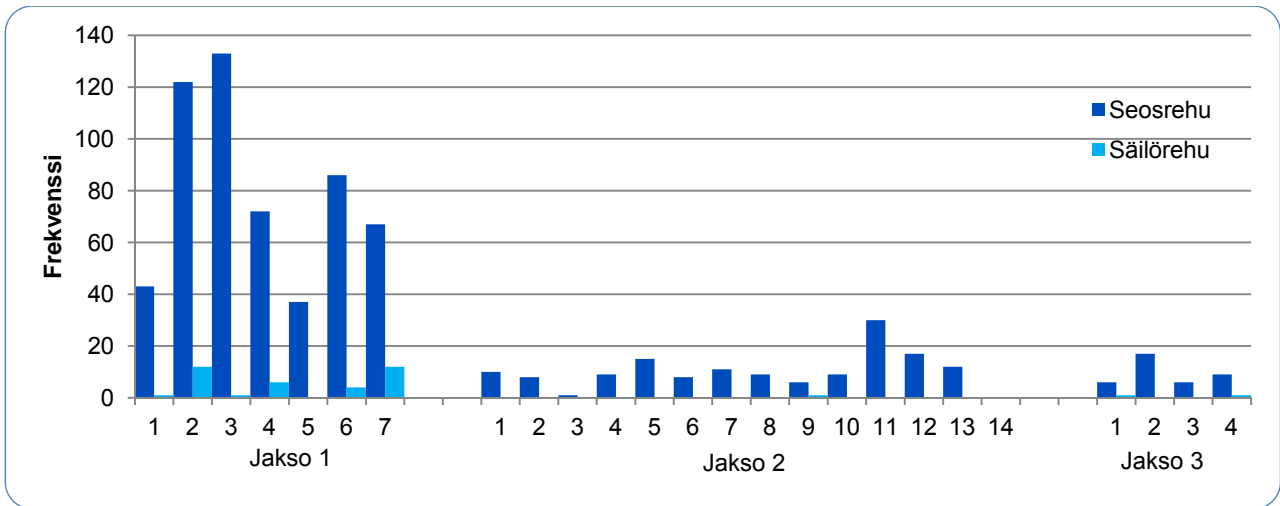
Totuttelujaksolla (3 vrk) eläimillä oli vapaa pääsy kaikille automaateille. Jaksoilla 1 (7 vrk) ja jaksolla 2 (14 vrk) säilörehuryhmän lehmät saivat kuudesta automaattista säilörehua ja seosrehuryhmän lehmät seosrehua. Jaksolla 1 automaateissa oli vain tehdasasetuksina mukana tulleet rakenteet. Videotallenteista havaittiin lehmien varastavan kahdella eri tavalla: ”murtovarkauksissa” eläin varasti rehua kurkottamalla suljetun portin yli ja ”ryöstöissä” automaattilla oleva eläin syrjäytettiin ja ryöstäjä pääsi syömään rehua syrjäytetyn lehmän tunnuksella. Jaksolla 2 RIC-automaatteihin lisättiin rehun varastamista vaikeuttavia rakenteita: niskapuomi, metallilevy automaatin portin yläosaan ja 0,6 m pitkät ”syömäpaikanerottajat” automaattien väleihin (Kuva 13). Jaksolle 3 (4 vrk) syömäpaikanerottajat vaihdettiin 1,2 m pituisiksi muiden rakenteiden säilyessä ennallaan.

Säilörehuryhmän eläinten murtovarkauksien frekvenssit (Kuva 14) ja varastaman seosrehun määrä (Kuva 15) pienenevät merkittävästi jaksolta 1 jaksolle 2 ja säilyivät kolmannella jaksolla samalla tasolla kuin toisella jaksolla. Yksilölliset erot olivat huomattavia: innokkain murtovaras varasti keskimäärin 2,7 kg kuiva-ainetta (ka)/vrk jaksolla 1 ja 0,7 kg ka/vrk jaksolla 2 ja jaksolla 3.

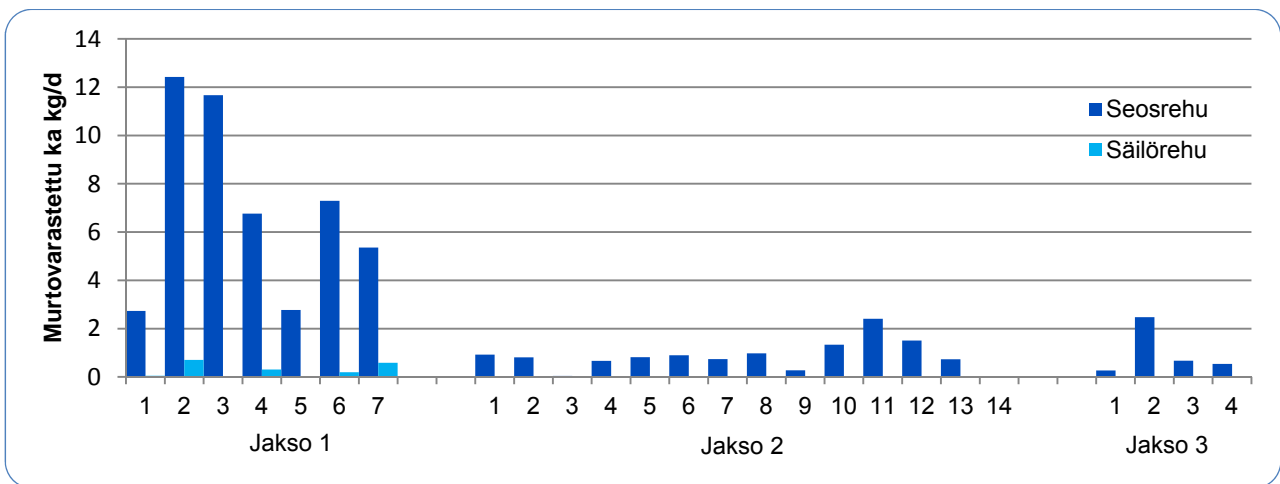
Seosrehuryhmään eläimet olivat ryöstön uhreja keskimäärin useammin jaksolla 1 ja jaksolla 2 kuin jaksolla 3 (Kuva 16). Kolmannen jakson aikana havaittiin ainoastaan yksi ryöstö ja se tapahtui automaattirivin päässä, missä eläimillä oli muita ruokintapaikkoja enemmän tilaa syrjäyttää automaattilla oleva eläin.



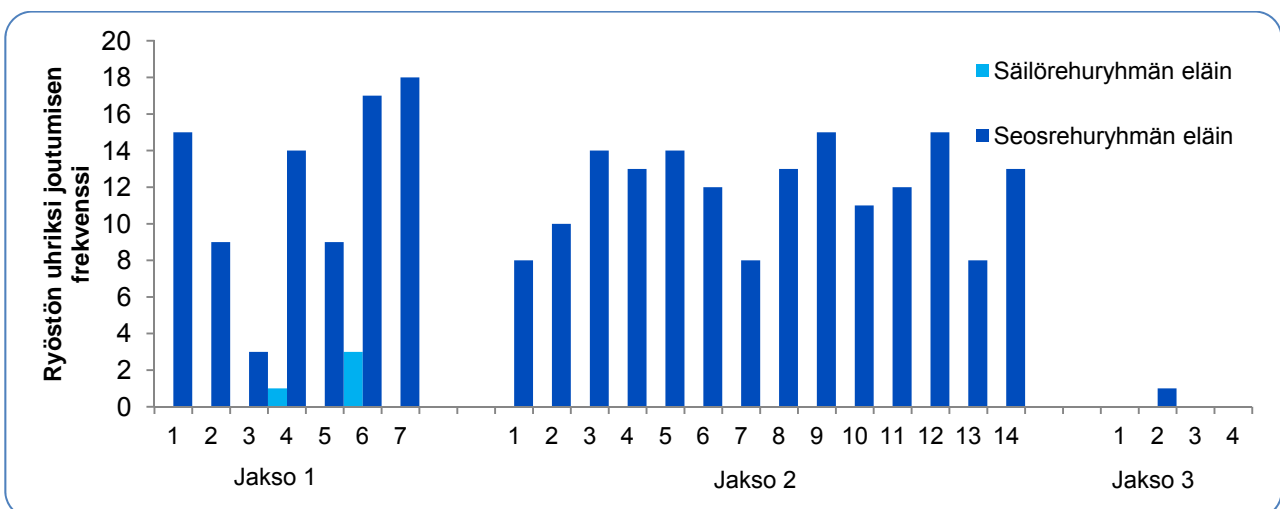
Kuva 13. RIC-automaattien karkearehun varastamista estävät lisärakenteet: niskapuomi, lyhyet syömäpaikanerottajat (jakso 2) ja pitkät syömäpaikanerottajat (jakso 3). Vertailun vuoksi kuvassa on sekä lyhyitä että pitkiä syömäpaikanerottajia. (Kuva: MTT).



Kuva 14. Seosrehun murtovarkauksien frekvenssi oli suurempi jaksolla 1 kuin jaksolla 2 tai 3. Säilörehun murtovarkausfrekvenssit olivat huomattavasti pienempiä kuin seosrehun murtovarkausfrekvenssit.



Kuva 15. Seosrehua varastettiin määrällisesti enemmän ensimmäisellä jaksolla kuin jaksoilla 2 tai 3. Ylipääntensä seosrehua murtovarastettiin säilörehua enemmän.



