

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu



■ LUONNONVARA-ALA

# KUIVITUSTESTAUKSIA NAVETOISSA JA LABORATORIOSSA

TOIMITTANEET: **Eeva-Kaisa Pulkka** ja **Elina Virkkunen**

## **Kuivitusestauksia navetoissa ja laboratoriossa**

### **Kirjoittajat:**

Frondelius Lilli, Luonnonvarakeskus  
Haapalainen Mira, Luonnonvarakeskus  
Kahelin Miika, Savonia-ammattikorkeakoulu  
Kurkilahti Mika, Luonnonvarakeskus  
Lindeberg Heli, Luonnonvarakeskus  
Pulkka Eeva-Kaisa, Savonia-ammattikorkeakoulu  
Pyykkönen Ville, Luonnonvarakeskus  
Ruuska Salla, Savonia-ammattikorkeakoulu  
Sairanen Auvo, Luonnonvarakeskus  
Tolonen Saara, Savonia-ammattikorkeakoulu  
Virkkunen Elina, Luonnonvarakeskus

**Toimittanut:** Eeva-Kaisa Pulkka ja Elina Virkkunen

**Tekijöiden yhteyshenkilö:** Eeva-Kaisa Pulkka

**Kansikuva:** Salla Ruuska

**Kiitokset** Salla Ruuska, testausten suunnittelu sekä tilatestauksiin osallistuneet maatilat

ISSN: 2343-5496 (Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja)

ISBN: 978-952-203-327-7

Julkaisun numero: 16/2023

## SISÄLLYS

1	KUIVAJAKEEN KÄYTTÖ KUIVIKKEENA .....	4
2	LABORATORIOTESTIT LISÄAINEIDEN OMINAISUUKSISTA JA TURVALLISUUDESTA.....	6
2.1	Testattujen kuivikkeiden ja kuivikeseosten fysikaalisten ominaisuuksien kuvaus ja analyysien tulokset .....	10
2.1.1	Aistinvarainen arviointi.....	10
2.1.2	Kuiva-ainepitoisuus.....	13
2.1.3	Hehkutusjäännös.....	14
2.1.4	pH.....	16
2.1.5	Nesteensitomisnopeus ja -kyky.....	18
2.2	Mikrobiologiset tulokset.....	22
2.2.1	Kuivajakeiden ja lisäaineiden mikrobiologiaa laboratorio-olosuhteissa .....	22
2.2.2	Mikrobiologiset analyysit ja tulosten laskenta .....	22
2.2.3	Tulokset.....	24
2.3	Yhteenveto laboratoriotestausten tuloksista .....	28
2.4	Kuivikealustaan liittyvä utaretulehdusongelma Luke Maaningan lypsykarjassa.....	30
3	KUIVIKETESTAUS LUKE MAANINGAN TUTKIMUSNAVETASSA 2023.....	34
3.1	Kuiviketestauksen taustaa .....	34
3.2	Vastapoikineiden kestokuivikealue (VIC).....	34
3.2.1	Tausta .....	34
3.2.2	Toteutus .....	34
3.2.3	Tulokset eläinten puhtaudesta ja utareterveydestä .....	36
3.2.4	Close Up .....	39
3.2.5	Johtopäätökset: Kestokuivike VIC.....	40
3.3	Parsiosastot, yleisseuranta kuivajae .....	41
3.3.1	Parsien perustaminen .....	41
3.3.2	Separaattori ja kuiva-aine .....	42
3.3.3	Syväparsien ylläpito .....	42
3.3.4	Johtopäätökset: Syväparsiseuranta.....	43
3.4	Ruokohelven soveltuvuus kuivikkeeksi.....	44
3.4.1	Syväparret .....	44
3.4.2	Vasikoiden parsipedit.....	45
3.4.3	Vasikoiden kestokuivike .....	46

3.4.4	Johtopäätökset: Ruokohelpi .....	47
4	TILATESTAUSTEN KOKEMUKSET .....	48
5	KUIVA-AINEEN MITTAUS, HALOGEENIKUIVAIMEN HYÖDYNTÄMINEN .....	53
5.1	Kuivajakeen sopiva kuiva-ainepitoisuus kuivituksessa .....	53
5.2	Kuiva-ainepitoisuuden mittaaminen .....	53
5.3	Halogeenikuivaimen käyttö .....	53
5.4	Halogeenikuivain – validointi .....	54
6	KIINNOSTUS KUIVAJAEKUIVITUKSEEN .....	56
6.1	Kyselyn tuloksia .....	56
7	KUIVIKESEPAROINNIN KANNATTAVUUS JA MASSATASEET .....	58
7.1	Kuivajakeen saanto lietalannan ja mädätteen ruuvipuristinseparoinnissa .....	58
7.2	Tilakohtaisen kuivikeseparaattorin kannattavuus .....	60
7.3	Tilojen yhteisen kuivikeseparaattorin kannattavuus .....	61
7.4	Kuivikeseparaattoreiden tuottamien jakeiden pH-arvot ja ravinnepitoisuudet .....	63
	LIITTEET 1 JA 2 .....	66

## 1 KUIVAJAKEEN KÄYTTÖ KUIVIKKEENA

*Eeva-Kaisa Pulkka, Savonia AMK*

Lietelannasta separoidun kuivajakeen käyttö kuivikkeena on lisääntynyt viime vuosina ja kiinnostus on kasvavaa turpeen ja kutterin hintojen noustessa ja saatavuuden heikentyessä. Vaikka separoitu kuivajae on riittoisa, pehmeä ja lehmälle miellyttävä kuivike, liittyy sen käyttöön avoimia kysymyksiä eikä se sovi kuivikkeeksi kaikille tiloille.

Kuivajae on lantaa ja sisältää siksi enemmän mikrobeja kuin monet muut kuivikkeet (Bradley ym. 2018, Beauchemin ym. 2021). Yleisesti kuivajae kuivitus ei ole lehmille terveys- tai maidontuotannolle hygieniariski (esim. Leach ym. 2015, Bradley ym. 2018, Frondelius ym. 2020), mutta navetan olosuhteiden ja utareterveyden on oltava tilalla kunnossa. Jos terveyden tai hygienian kanssa on ongelmia, kuivajakeen käyttö kuivikkeena on selkeä lisäriski eikä sen käyttöönotto ole välttämättä kannattavaa.

Kuivikkeena käytettävä kuivajae suositellaan käytettäväksi tuoreena heti separoinnin jälkeen lämpenemisen ja siten mikrobikasvun ehkäisemiseksi. Kuivajaetta lisätään parsiin ohut kerros säännöllisesti, mielellään kerran vuorokaudessa. Kuivajakeen levittämiseen sopivat yleensä samat menetelmät kuin turpeen tai kutterin. Se voidaan jakaa käsin tai koneellisesti kuivikekauhalla tai katossa kulkevalla kuivikerengillä. Sitä ei kuitenkaan suositella säilytettäväksi esimerkiksi parren etuosassa kuivituskertojen vähentämiseksi. Käyttökokemusten perusteella lehmät tottuvat kuivajakeeseen nopeasti.

Sopiva kuiva-ainepitoisuus kuivajakeelle on noin 35 prosenttia (Green ym. 2014). Kosteamman kuivajakeen kuivikeominaisuudet heikenevät ja se on otollisempi alusta mikrobikasvulle. Liian kuiva kuivajae ei pysy parsissa ja pölyää navettaan. Kuivajae kuivahtaa levityksen jälkeen parressa, kun navetan ilmanvaihto on hyvä; tiloilla yleistyneet tuulettimet tehostavat kuivumista, mikä on syytä huomioida kuivajaetta separoidessa.

Toimiakseen hyvin separointi vaatii tasalaatuista, kuiva-ainepitoisuudeltaan noin 8–9 prosenttista lietettä. Slalomannanpoisto sopii hyvin separoinnin yhteyteen, muissa järjestelmissä separoinnin tueksi voi joutua hankkimaan lisäsekoittimen. Separoinnissa syntyvä nestejäte tulisi johtaa muualle kuin separoitavan lannan joukkoon, sillä nestejäte laimentaa lietettä ja pidentää siten separointiaikaa. Lypsyjärjestelmän pesuvesiä tai antibioottimaitoja ei tule johtaa separoitavan lietteen joukkoon. Parhaiten separointi ja kuivajae kuivitus toimivat, jos niihin on varauduttu jo navetan suunnitteluvaiheessa. Kuivikeseparaattori tarvitsee tilan, missä se ei pääse jäätymään.