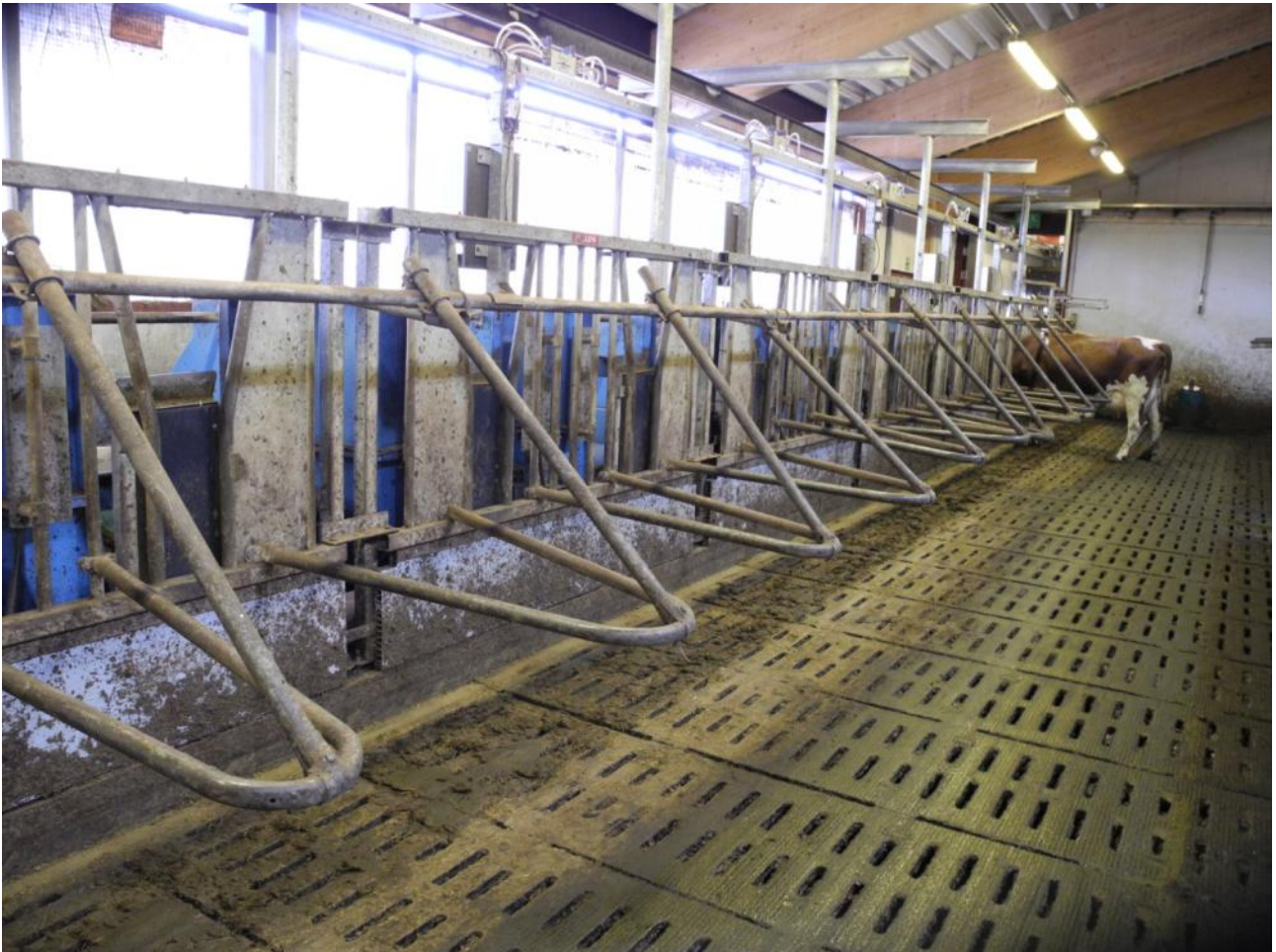
Kuva 16. Seosrehuryhmän eläimet joutuivat säilörehuryhmän eläimiä useammin ryöstön uhriksi. Ryöstöjä estävät lisärakenteet vähensivät ryöstöfrekvenssejä jaksolta 2 jaksolle 3.

### 3.1.2 Johtopäätökset

Testauksemme perusteella murtovarkaudet eivät ole keskimäärin vakava ongelma. Kuitenkin yksilölliset erot ovat huomattavia ja yksittäinen eläin voi syödä luvatta paljonkin rehua. Toisaalta murtovarkauksien avulla syödyn rehun määrä saadaan selville Insentec RIC järjestelmästä, ja pahimpien murtovarkauiden tulokset voidaan poistaa vääristämästä tutkimusaineistoja.

Ryöstöt puolestaan voivat vääristää tuloksia hyvinkin paljon. Esittämämme ryöstöfrekvenssit ovat vain minimi, koska Insentec RIC:in lokitiedostosta käyvät ilmi vain ne ryöstötilanteet, joissa uhri siirtyy toiselle automaatille ryöstäjän vielä syödessä edellisellä automaatilla. Videointien avulla havaitsimme, että pahimmillaan eräs lehmäyksilö söi yli puolitoista tuntia vuorokaudessa ryöstörehua. Maitotuotoksen perusteella voitiin päätellä, että sama lehmä ryösti noin puolet syömästään kuiva-aineesta jakson 2 aikana. Tämän suuruusluokan virheet voivat tehdä koko tutkimusaineistosta käyttökelvottoman.

Tutkimuksessamme käytetyillä lisärakenteilla (Kuva 17), jotka estivät molempia varastelutapoja, on siis suuri merkitys ruokintatutkimusten tulosten luotettavuuden kannalta. Varastamista estävät rakenteet jäivät pysyväksi osaksi koenavetan instrumentointia.



Kuva 17. Lopulliset RIC-automaateille asennetut varastamista estävät lisärakenteet (Kuva: Lilli Frondelius/MTT)

### 3.2 Syömiskäyttäytymisen ja aktiivisuuden automaattinen mittaaminen

Lypsylehmien syömisen, märehtimisen sekä aktiivisuuden seuranta on tärkeää korkeaan maitotuotukseen tähtäävällä lypsykarjatilalla niin terveystarkkailun kuin ruokinnan suunnittelun kannalta. Myös tuotantoeläinten ruokintaa ja hyvinvointia tutkittaessa syömiseen käytetyn ajan, syöntimäärän ja eläimen liikkeiden mittaaminen on usein tarpeen.

Lehmien syömiskäyttäytymisen automaattiseen mittaamiseen on kehitetty useita laitteita (mm. Kononoff ym. 2002, Schirmann ym. 2009, Elischer ym. 2013), jotka perustuvat esimerkiksi märehitimisäänien rekisteröimiseen tai kiihtyvyyssantureihin. Tiloille suunnatut laitteet ovat hyödyllisiä tuotanto-olosuhteissa, mutta niistä puuttuu kuitenkin useimmiten tutkimustyökaluilta vaadittava tarkkuus. Useimmat laitteista myös keskittyvät märehittämiseen, sillä syömisen tarkka mittaaminen on teknisesti haastavampaa. Jo Dado & Allen (1993) mittaivat kuitenkin syöntipureskeluja lehmän leuan alle sijoitetun paineanturin avulla. Tällä hetkellä pihatossa toimivia, lehmäkohtaisia karkearehun syöntimäärää mittaavia laitteita on vähän ja useimpien olemassa olevien ratkaisujen, kuten NYT-hankkeessa testattujen Insentec RIC -rehuautomaattien (kts. kohta 3.1.), investointikustannukset ovat suuret.

Kiihtyvyyssantureihin perustuvia askelmittareita eli pedometrejä sen sijaan on jo pitkään kehitetty lehmän aktiivisuuden mittareiksi. Näitä laitteita on käytetty muun muassa laidunnukseen käytetyn ajan arvioimiseen aktiivisuusmittausten kautta (Ueda ym. 2012), kiimanseurantaan (Roelofs ym. 2005) sekä ontumisen mittaamina (Chapinal ym. 2011).

### 3.2.1 RumiWatch-laitteisto

RumiWatch (ITIN+HOCH GmbH, Sveitsi) on uusi lehmän syömiskäyttäytymistä ja aktiivisuutta mittaava järjestelmä, joka koostuu turvan liikkeitä mittaavista päitsistä (Kuva 18 a), askelmittarista eli pedometristä (Kuva 18 b), USB-vastaanottimesta sekä laitteiden mittaustuloksia analysoivasta ohjelmistosta, joka tulkitsee alkuperäisen mittaussaineiston lehmän käyttäytymiseksi. Päitset mittaavat syömiseen, juomiseen ja märehittämiseen käytettyä aikaa, syömis- ja märehittämispuraisuja sekä märepalojen määrää. Pedometrin avulla saadaan tietoa paitsi askelmäärästä ja kävelyyn käytetystä ajasta myös makaamiseen ja seisomiseen käytetystä ajasta sekä makuulle laskeutumisen ja makuulta nousemisen frekvensseistä. Liikkumisen havainnointi perustuu pedometrien kiihtyvyyssantureihin ja syömisen havainnointi päitsien kiihtyvyyssantureihin ja turvan päällä sijaitsevaan painetta mittaavaan anturiin.