Kuivajaetta on testattu myös seoksena muiden kuivikkeiden kanssa. Turpeen ja kuivajakeen seoksesta kokemukset ovat huonoja, eikä sitä suositella. Tuhka kuivattaa seosta ja nostaa sen pH:ta, mutta vaikutus mikrobikasvun hallintaan on lyhytaikainen. Joillakin tiloilla kuivajakeen seassa käytetään kalkkia, jotta se pysyy paremmin parsissa. Tämän hankkeen tutkimuksissa käytettiin kuivajakeen seassa ruokohelpisilppua, pajuhaketta ja puuteollisuuden sivutuotteena syntyvää kuitupuristetta.

## Lähteet

- Beauchemin, J., Fréchette, A., Thériault, W., Dufour, S., Fravallo, P. & Thibodeau A. 2022. Comparison of microbiota of recycled manure solids and straw bedding used in dairy farms in eastern Canada. *J Dairy Sci.* 2022(105): 389–408.
- Bradley, A.J., Leach, K.A., Green, M.J., Gibbons, J., Ohnstad, I.C., Black, D.H., Payne, B., Prout, V.E. & Breen, J.E. 2018. The impact of dairy cow's bedding material and its microbial content on the quality and safety of milk – a cross sectional study of UK farms. *Int J Food Microbiol.* 2018(269): 36–45.
- Frondelius, L., Lindeberg, H. & Pastell, M. 2020. Recycled manure solids as a bedding material: Udder health, cleanliness and integument alterations of dairy cows in mattress stalls. *Agric Food Sci.* 2020(29): 420–431.
- Green, M.J., Leach, K.A., Breen, J.E., Ohnstad, I., Tuer, S., Archer, S.C. & Bradley, A.J. 2014. Recycled manure solids as bedding for dairy cattle: a scoping study. *Cattle Practice* 2014(22): 207–214
- Leach, K.A., Archer, S.C., Breen, J.E., Green, M.E., Ohnstad, I.C., Tuer, S. & Bradley, A.J. 2015. Recycling manure as cow bedding: potential benefits and risks for UK dairy farms. *Vet J.* 2015(206): 123–130.

## 2 LABORATORIOTESTIT LISÄAINEIDEN OMINAISUUKSISTA JA TURVALLISUUDESTA

*Saara Tolonen, Savonia AMK, Lilli Frondelius, Luke ja Mika Kurkimäki, Luke*

*Kuvat Saara Tolonen*

Hankkeessa testattiin laboratorio-olosuhteissa erilaisia lisäaineita raakalietteestä ja biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen hygieenisen laadun takaamiseksi. Biokaasuprosessointi eli mädätys voi vähentää kuivituksen kannalta haitallisia mikrobeja, joten mädätteestä separoitu kuivajae voi olla hygieenisempi vaihtoehto raakalielannan kuivajakeelle. Aiemmin Suomessa ei ole tutkittu maatilän biokaasulaitoksen mädätteestä separoitua kuivajaeetta lypsylehmien kuivikkeena.

Erialaisten lisäaineiden lisääminen raakalietteestä ja biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen sekaan voisi teoriassa olla monilla tavoilla hyödyllistä. Stora Enson jätevesien puhdistusprosessin sivuvirtana syntyy kuitupuristetta, jonka kuivitusominaisuuksia on alustavasti testattu (Tikkanen 2021). Ruokohelpi on yksi lupaavimmista kuivikemateriaaleista korvaamaan turvetta (Manni 2021). Sen viljely onnistuu kaikentyypisillä peltomailla mukaan lukien kosteikkoviljely. Ruokohelven vedensitomiskyky on olkea parempi. Yksinomaisesti käytettynä sen ongelma on pölyäminen, mitä voidaan ehkäistä käyttämällä helpisilppua seoksena separoidun lietelannan kanssa. Ruokohelpi voi myös mahdollisesti nostaa kuivikeseoksen kuiva-ainepitoisuutta raakalannasta tai biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoituun kuivajakeeseen sekoitettuna. Pajun kuoren sisältämät antimikrobiset yhdisteet saattavat hillitä utaretulehdusbakteerien kasvua. Lisäksi pajua viljelemällä voidaan lisätä tilan sisäistä hiilenkiertoa kasvukunniltaan heikoilla lohkoilla, esimerkiksi veden vaivaamilla eloperäisillä pelloilla.

*Taulukko 1. Testattavien lisäaineiden laboriokokeessa mitattuja ominaisuuksia.*

<b>Lisäaine</b>	<b>pH</b>	<b>Kuiva-ainepitoisuus, %</b>	<b>Hehkutusjäännös, %</b>
Paju	6,56	48,26	0,81
Ruokohelpi	6,96	88,70	4,45
Kuitupuriste	7,21	43,28	7,33

Taulukossa 1 on ilmoitettu testattavien lisäaineiden kokeessa mitattuja ominaisuuksia. Pajun pH oli matalin ja kuitupuristeen korkein, mutta kaikki olivat lähes neutraaleja pH:ltaan. Ruokohelven kuiva-ainepitoisuus oli selkeästi korkein ja sitä voidaan tämän takia säilyttää hyvin esimerkiksi paaleissa ilman säilöntäainetta. Pajun (tuoreena hakettu) ja kuitupuristeen kuiva-ainepitoisuus on puolestaan niin matala, että niiden säilyttämiseen tulisi keksiä asianmukainen menetelmä, jotta hygieeninen laatu säilyisi hyvänä. Pajun ja ruokohelven tuhkapitoisuudet olivat linjassa aiemmin julkaistujen tulosten kanssa (Paju: Viherä-Aarnio, A., Jyske, T. & Beuker, E. 2022, Ruokohelpi: Pahkala, K. ym. 2005).



Kuva 1. Pajuhake sisälsi monipuolisesti eri kasvinosia (vasemmalla). Stora Enso oy:n Varkauden tehtaasta tuottamaa kuitupuristetta (keskellä). Oikealla ruokohelpikuiviketta.

Kokeen tavoitteena oli selvittää, miten paju, kuitupuriste ja ruokohelpi vaikuttavat raakalietteestä tai biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen kuivitusominaisuuksiin ja turvallisuuteen (mikrobiologinen laatu) (Taulukko 2). Esi- ja lisäainetestaukset toistettiin kahtena peräkkäisenä viikkona saman aikataulun mukaisesti (esitestaus, Taulukko 3 ja lisäainetestaus, Taulukko 4). Lisäainetestauksessa kontrollina toimi ns. puhdas eli lisäaineeton kuivajae.

Taulukko 2. Laboratorio-olosuhteissa testattavat kuivikkeet ja niiden lisäaineet.

Kuivike	Esitestaus	Lisäainetestaus
Raakalietteestä separoitu kuivajae		
Puhdas	x	x
Paju		x
Kuitupuriste		x
Ruokohelpi		x
Mädätejäännöksestä separoitu kuivajae		
Puhdas	x	x
Paju		x
Kuitupuriste		x
Ruokohelpi		x



Taulukko 3. Esitestausten aikataulu, listattuna vuokiin laittamisen ajankohta. RLS = raakalietteestä separoitu kuivajae, BM =bio-kaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoitu kuivajae.

#### Esitestausten aikataulu

Maanantai	Tiistai	Keskiviikko
RLS, matala KA-pit.	RLS, korkea KA-pit.	Kokeen lopettaminen
BM, korkea KA-pit.	BM, matala KA-pit.	Kokeen lopettaminen

Taulukko 4. Lisäainetestausten aikataulu, listattuna vuokiin laittamisen ajankohta. RLS = raakalietteestä separoitu kuivajae, BM =biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoitu kuivajae, KA-pit = kuiva-ainepitoisuus.

#### Lisäainetestausten aikataulu

Maanantai	Tiistai	Keskiviikko
RLS lisäaineet (paju, kuitupuriste, ruokohelpi) ja kontrolli	RLS, lisäaineet ja kontrolli	Kokeen lopettaminen
BM, lisäaineet (paju, kuitupuriste, ruokohelpi) ja kontrolli	BM, lisäaineet ja kontrolli	Kokeen lopettaminen