Antureiden mittaukset voidaan lukea langattomasti analysointiohjelmistoon USB-vastaanottimen avulla, jolloin saadaan tunneittain yhteenveto lehmän käyttäytymisestä. Yhteenvedot säilyvät anturin muistissa korkeintaan kaksi vuorokautta, joten tiedot on luettava riittävän usein. Lisäksi antureissa on muistikortti, jonka avulla voidaan tallentaa ns. raakadataa 10 Hz tarkkuudella. Tämän tarkemman datan avulla tutkija voi tarkastella lehmän käyttäytymistä minuutti minuutilta tai muodostaa ohjelmiston avulla havainnollisen kuvaajan lehmän ajankäytöstä tietyllä ajanjaksolla (Kuva 19). Muistikortille tallennettaessa laitteen tietoja ei myöskään tarvitse käydä lukemassa säännöllisesti, vaan data on tallessa kortilla myöhempää käyttöä varten. Mittausten maksimikesto rajoittaa paitsi virtalähteen kesto, myös muistikortin koko; esimerkiksi 500 MB tallennustilaan mahtuu noin kuukauden mittaussaineisto.



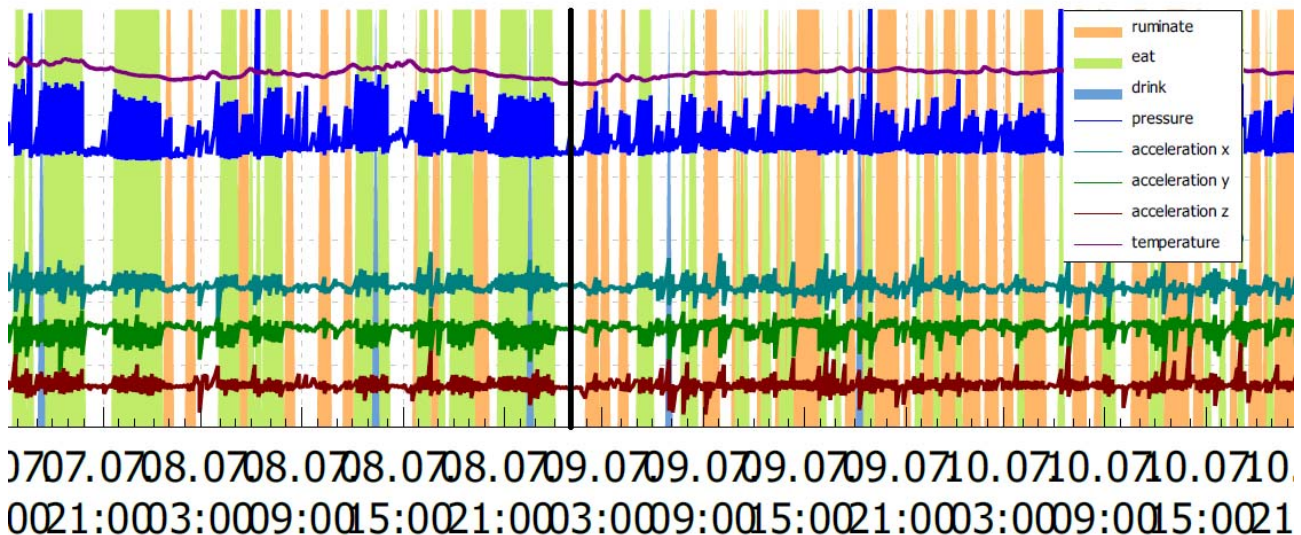
Kuva 18. a) RumiWatch päitset ja b) pedometri. (Kuvat: Lilli Frondelius ja Sari Kajava/MTT)

RumiWatch-järjestelmän kehittäjät ovat testanneet laitteen toimintaa alustavasti (Zehner ym. 2012), mutta tuloksia ei ole vielä julkaistu vertaisarvioituissa tieteellisissä lehdissä. NYT-hankkeessa RumiWatch-laitteistoa testattiin MTT Maaningan CowLab<sup>TM</sup>:ssa kolmessa osakokeessa. Testauksen tavoitteena oli selvittää RumiWatchin mittaustulosten luotettavuutta.

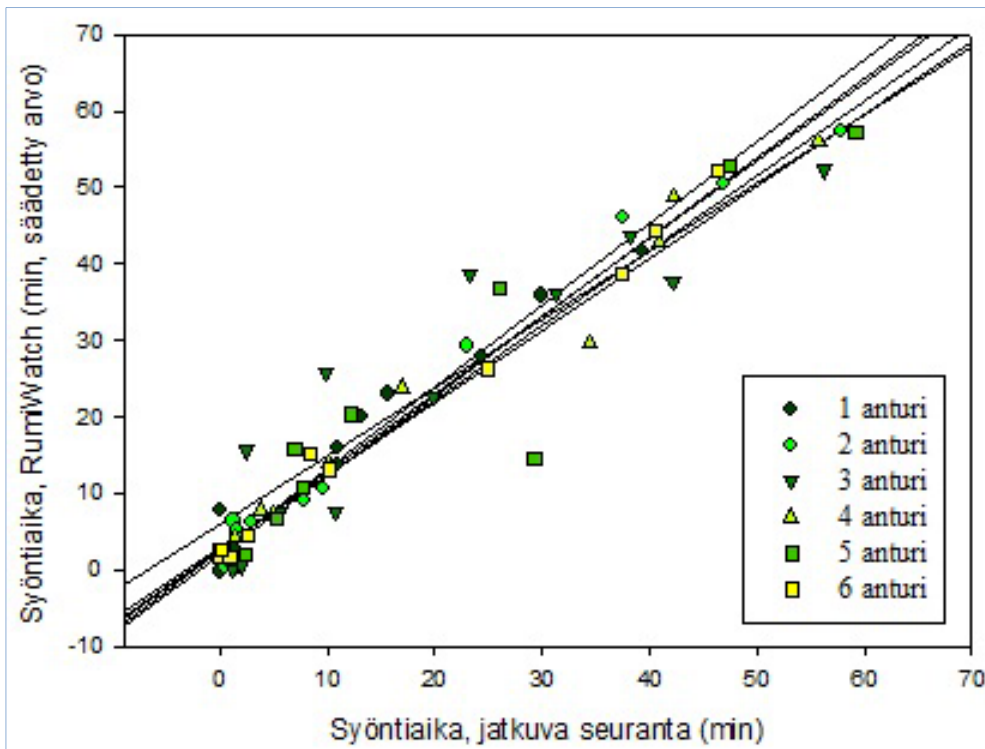
### 3.2.1.1. Mittaako RumiWatch lehmien syömiskäyttäytymistä luotettavasti?

Kuudelle parteen kytketylle eläimelle laitettiin RumiWatch-päitset. Lehmien käyttäytyminen videoitiin ja RumiWatchin syömis-, märehimis- ja juomisaikoja verrattiin videoilta tehdyn jatkuvan käyttäytymisseurannan tuloksiin. Kokeen tulokset perustuivat 12 tunnin seurantaan per eläin. Jatkuvan seurannan ja RumiWatch-mittausten välinen selitysaste oli syömiselle 94 % (Kuva 20) ja märehimiselle 93 %, eli RumiWatchin antama tulos oli hyvin luotettava. Juomisen mittaamisessa selitysaste jäi vaatimattomaan 20 %:iin.

RumiWatchin soveltuvuutta laiduntamiseen käytetyn ajan mittaamiseen testattiin kymmenellä eläimellä. RumiWatch päitsien mittaamaa laidunnusaikaa verrattiin jatkuvalla suoralla seurannalla kerättyyn käyttäytymisaineistoon. Laidunnusajan ja RumiWatch päitsien mittaaman syömisajan välinen selitysaste oli 88 %, joten RumiWatch näyttää soveltuvan melko hyvin syömiseen käytetyn ajan mittaamiseen laitumella. Tulosten lähemmässä tarkastelussa huomattiin tosin, että RumiWatch saattaa luokitella osan laiduntamisesta märehitsemiseksi.



Kuva 19. RumiWatch ohjelmiston avulla luotu kuvaaja lehmän syömiskäyttäytymisestä kolmen vuorokauden ajalta. Vihreät pystypalkit kuvaavat syömisjaksoja, oranssit märehimistä ja siniset juomista. Mustalla viivalla merkityssä kohdassa lehmä on siirretty laitumelta sisäruokintaan ja sen syömiseen käyttämä aika on vähentynyt kun taas märehimisaika on kasvanut.



Kuva 20. RumiWatchin mittaaman syöntiajan sekä käyttäytymisseurannan antaman tuloksen vertailu kuudelta parteen kytketyltä lehmältä. Kultakin lehmältä on käytetty tuloksia kahdeltatoista tunnin jaksolta.

### 3.2.1.2. Rehunkulutuksen arviointi RumiWatchin avulla

Koska RumiWatch mittasi lehmien syöntiaikaa luotettavasti sekä pihatossa että laitumella, testasimme voiko eläinten rehunkulutusta mallintaa laitteiden testaaman syöntiajan perusteella. Pihatossa syöntiaikamittausten vertailukohteena toimi Insentec RIC -rehuautomaattien mittaama karkearehun syöntimäärä. Laitumella lehmien syömän laidunrehun määrä arvioitiin määrälaniittotekniikalla (Kuva 21).