Esitestauksella selvitettiin raakalannan ja mädätejäännöksen eroja niin fyysisesti kuin mikrobiologisesti. Kuivajaeetta separoitiin sekä esi- että lisäainetestauksissa maanantai- ja tiistaiamuisin Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipisteessä tutkimustilan kuivikeseparaattorilla. Esitestauksessa käytettiin kahta eri separaattoria, joilla tavoiteltiin kahta eri kuiva-ainepitoisuutta. Käytetyt separaattorit olivat Bauer S 655 (Röhren- und Pumpenwerk Bauer GmbH, Saksa) ja EYS, SP800HD-W (EYS Metal San. ve Tic.Ltd.Şti., Aydın, Turkki) (Kuva 2). Varsinaiset lisäainetestaukset toteutettiin EYS-separaattorilla, koska esitestauksessa separaattorien tuottamien kuivajakeiden kuiva-ainepitoisuuksien erot jäivät pieniksi. Kuivajakeet toimitettiin separoinnin jälkeen Savonia-ammattikorkeakoulun Kuopion kampukselle bio- ja kiertotalouden laboratorioon. Testaukset toteutettiin foliovuoissa (kuiviketta 2,5 litraa/vuoka) ja molemmista lähtömateriaaleista tehtiin kolme rinnakkaista jäsentä. Lisäaineita ja kuivajakeita sekoitettiin suhteessa 20:80 (tilavuus-%). 2,5 litran vuokaan tuli siis 2 litraa lähtöainetta ja puoli litraa lisäainetta. Kuivajakeen ja lisäaineen massat punnittiin lähtötilanteessa. Esi- ja lisäainetestauksessa mikrobiologiset näytteet kerättiin 6 ja 24 tunnin kuluttua foliovuokiin laitosta, minkä lisäksi fyysiset näytteet kerättiin myös vuokiin laitton yhteydessä (ajankohta 0). Esitestauksissa määritettiin bio- ja kiertotalouden laboratorioissa näytteiden kuiva-ainepitoisuus, hehkuusjäännös, happamuus (pH) ja nesteensitomiskyky. Lisäksi ostopalveluna näytteistä määritettiin raskasmetallipitoisuudet ja mikrobiologinen laatu.



*Kuva 2. Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipisteen kuivikeseparaattori.*

## 2.1 Testattujen kuivikkeiden ja kuivikeseosten fysikaalisten ominaisuuksien kuvaus ja analyysien tulokset

### 2.1.1 Aistinvarainen arviointi

Sekä mädätejäännöksestä että raakalietteestä separoidussa kuivajakeessa oli selkeästi näkyvissä eripaksuisia ja -pituisia kuitupartikkeleita (Kuva 3). Biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoitu kuivajae oli näennäisesti karkeampaa ja tummemman väristä (Kuva 4). Molemmat kuivajakeet olivat hajultaan mietoja, mutta haju oli lietelannalle ominainen. Mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen haju oli maatumempi, minkä mädätysprosessi selittää.



*Kuva 3. Raakalietteestä separoidussa kuivajakeessa eri kuitupartikkelit ovat selkeästi näkyvissä.*



*Kuva 4. Raakalietteestä (vas.) ja biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä (oik.) separoitua kuivajaetta vierekkäisissä vuoissa. Mädätejäännöksestä separoitu on väriltään tummempaa.*

Kuitupuristeen haju oli pistävän voimakas, vaikka koe toteutettiin hyvin ilmastoidussa tilassa. Se oli väriltään harmaata, mutta muistutti muuten ulkonäöltään paljon lannasta separoitua kuivajaetta (Kuva 5). Ruokohelven ulkonäkö ja haju olivat viljojen oljista paalattun kuivikkeen kanssa samanlaisia, mutta ruokohelpi põlisi voimakkaasti. Se sisälsi myös joitakin vihreitä kasvinosia (Kuva 6 a). Paju oli haketettu erittäin karkeaksi ja se sisälsi eri pituisia partikkeleita (Kuva 6 b). Osa pajuhakkeesta oli niin karkeaa ja terävää, että sen käyttäminen parsissa eläinten kuivikkeenä olisi ollut kyseenalaista. Koska koe toteutettiin laboratorio-olosuhteissa, ei pajun käyttämiselle kuitenkaan nähty esteitä. Kuitupuriste ja ruokohelpi olivat olomuodoltaan kuivitustarkoitukseen sopivan pehmeitä.



*Kuva 5. Raakalietteestä separoidun kuivajakeen ja kuitupuristeen seos. Kuvan keskellä hajottamaton kuitupuristepaakku, jonka erottaa lannasta harmahtavan värinsä takia.*

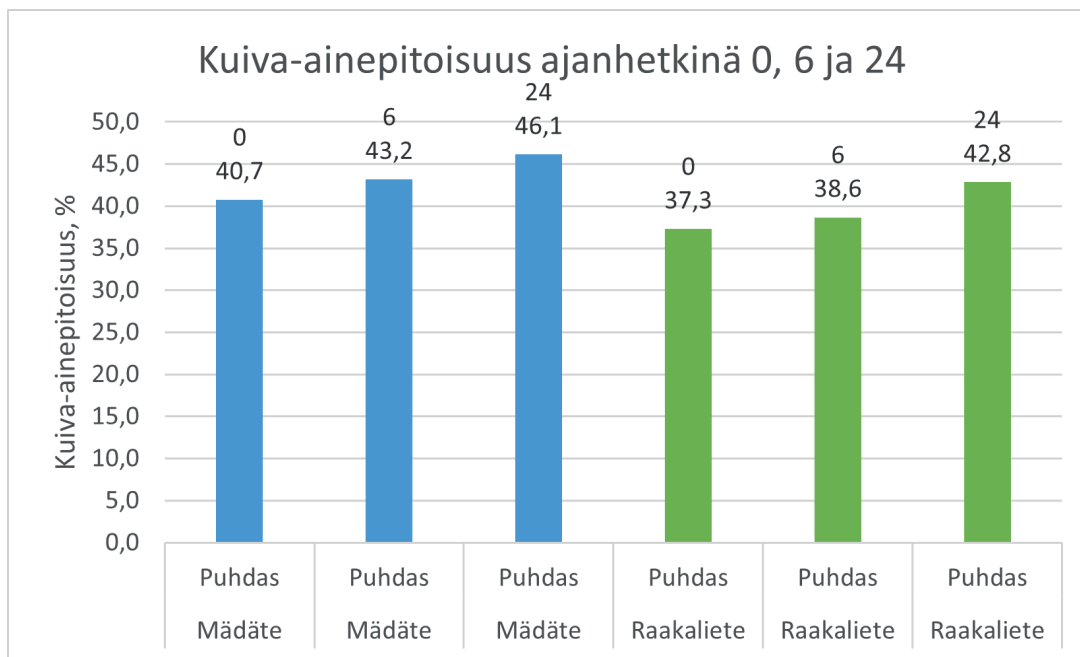


*Kuva 4. Vasemmalla lannasta separoidun kuivajakeen ja pajuhakkeen seos ja oikealla lannasta separoidun kuivajakeen ja silputun ruokohelven seos.*

### 2.1.2 Kuiva-ainepitoisuus

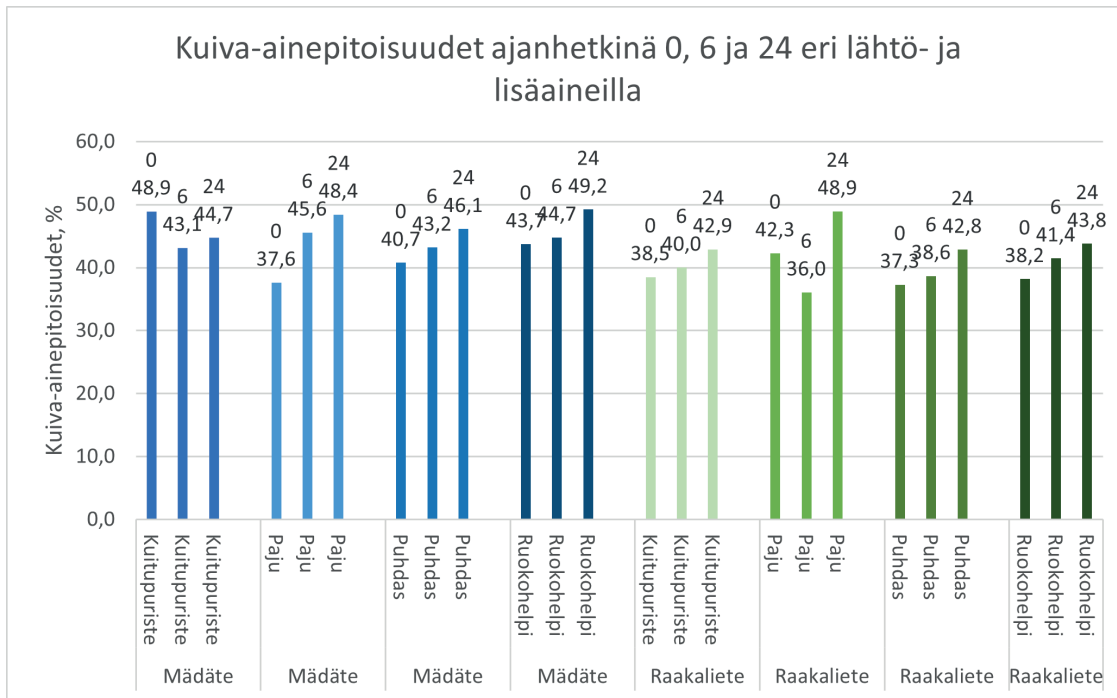
Kuiva-ainepitoisuuden (TS, total solids) määrittämistä varten näytettä punnittiin analyysivaa'alla (Balance XS204, Mettler-Toledo International Inc., Greifensee, Sveitsi) noin 14 grammaa jokaisesta koejäsenestä erikseen. Näytteitä kuivattiin uunissa (G-Therm, Fratelli Galli G.& P., Milano, Italia) 105 °C:ssa 24 tuntia (Alasuutari ym. 2014). Kuiva-ainepitoisuudet määritettiin standardin SFS 3008 mukaisesti. Kuivauksen jälkeen näytteet kuljetettiin eksikaattorissa vaa'alle ja ne punnittiin.