#### **Säilörehunsyönti pihatossa**

Lehmien säilörehun syöntimäärän mallinnusta testattiin pihatto-osastolla aluksi 18 eläimellä. Kunkin eläimen kohdalla Insentec-rehuautomaattien syöntimäärämittausta ja RumiWatchin mittaamaa syöntiaikaa verrattiin 24 tunnin ajalta. Syödyn karkearehumäärän ja syömiseen käytetyn ajan vastaavuus oli 76 %. Toisessa testauksessa kymmenen eläimen syöntimäärää ja -aika mitattiin samalla osastolla viiden vuorokauden ajan. Yksi eläin jätettiin analyysien ulkopuolelle, koska mittauspäitset eivät toimineet kokeen aikana kunnolla. RumiWatchin syöntiaikamittausten ja rehuautomaattien syöntimäärämittausten välinen selitysaste oli tuolloin 83 %. Lehmäkohtaisesti tarkasteltuna RumiWatchin mittaama syöntiaika ennusti säilörehun syöntimäärää hyvin. Syöntiajan ja rehun kulutuksen riippuvuus kuitenkin katoaa, jos mallista poistetaan lehmä selittävänä tekijänä. Näin ollen menetelmän käyttö rehun kulutuksen mittaamiseen vaatisi erillisen lehmäkohtaisen syöntinopeustason määrittämisen.

Kokeissa selvitetiin samalla myös sitä, kuinka hyvin Insentec-rehuautomaateilla vietetty aika ja RumiWatchin syöntiaikamittaukset vastaavat toisiaan. Vastaavuudeksi saatiin ensimmäisessä kokeessa 76 % ja toisessa 83 %. Keskinäisen selitysasteen syynä on todennäköisesti se, että molemmat laitteet saattavat laskea syöntiaikaan kuuluvaksi muutakin kuin varsinaista syömistä. RumiWatch saattaa luokitella syönniksi esimerkiksi keuhonhoitoa. Insentecin mittaama visiittiaika taas on aika, jonka lehmä on kirjautuneena automaattille, eikä varsinaiseen syömiseen käytetty aika.

### **Syöntimäärä laitumella**

Laidunkokeeseen valittiin kymmenen lehmää, joista yhdeksän tuloksia voitiin käyttää analyyseissä. Lehmät laidunsivat yksittäisillä laidunruuduilla viisi vuorokautta (Kuva 22). RumiWatchin syöntiaikamittaukset ennustivat määrälaniittotekniikalla mitattua syöntimäärää 52 %:n tarkkuudella, toisin sanoen paljon heikommin kuin säilörehun syöntimäärää pihattotestauksissa. Selitysasteen jääminen alhaiseksi johtuu todennäköisesti osaltaan määrälaniittotekniikkaan liittyvistä epävarmuustekijöistä, kuten laitumen epätasaisesta kasvusta. Kokeessa havaittiin myös, että lehmien syöntinopeudet vaihtelevat suuresti yksilöiden välillä.



Kuva 21. Määrälaniittotekniikassa laidunruudun kasvimassa määritetään ennen ja jälkeen laidunnuksen punnitsemalla ruuduilta leikattuja näytteitä (Kuva: Mikaela Mughal /MTT)



Kuva 22. RumiWatch-päitsien testausta laitumella. Jokainen lehmä laidunsi omissa laidunruudussaan ja lehmäyksilökohtainen rehunkulutus mitattiin määräalaniittotekniikalla. (Kuva: Lilli Frondelius /MTT)

### 3.2.1.3. Askelmittari seuraa liikumista ja lepoa

RumiWatch-pedometrejä testattiin alustavasti kolmella lehmällä tilanteessa, jossa kukin eläin oli omissa 3 x 6 metrin erilliskarsinassaan. Laitteen valmistajan ohjeiden mukaan pedometri sijoitetaan mieluiten lehmän takajalkaan, joten ensimmäisellä eläimellä oli yksi pedometri kiinnitettynä vasempaan takajalkaan. Halusimme testata myös saman eläimen eri jaloissa olevien mittarien keskinäistä luotettavuutta, joten toiselle lehmälle kiinnitettiin kaksi (saman puolen etu- ja takajalkaan) ja kolmannelle neljä (kaikkiin jalkoihin) mittaria. RumiWatchin tuloksia verrattiin videoilta tehtyyn jatkuvaan käyttäytymisseurantaan, jossa kirjattiin kaikki makuulle käymiset, seisomaan nousemiset sekä makuuajat.

RumiWatch mittasi makuuaikaa hyvin luotettavasti (selitysaste yli 96 %). Myös eri jaloissa olleiden mittareiden välinen korrelaatio oli makuuajalle vahva (selitysaste yli 94 %). Makuulle laskeutumisen ja nousemisen havaitsemisessa mittareiden välillä oli enemmän eroja, ja yksittäisten mittareiden havainnoissa esiintyi jonkin verran virheitä. Useimmissa virhetapauksissa RumiWatch yliarvioi makuulle laskeutumisten ja seisomaan nousemisten määrän. Osa mittareista rekisteröi makuulle laskeutumiset ja nousemiset silti tarkasti.

Pedometrien testausta jatketaan MTT CowLab<sup>TM</sup>:ssa ja arvioitavaksi otetaan kävely- ja seisomisajan mittausten luotettavuus.

### 3.2.1.4. Toimiva tutkimustyökalu

Testausten perusteella RumiWatch-laitteisto mittaa lehmien syönti-, märehtimis- ja makuuaikaa sekä makuulle laskeutumista ja nousemista suhteellisen luotettavasti. Juomisajan osalta tulos on epäluotettava. Testauksen aikana huomasimme, että laitteet eivät toimi kaikilla eläimillä yhtä hyvin. Osittain tätä saattavat se-



littää eläinkohtaiset erot käyttäytymisessä ja liikkeissä. Toinen todennäköinen syy on, etteivät mittauspäitset olleet sopivan kokoiset kaikkien lehmien päähän.

Osalle lehmistä päitset aiheuttivat pidempikestoissa (yli viikon) mittauksissa ihovaurioita, mikä voi rajoittaa mittausjaksojen pituutta. Mittausrajoitteiden lisäksi tämä lisää työtä lehmien tarkkailussa ja hoidossa, ja ongelma olisikin ratkaistava ennen kuin laitteisto olisi käytännöllinen tilatasolla. Lisäksi RumiWatch ei sovellu tilatason laitteeksi vielä tällä hetkellä korkean hinnan ja hankalan käytettävyyden takia. Järjestelmän kehittäjät uskovat kuitenkin, että se voi tulevaisuudessa olla apuväline etenkin suurilla tiloilla, joilla eläinten terveyttä ja hyvinvointia halutaan mitata automaation avulla (Zehner ym. 2012).

Tällä hetkellä selvimmät sovellukset laitteen käytölle ovat käyttäytymis- ja ruokintatutkimuksessa, ja tulevaisuudessa RumiWatchista voi olla apua mm. yksilöllisen rehunkäytön hyötysuhteen selvittämisessä. Lehmien makaamis- ja kävelyaikojen mittaaminen avaa uusia mahdollisuuksia eläinten tuotannon, terveyden ja hyvinvoinnin automaattiseen valvontaan maitotiloilla. Esimerkiksi RumiWatch-askelmittareiden soveltuvuus lehmien jalkaterveyden arviointiin on mielenkiintoinen tutkimuskohde.

### 3.2.2 Märehtimistä voidaan mitata jo tilatasollakin

NYT-hanke testasi tilatason märehtimisanturia Heatime-RuminActia (Milcline SRL, Italia)(kts. myös kohta 2.1.1.1.) laidunkokeen yhteydessä kesällä 2011 (Ruuska ym. 2012). RuminAct mittaa märehtimiseen käytettyä aikaa märehtimisestä syntyvien äänien perusteella. Märehtimistä äänen perusteella mittaavien laitteiden toimintaa on tutkittu muutamissa kokeissa. Laitteiden luotettavuus on ollut melko hyvä tai vaihteleva (esim. Schirmann ym. 2009; Rutter ym. 2011). Myös oman testauksemme tarkoituksena oli selvittää märehtimismittausten luotettavuutta. Kultaisena standardina käytimme hetkittäistä käyttäytymisseurantaa 10 minuutin välein. Testauksessa oli mukana kaikkiaan 36 lypsylehmää, joista 16 eläimen mittaustietoja 48 tunnin ajalta (lukuun ottamatta lypsyaikoja) käytettiin tulosten laskentaan.

Testauksen mukaan anturit mittasivat märehtimiseen käytettyä aikaa heikosti, kun mukana olivat kaikki havaintojaksot. Käyttäytymishavaintojen tekeminen laidunolosuhteissa oli aika ajoin haastavaa. Suoraseurannan ja märehtimismittareiden välinen korrelaatio paranikin keskivahvaksi, kun aineistosta poistettiin havainnot, joissa eläimen käyttäytymistä ei voitu havaita täysin varmasti. Testauksessa märehtimisanturikohtaiset korrelaatiot käyttäytymisseurannan ja mittaustulosten välillä vaihtelivat suuresti. Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta RuminAct mittasi suurempia märehtimisaikoja kuin suoraseuranta.