Kuvassa 7 on ilmoitettu puhtaiden lähtöaineiden kuiva-ainepitoisuudet esitestauksissa. Tuloksista voidaan päätellä, että molemmat lähtöaineet kuivuivat foliovuossa, ja havainto on samansuuntainen käytännön tiloilla: lietelannasta separoidun kuivajakeen on todettu kuivuvan levityksen jälkeen parren pinnalla.



*Kuva 5. Puhtaiden lähtöaineiden kuiva-ainepitoisuudet esitestauksissa eri näytteenoton ajankohtina.*

Lisäainetestausten kuiva-aineanalyysien tulokset on ilmoitettu kuvassa 8. Tulokset olivat pääasiassa samansuuntaisia kuin esitestauksissa, mutta mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen ja kuitupuristeen kuiva-ainepitoisuus vuokaan laittaessa (nolla-ajankohta) on epäilyttävän suuri. Samoin raakalietteestä separoidun kuivajakeen ja pajun seoksen kuiva-ainepitoisuus kuusi tuntia vuokaan laittamisen jälkeen on arveluttavan matala. Pajun tapauksessa kuiva-aineanalyysiin on todennäköisesti sattunut isompi pajunkappale, joka on vääristänyt analyysin tulosta. Mikään lisäaine ei 20 tilavuusprosentin lisäsmäärällä nostanut selkeästi lähtöaineen kuiva-ainepitoisuutta.