Laitetestauksessa käytetty kultainen standardi, hetkittäinen seuranta, saattoi vaikuttaa testituloksiin. Hetkittäinen seuranta ei mittaa käyttäytymisen todellista kestoa, vaan se kuvaa tutkitun käyttäytymisen prosenttiosuutta tarkkailuajasta. Kymmenen minuutin hetkittäistä seurantaa pidetään kuitenkin luotettavana märehtimiseen käytetyn ajan mittarina. Myös kokemuksen puute märehtimismittareiden kiinnityksessä saattoi heikentää mittaustuloksia. Saamiemme tulosten perusteella RuminAct ei mittaa märehtimistä riittävän tarkasti tutkimustarkoituksiin. Kuitenkin laitteiston perusajatuksena on mitata märehtimisajassa tapahtuvia muutoksia, jotka voivat kertoa lehmän terveydentilasta. Näiden muutosten havaitsemiseen mittaustulokset voivat olla riittävän tarkkoja ja siten laitteisto voi soveltua tilatasolle lehmien terveyden seurantaan.

## 3.3 Pötsi kertoo lehmän terveyden tilasta ja ruokinnan onnistumisesta

Pötsimikrobit pystyvät toimimaan ongelmitta vain suhteellisen kapealla happamuusalueella (pH-alaraja 5,5 (esim. Ingvarsen 2006)). Pitkäaikaiset poikkeamat tältä optimalalueelta aiheuttavat tuotannollisia ja terveydellisiä ongelmia. Lehmät syövät huonommin ja tuottavat vähemmän maitoa. Hapan pötsi on myös altistava tekijä sorkkaongelmille. Automaattisesti lehmien pötsin happamuutta mittaavia laitteistoja markkinoidaan jo Euroopassa maito- ja lihatiloille eläinten terveyden seurannan apuvälineiksi. Testasimme yhden markkinoilla olevan pötsin pH:ta ja lämpötilaa mittaavan laitteiston, smaXtec (Animal Care GmbH, Itävalta), toimintaa.

### 3.3.1 Mittalaite

smaXtec-järjestelmässä suun kautta pötsiin asennettava mittausanturi (Kuva 23) mittaa pötsin happamuutta ja lämpötilaa. Anturista mittaustulokset siirtyvät lypsyasemalla langattomasti vastaanottajaan ja sieltä mitta-

uspaikan oman tietokoneen kautta internetin yli laitteiston valmistajan palvelimelle, josta ne voidaan siirtää toiseen sovellukseen käyttäjän omalle tietokoneelle, kuten esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaan. Vaikka tiedot analysoidaan muualla kuin mittajaan omalla tietokoneella, laitteiston käyttäjä voi seurata eläintensä tilaa lähes reaaliaikaisesti omalta tietokoneeltaan (Kuva 24).



Kuva 23. smaXtec mittausanturi valmiina asennettavaksi suun kautta lehmän pötsiin (Kuva: MTT).



Kuva 24. Yhden smaXtec mittausanturin pH- (ylempi käyrä) ja lämpötilamittaukset (alempi käyrä) laitteiston käyttöliittymässä. pH-arvojen äkillinen nousu johtuu mittausanturin mittauspään kulumisesta tai likaantumisesta.

### 3.3.2 Laitetestaus

Antureiden toimintaa testattiin kaksiosaisessa laitetestauksessa:

1. Kymmenen eläimen pötsin pH:n muutosten mittaus väkirehuannosta nostettaessa.
2. Kahden anturin pH- ja lämpötilamittausten vertailu erillisen pH-mittarin mittauksiin ja toisiinsa laboratorio-olosuhteissa pH-välillä 4–8 sekä pötsissä.

Ensimmäisen testauksen perusteella eläinten väliset yksilölliset erot pötsin pH:n vaihtelussa olivat huomattavia (Juutinen ym. 2012). Laittevalmistaja suosittelee asentamaan laitteita vain osalle lehmistä, mutta testauksen perusteella se ei tuota riittävästi tietoa karjan muiden eläinten pötsin pH:n tasosta.

Laitetestauksen toisessa osassa sekä ulkoinen pH- ja lämpötilamittaus että tutkittujen anturien mittaukset vastasivat toisiaan hyvin niin laboratorio-olosuhteissa kuin laitteen suunnitellussa toimintaympäristössä, pötsissä (Kuva 25). Testauksen edetessä antureiden pH-mittaukset alkoivat kuitenkin poiketa toisistaan huomattavasti, vaikka lämpötilatulokset vastasivat toisiaan hyvin. Mitä ilmeisimmin toisen anturin pH-elektrodi oli rikkoontunut testauksen edetessä, mahdollisesti siksi, että testattuja boluksia jouduttiin käsittelemään normaalikäyttöä enemmän.

Kaikkiaan kahdestatoista testatusta boluksesta kaksi rikkoontui testausten aikana ja ne antoivat niin poikkeavia pH-arvoja, että rikkoontuminen oli helppo huomata nopeasti. Muut testauksissa mukana olleet anturit toimivat koko ajan luotettavasti.



Kuva 25. smaXtec bolus teurastetun eläimen pötsissä (Kuva: MTT).

### 3.3.3 Tutkimuslaite

Tällä hetkellä laite soveltuu ainoastaan tutkimuskäyttöön: mittausanturin toiminta-aika on vain 50 vuorokautta eli pötsin olosuhteita ei voida seurata pitkäaikaisesti. Lisäksi laitteisto on kallis, pelkästään yhden mittausanturin hinta oli vuonna 2011 yli 600 euroa. Tekniikan kehittyessä ja halventuessa markkinoille saadaan toivottavasti edullisia ja käyttöikänsä pitkiä pötsin pH:ta luotettavasti mittaavia laitteita. Niille olisi käyttöä eläinten ruokinnan ja terveyden seurannan apuvälineinä.

## 3.4 Missä lehmä luuraa – paikantaminen navetassa

Paikkatieto kuvaa kohteen sijaintia suhteessa Maan pintaan. Eläinten paikannusta on käytetty jo pitkään lähinnä villieläinten tutkimuksessa, mutta teknologian kehityksen myötä paikantamiselle on löytymässä sovel-luskohteita myös kotieläintutkimuksessa ja eläintuotannossa. Paikkatiedon avulla saadaan tietoa eläimen aktiivisuudessa ja liikkumisesta sekä niiden muutoksista. Lypsylehmillä paikkatietojen avulla voidaan esimerkiksi seurata kiimakäyttäytymistä (Homer ym. 2013), tutkia yksilöiden välisiä sosiaalisia suhteita (Gygax ym. 2007) tai jopa luokitella käyttäytymistä automaattisesti (esimerkiksi laiduntaminen: Schlecht ym. 2004 ja Spink ym. 2013). Suurissa karjoissa jo lehmäyksilön etsiminen, esimerkiksi jonkun toisen laitteen antaessa hälytyksen, on haastavaa ja aikaa vievää etenkin tilapäiselle työvoimalle (Huhtala ja Suhonen 2006).

Nykyaikaisissa paikannusjärjestelmissä on kolme peruskomponenttia. Eläimeen kiinnitetään lähetin, joka sisältää myös (yleensä) antennin ja akut. Lähettimen lähettämää tietoa vastaanottavat antennit (esim. radiopaikannus) tai lähetin kommunikoi satelliittien (tai pseudoliittien: ks. myöhemmin) kanssa (GPS paikannus). Tietokone käsittelee kerättyä tietoa ja muuntaa sen loppukäyttäjälle käyttökelpoiseen muotoon.

### 3.4.1 Paikantaminen navetassa on haastavaa

Naudat ja navetta-ympäristö itsessään luovat haasteita paikannusjärjestelmille. Navetta-aiikannukselle onkin esitetty useita vaatimuksia:

1. Mittaustarkkuuden pitäisi olla alle yksi metri (Huhtala ym. 2007).
2. Paikkatiedon mittaustaajuuden (Hz) pitää olla riittävä (Huhtala ym. 2007). Vasta riittävällä taajuudella mitatusta paikkatiedosta voidaan laskea esimerkiksi lehmän nopeus.
3. Eläimeen kiinnitettävän lähettimen akkujen (tai paristojen) keston pitäisi olla riittävän pitkä, mielellään useita päiviä (Gygax ym. 2007). Valitettavan usein akkujen kestot ovat kuitenkin varsin lyhyitä (esim. 24 h, Homer ym. 2013). Suurempi mittaustaajuus tarkoittaa suurempaa virrankulutusta ja lyhyempää akkujen kesto-aikaa (Gygax ym. 2007 ja Huhtala ym. 2007).
4. Järjestelmän olisi kyettävä seuraamaan useita lehmiä yhtäaikaaisesti (Huhtala ym. 2007).
5. Laitteiston, etenkin lehmään kiinnitettävän lähettimien, on oltava hyvin suojattuja pölyltä, kosteudelta ja iskuilta (Gygax ym. 2007).
6. Lähettimen pitää olla ergonominen ja mielellään pienikokoinen (Gygax ym. 2007). Se ei saa rajoittaa eläimen liikkeitä tai häiritä sen normaalia käyttäytymistä. Etenkin pienikokoisuutta on toisinaan vaikea toteuttaa lähinnä akkujen koon takia, ja joissakin kokeissa eläimiin on täytynyt kiinnittää suurempia laitteita (esimerkiksi 5,5 kg reppu lehmän selässä, Homer ym. 2013 ja Schlecht ym. 2004). Lähettimen pitäisi sijaita korkealla, esimerkiksi lehmän niskan päällä, koska eläimen oma keho voi estää signaalin kulun (Gygax ym. 2007).

Navetta on ympäristönä paikannukselle hankala metallisten rakenteiden ja muiden esteiden takia. Rakenteet voivat estää signaalien kulun tai heijastaa niitä (esim. GPS, Huhtala ym. 2007 tai radiosignaali, Gygax ym. 2007). Poikkeavia ja puuttuvia havaintoja tulee eniten, kun lähetin on matalalla (Gygax ym. 2007). Esimer-

kiksi lehmän maatessa makuuparsien erottajat estävät signaalien kulkua. Yleisesti voidaan todeta, että navetassa paikannukseen tarvittavia sijaintia mittaavia vastaanottimia (antennit tai pseudoliitit) täytyy olla selvästi enemmän, kuin paikannettaessa samankokoisessa esteettömässä tilassa.

### 3.4.2 Paikannukseen käytettävissä useita eri teknologioita

Maailmalla on tutkittu useita eri teknologioihin perustuvia paikannusjärjestelmiä (katso Huhtala ym. katsaus). Ehkä yleisimmin käytettyjä ovat GPS:ään (Global Positioning System) (esim. Schlecht ym. 2004) ja radiosignaaleihin (esim. Gygax ym. 2007, O'Connor 2009, Homer ym. 2013) perustuvat järjestelmät, mutta myös Bluetooth-teknologiaa (esim. Tøgersen ym. 2010), WLAN- (Wireless Local Area Network) (esim. Huhtala ym. 2007) ja videokuvajärjestelmiä (esim. Huhtala ym. 2007) on testattu. Vaikka paikannuksen taustalla olevat teknologiat ovat erilaisia, monesti matemaattinen pohja on hyvin samankaltainen. Useissa järjestelmissä sijainnin laskenta perustuu kolmiomittaukseen (esim. Schlecht ym. 2004 ja Tøgersen ym. 2010) tai vastaanottimille saapuvien signaalien aikaeroihin (Time-Difference-of-Arrival, TDoA) (esimerkiksi Gygax ym. 2007 ja Huhtala ym. 2007).

#### **GPS (Global Positioning System)**

GPS perustuu satelliittien avulla tehtyyn paikannukseen (esim. Huhtala ym. 2007). Paikannussignaalin tielle osuvat esteet heikentävät signaalia selvästi ja siksi GPS-paikantaminen sisätiloissa ei ole mahdollista. GPS-paikannus voidaan kuitenkin toteuttaa myös sisätiloissa niin kutsuttujen pseudoliittien avulla (Lee ym. 2004). Pseudoliitit ovat rakennuksen sisälle asennettavia ”minisatelliitteja” ja niiden paikannustarkkuus voi olla jopa muutamia senttimetrejä, mutta myös pseudoliiteillä signaalit ovat erittäin herkkiä esteille ja heijastuksille. Navetta-ympäristö on siis haastava GPS-paikannukselle, mutta menetelmän etuna voidaan pitää sitä, että samaa järjestelmää pystytään hyödyntämään paikannuksessa sekä navetan sisällä että laiturilla (Huhtala ym. 2007).

#### **Radiosignaaliin perustuva paikannus**

Radioaallot toimivat hyvin paikannuksessa (tarkkuus 20 – 25 cm, Gygax ym. 2007, Huhtala ym. 2007), mutta paristojen kesto tuottaa vielä ongelmia (Huhtala ym. 2007 ja Homer ym. 2013). UWB-signaaleihin (Ultra-Wide Band) perustuva paikannusjärjestelmä on uudempaa teknologiaa ja se toimii radiosignaaleilla, joita lähetetään äärimmäisen lyhyinä pienitehoisina pulsseina hyvin laajalla taajuuskaistalla (O'Connor 2009). Signaalityypin on todettu sopivan etenkin ympäristöihin, joissa on paljon esteitä ja signaalin heijastumisia (Homer ym. 2013). UWB-signaalit eivät häiriinny myöskään muusta radioliikenteestä (O'Connor 2009), jota tänä päivänä voi navetassa olla paljonkin.

### 3.4.3 TrackLab järjestelmä

#### 3.4.3.1. Navettaan soveltuva paikannusjärjestelmä

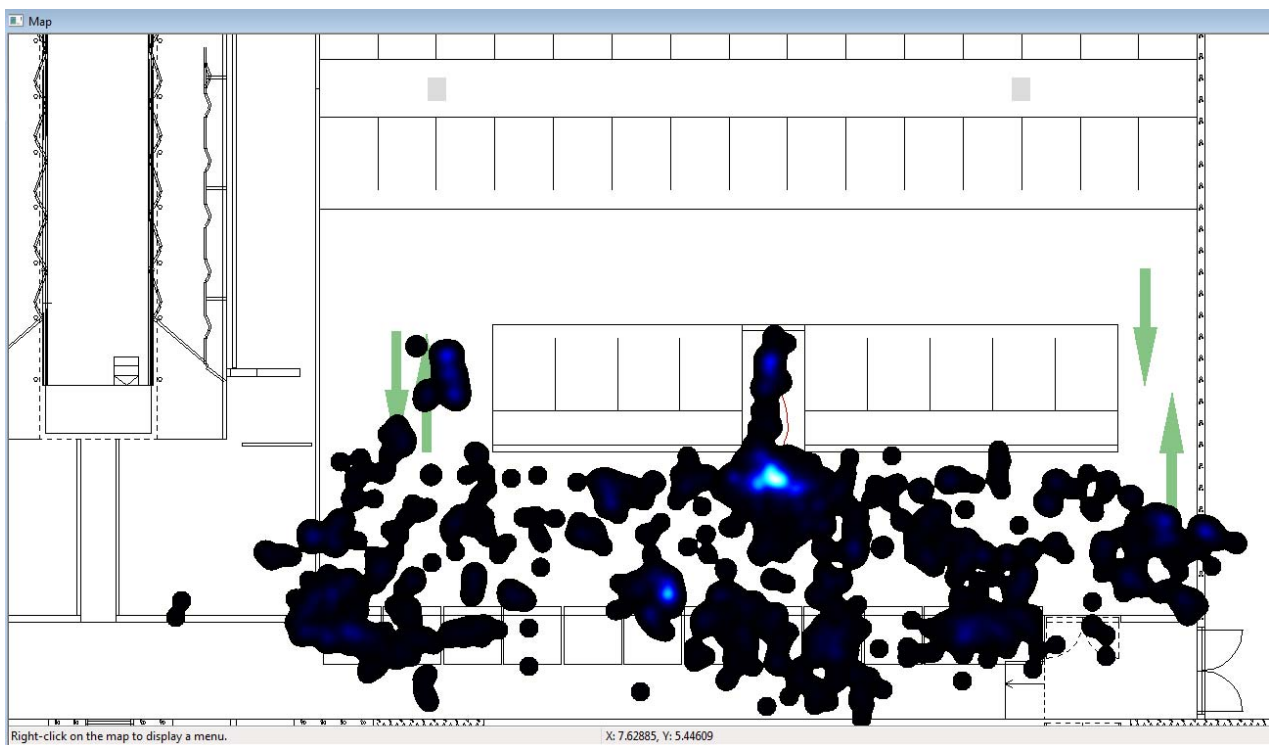
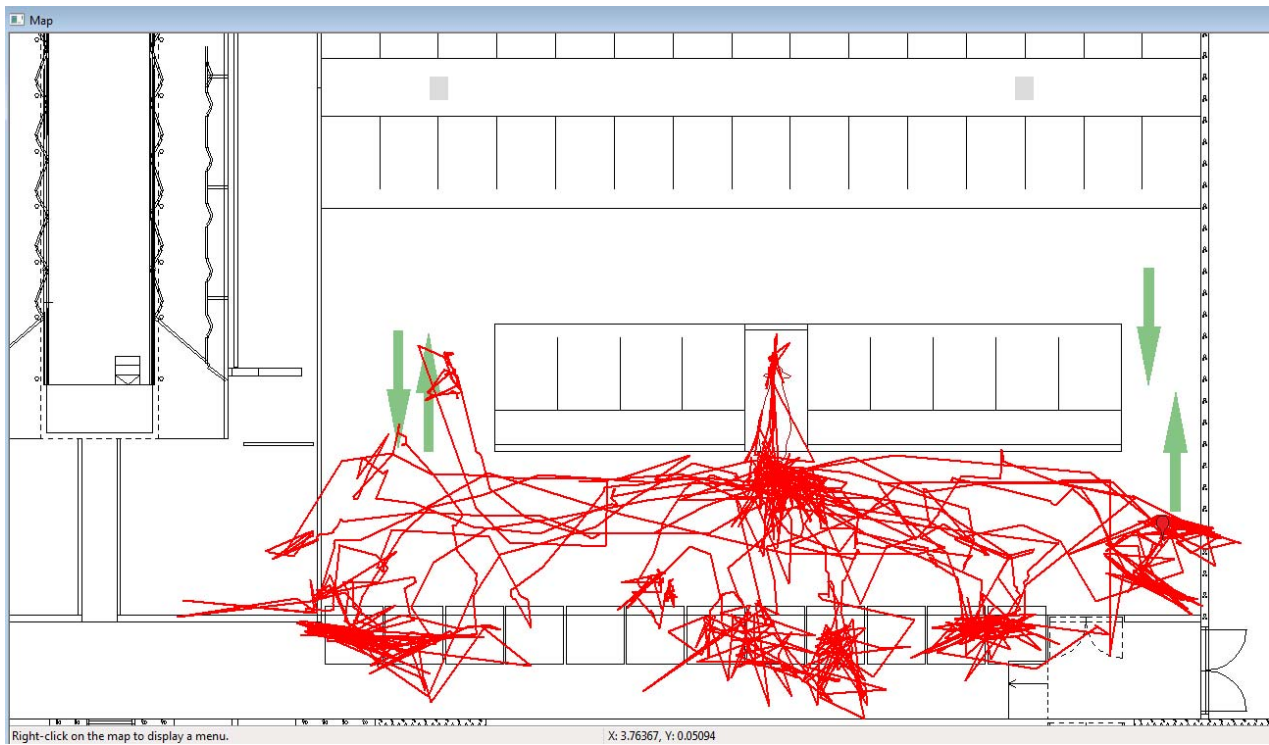
TrackLab (Noldus Information Technology) on kaupallisesti saatavilla oleva paikkatiedon analysointiohjelma, joka käyttää Ubisense-järjestelmän reaaliaikaisesti keräämää paikkatietoa. Järjestelmän toiminta perustuu UWB-signaaleihin. Lehmien pantaan on kiinnitetty lähetin (Kuva 26 a), joka on tarkoitettu teollisuuskäyttöön, joten se on pölyn, veden ja iskun kestävä (Ubisense 2013). Lähetin toimii C-paristolla, jonka kestoiksi 1,5 sekunnin mittausvälillä luvataan kuusi vuotta. Laite lähettää UWB-signaalia, jonka paikannettavan alueen (esimerkiksi navetan osaston) ympärille asennetut vastaanottimet (Kuva 26 b) havaitsevat. Vähintään kahden vastaanottimen pitää havaita lähettimen signaali paikannuksen onnistumiseksi. Paikkatiedon laskenta perustuu TDoA:han ja signaalin saapumiskulmaan (Angle-of-Arrival, AoA). Paikannus voidaan tehdä enintään 137 Hz:n mittausvälillä ja 30 cm tarkkuudella. TrackLab-ohjelmalla eläinten liikkeet voidaan piirtää esimerkiksi navetan pohjapiirrokseseen (Kuva 27) (Noldus InnovationWorks 2013). TrackLab-järjestelmää voidaan käyttää myös laiturilla, jolloin paikannus tapahtuu GPS:n avulla (Spink ym. 2013).



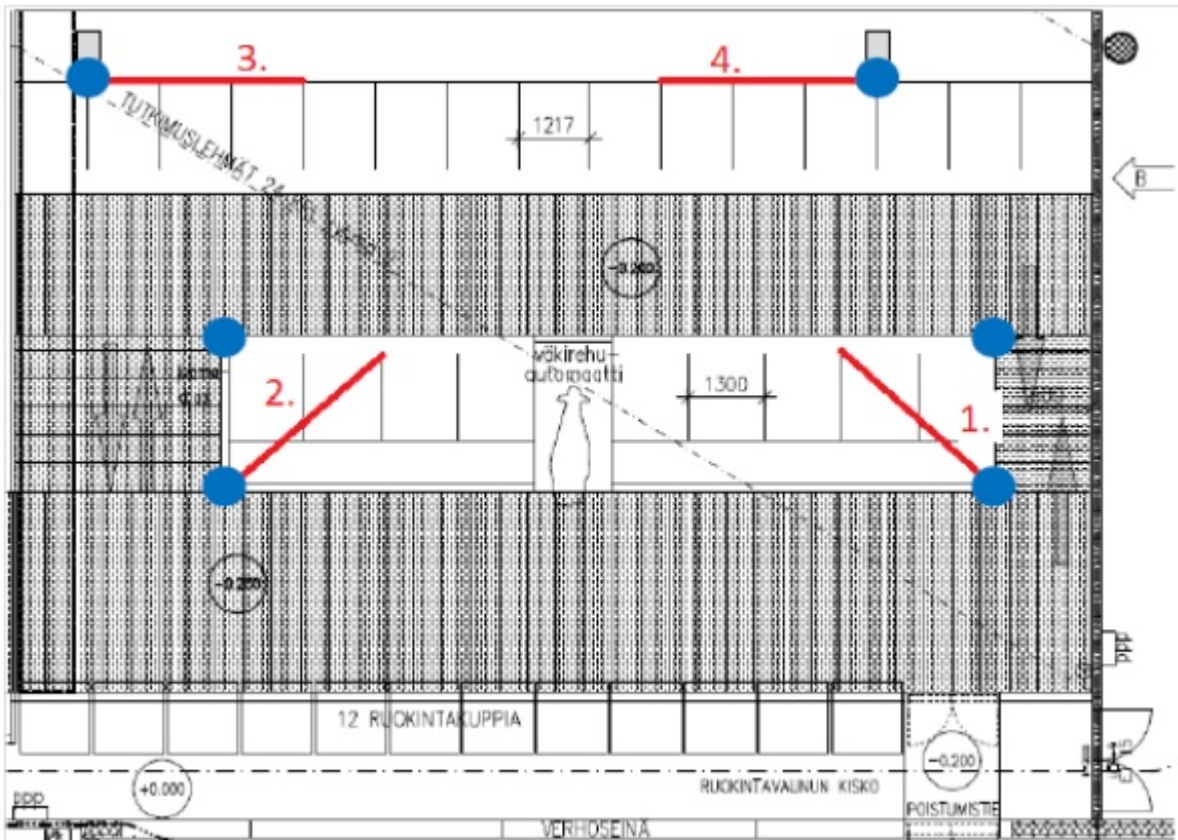
Kuva 26. TarckLab järjestelmää testataan MTT Maaningan CowLab<sup>TM</sup>:ssa. a) Lähetin kiinnitettynä lehmän RuminAct pantaan b) yksi neljästä vastaanottimesta navetan katossa. (Kuvat: Lilli Frondelius/MTT)

### 3.4.3.2. TrackLab järjestelmän testaus navetassa

MTT Maaningan CowLab<sup>TM</sup> on ensimmäinen navettaympäristö, johon TrackLab-järjestelmä on asennettu. Yhdellä koeosastolla pystytään seuraamaan yhteensä 25 lehmää samanaikaisesti neljällä osaston kulmiin asennetulla vastaanottimella. Paikannusjärjestelmän luotettavuutta testattiin alustavasti ilman eläimiä 17 lähettimellä yksittäisten mittauspisteiden kokeessa ja kahdella lähettimellä tarkkuuskokeessa. Molemmissa mittauskokeissa tutkittiin kaksiulotteista paikannusta eli kuinka hyvin TrackLabin antama tieto vastasi lähettimen paikkaa navetan pohjapiirroksessa. Mittaustaajuus oli 1 Hz. Yksittäisten mittauspisteiden kokeessa lähettimiä pidettiin ennalta määrättyssä pisteessä (koordinaatit otettiin navetan bittikartasta, Kuva 27) minuutti paikoillaan. Kokeen tarkoituksena oli testata paikannuksen tarkkuutta lähettimen ollessa paikallaan tarkkaan tiedetyssä paikassa navetassa. Tarkkuuskokeessa lähettäjä liikutettiin ennalta määrättyä mittauslinjaa (pituus 3,35 – 3,62 m, makuuparren niskapuomin korkeudella) pitkin edestakaisin (Kuva 28). Mittauksessa saatuja koordinaatteja lähettimen sijainnista (havaintoja) verrattiin ennalta määrätyn mittauspisteen tai -linjan koordinaatteihin.



Kuva 27. Yhden lehmän paikkatieto noin 1,5 tunnin ajalta visualisoituna bittikarttaan a) viivana, joka kertoo eläimen reitin, ja b) ”lämpökarttana”, jossa värin kirkkaus kertoo havaintopisteiden tiheyden alueella.



Kuva 28. Yksittäisten mittauspisteiden kokeen testauspisteet (sinisellä) ja tarkkuuskokeen mittauslinjat (punaisella) navetan koeosastolla.

Yksittäisten mittauspisteiden kokeessa testauspisteen ja havaintojen välinen etäisyys oli  $0,16 \pm 0,08$  m (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta; min – max 0,05 – 0,98 m). Havainnoista 4 % ylitti 30 cm etäisyyden määrätystä mittauspisteestä eli ei vastannut valmistajan lupaamaa tarkkuutta. Tarkkuuskokeessa havaintojen ja mittauslinjan koordinaattien välinen etäisyys oli  $0,14 \pm 0,13$  m (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta; min – max 0 – 1,28 m). Havainnoista 5 % oli yli 30 cm:n etäisyydellä mittauslinjasta.

Noin 95 % havainnoista oli valmistajan lupaaman tarkkuusrajan sisällä, mitä voidaan pitää hyvänä tuloksena. Suurin osa selvästi poikkeavista arvoista johtui ilmeisesti siitä, että vastaanottimet väliaikaisesti kadottivat lähettimen signaalin. Mahdollisia syitä signaalin katoamiseen ovat navetan rakenteet, mutta myös kokeen suorittajan oma keho saattaa sopivassa kulmassa estää signaalin pääsyn vastaanottimille. Tämä on huomioitava myös, kun lähettimiä kiinnitetään lehtiin. Niskan päällä pantaan kiinnitettynä lähetin on varmimmin vastaanottimien näkyvillä. On kuitenkin mahdollista, että signaali saattaa kadota esimerkiksi silloin, kun lehmä makaa muiden ympäröimänä. Lisäksi navetan metallirakenteet (esimerkiksi väkirehuautomaatilla) voivat heijastaa lähettimen signaalia ja siten aiheuttaa vääriä havaintoja. Tarkkuus kärsii myös lähestyttäessä paikannusalueen reunoja (mikä on havaittavissa kuvassa 27), minkä lisäksi paikannusalueen reunoilla signaalia saattaa häiritä myös tiheät metallirakenteet. Haasteista huolimatta TrackLab vaikuttaa lupaavalta paikannusjärjestelmältä navettaolosuhteisiin.



---

## 4 Kirjallisuusluettelo

---

- Butler, W.R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60 – 61: 449 – 457.
- Chapinal, N., de Passillé, A., Pastel, M., Hänninen, L., Munksgaard, L., Rushen, J. 2011. Measurement of acceleration while walking as an automated method for gait assessment in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 94: 2895 – 2901.
- Dado, R. & Allen, M. 1993. Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminant pH of Cattle. *Journal of Dairy Science* 76: 1589 – 1600.
- Elischer, M., Arceo, M., Karcher, E., Siegford, J. 2013. Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 96: 6412 – 6422.
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J. 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 75: 219 – 232.
- Gygax, L., Neisen, G., Bollhalder, H. 2007. Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns. *Computers and Electronics in Agriculture* 56: 23 – 33.
- Homer, E.M., Gao, Y., Meng, X., Dodson, A., Webb, R., Garnsworthy, P.C. 2013. Technical note: A novel approach to the detection of estrus in dairy cows using ultra-wideband technology. *Journal of Dairy Science* 96: 6529 – 6534.
- Huhtala, A., Suhonen, K. 2006. Sisäpaikannusjärjestelmä karjanhoitajan apuna – Alussa olevan tutkimushankkeen esitely. Hopponen, A. (toim.). *Maataloustieteen päivät 2006, 11.–12.1.2006 Viikki, Helsinki. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote* 21. 3 s.
- Huhtala, A., Suhonen, K., Mäkelä, P., Hakojärvi, M., Ahokas, J. 2007. Evaluation of instrumentation for cow positioning and tracking indoors. *Biosystems Engineering* 96: 399 – 405.
- Huzzey, J.M., Veira, D.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G. 2007. Prepartum Behavior and Dry Matter Intake Identify Dairy Cows at Risk for Metritis. *Journal of Dairy Science* 90: 3220 – 3233.
- ICAR International Agreement of Recording Practices 2013. Periodic checking of approved and provisionally approved meters, hints for the sample taker and farmer. Viitattu 4.12.2013. Saatavilla Internetissä: [http://www.icar.org/Documents/Rules%20and%20regulations/Guidelines/Periodic\\_checking\\_of\\_meters.pdf](http://www.icar.org/Documents/Rules%20and%20regulations/Guidelines/Periodic_checking_of_meters.pdf).
- Ingvartsen, K.L. 2006. Feeding- and management-related diseases in the transition cow. Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology* 126: 175 – 213.
- Juutinen, E., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Suomela, R. 2012. Nurmen lohkohtaisten sadon mittaaminen. Karjatilain kannattava peltoviljely KARPE -hanke. s. 30 – 34.
- Juutinen, E., Sairanen, A., Korhonen, A. 2012. Laiduntavien lehmien pötsin pH:n jatkuva mittaaminen. Schulman, N., Kauppinen, H. (toim.). *Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu* no 28. 8 s.
- Kemppi, H. 2012. Oikein ruokkimalla hyvä kasvu ja mahojen kehitys alusta alkaen. Teoksessa: Vasikasta huippulypsy-lehmäksi. Huhtamäki, P. (toim.). *Tieto tuottamaan 137. ProAgria Keskusten Liitto. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy.* s. 10 – 21.
- Kononoff, P., Lehman, H., Heinrichs, A. 2002. Technical Note—A Comparison of Methods Used to Measure Eating and Ruminating Activity in Confined Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 85: 1801 – 1803.
- Lauritsen, U. 2013. Suullinen tiedonanto 18.12.2013.
- Leinonen, A-R. 2011. EMM-mittareilla kaikki hyöty irti tuotosseurannasta. *ProAgria Keski-Pohjanmaan tiedotuslehti* 2/11. Viitattu 22.11.2013. Saatavilla internetissä: [www.proagriaoulu.fi/files/pdf/emm\\_hyoty\\_irti\\_tuotosseurannasta.pdf](http://www.proagriaoulu.fi/files/pdf/emm_hyoty_irti_tuotosseurannasta.pdf).
- Maataloustilastot. 2013. Kotieläinten lukumäärä. (Verkkodokumentti). Viitattu 27.11.2013. Saatavissa Internetissä: <http://www.maataloustilastot.fi/kotielainten-lukumaara>.
- Nokka, S. 2012. Tuotosseurannan tulokset. *ProAgria Keskusten Liitto. Tulosseminaari* 24.4.2013 Vantaa. Viitattu 21.11.2013. Saatavilla internetissä: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/ProAgria/Tapahtumat/Tulosseminaarit/Tuloksia>.
- Noldus InnovationWorks. 2013. Using TrackLab to understand farm animal behavior. Päivitetty 2013. Viitattu 23.10.2013. Saatavissa Internetistä: <http://www.noldus.com/innovationworks/products/tracklab/farming>
- O'Connor, M.C. 2009. Danish dairies adopt RFID to improve yield. *RFID Journal* 24.7.2009. Viitattu 23.10.2013. Saatavissa Internetistä: <http://www.rfidjournal.com/article/view/5083>
- Rautala, H. 1991. Tavoitteena terve karja. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino. 151 s. ISBN 952-90-1341-8.

- Roelofs, J.B., van Eerdenburg, F.J.C.M., Soede N.M., Kempa, B. 2005. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 63: 1366 – 1377.
- Roelofs, J.B., Van Eerdenburg, F.J.C.M., Hazeleger, W., Soede, N.M., Kempa, B. 2006. Relationship between progesterone concentrations in milk and blood and time of ovulation in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 91: 337 – 343.
- Roelofs, J., López-Gatiús F., Hunter R.H., van Eerdenburg F.J., Hanzen Ch. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74: 327 – 344.
- Rutter, S.M., Brizuela, C., Charlton, G. 2011. The reliability of rumination data recorded by a commercial rumination monitor. Teoksessa: E.A. Pajor & J.N. Marchant-Forde (toim.), Proceedings of the 45th Congress of the International Society for Applied Ethology (ISAE). Scientific evaluation of behavior, welfare and enrichment. 31 July – 4 August 2011, Indianapolis, USA. 166 s. Wageningen Academic Publishers, the Netherlands.
- Ruuska, S., Järvinen, M., Kajava, S., Anttila, R., Sairanen, A., Juutinen, E., Martiskainen, P., Mononen, J. 2012. Märehtimistä mittaavan RuminAct™ laitteiston toiminnan testaaminen laidunolosuhteissa lypsylehmillä. Schulman, N., Kauppinen, H. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 28. 5 s.
- Saint-Dizier, M., Chastant-Maillard, S. 2012. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reproduction in domestic animals* 47: 1056 – 1061.
- Sangsrivong, S., Combs, D.K., Sartori, R., Armentano, L.E., Wiltbank, M.C. 2002. High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 $\beta$  in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 85:2831 – 2842.
- Schirmann, K., von Keyserlingk, M., Weary, D., Veira, D., Heuwieser, W. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92: 6052 – 6055.
- Schlecht, E., Hülsebusch, C., Mahler, F., Becker, K. 2004. The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 85: 185 – 202.
- Spink, A., Cresswell, B., Kölzsch, A., van Langevelde, F., Neeffjes, M., Noldus, L.P.J.J., van Oeveren, H., Prins, H., van der Wal, T., de Weerd, N., de Boer, W.F. 2013. Animal behaviour analysis with GPS and 3D accelerometers. Teoksessa: Berckmans D., Vandermeulen J. (toim.). Precision Livestock Farming '13. 6th European Conference of Precision Livestock Farming, Leuven, Belgia, 10. – 12.9.2013. s. 229 – 239.
- Tøgersen, F.A., Skjæth, F., Munksgaard, L., Højsgaard, S. 2010. Wireless indoor tracking network based on Kalman filters with an application to monitor dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* 72: 119 – 126.
- Tolkamp, B.J., Schweitzer, D.P.N., Kyriazakis, I. 2000. The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 83: 2057 – 2068.
- Tolkamp, B.J., Friggens, N.C., Emmans, G.C., Kyriazakis, I., Oldham, J.D. 2002. Meal patterns of dairy cows consuming mixed foods with a high or a low ratio of concentrate to grass silage. *Animal Science* 74: 369 – 382.
- Ueda, Y., Akiyama, F., Asakuma, S., Watanabe, N. 2011. Technical note: The use of a physical activity monitor to estimate the eating time of cows in pasture. *Journal of Dairy Science* 94: 3498 – 3503.
- Ubisense. 2013. Series 7000 industrial tag fact sheet. Päivitetty 2013. Viitattu 25.10.2013. Saatavissa Internetistä: <http://www.ubisense.net/en/resources/factsheets/series-7000-industrial-tag.html>
- Yates, M.P., Tolkamp, B.J., Kyriazakis, I. 2002. The relationship between meal composition and long term diet choice. *Journal of Animal Science* 80: 3165 – 3178.
- Zehner, N., Niederhauser, J.J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hock, M., Haeussermann, A., Schick, M. 2012. Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows. Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012, July 8-12, 2012, Valencia, Spain.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

# MTT RAPORTTI 141

[www.mtt.fi/julkaisut](http://www.mtt.fi/julkaisut)

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