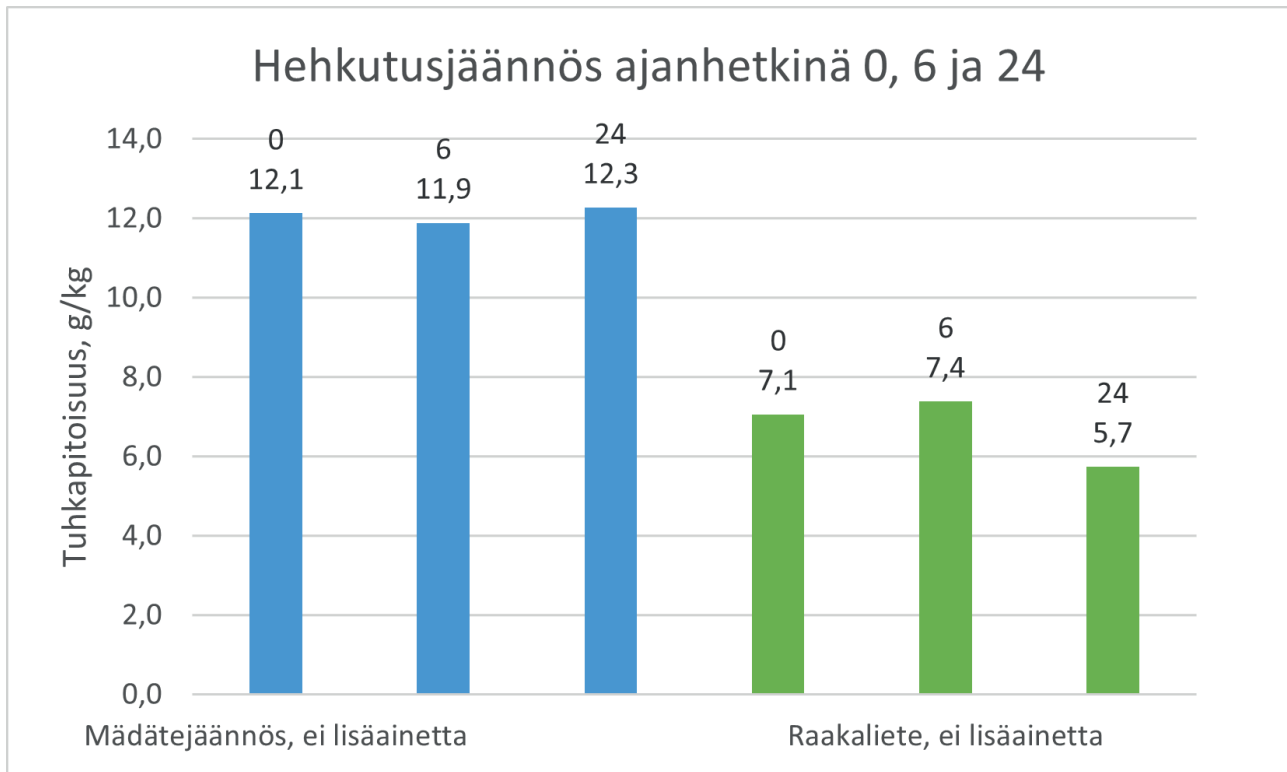


Kuva 6. Lisäainetestauksien kuiva-aineanalyysojen tulokset eri näytteenottoajankohtina lähtö- ja lisäaineittain.

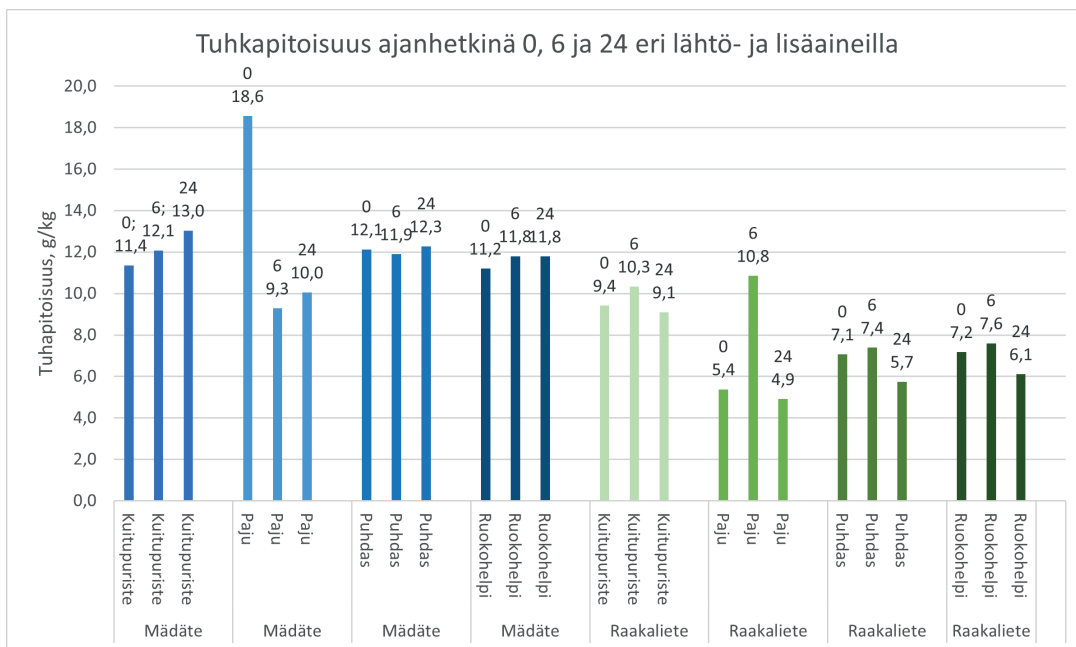
### 2.1.3 Hehkutusjäännös

Kuiva-ainepitoisuuden määrittämisen jälkeen, samoista näytteistä määritettiin hehkutusjäännös (VS, volatile solids). Hehkutusjäännös tarkoittaa hehkutuksesta jäljelle jääneen kiintoaineen (tuhkan) määrää näytteessä. Hehkutusjäännöstä määritettäessä näytteen poltossa näytteen sisältämä orgaaninen aines palaa ja jäljelle jäävät epäorgaaniset aineet, kuten esimerkiksi raskasmetallit. Jokaisesta kuiva-ainemäärityksestä tulleesta näytteestä tehtiin yksi hehkutusjäännösmääritys hehkuttamalla sitä kaksi tuntia hehkutusuunissa (Nabertherm N60/HRS, Nabertherm GmbH, Lilienthal, Saksa), 550 °C:ssa. Näytteet jäähdytettiin eksikaattorissa ja punnittiin sen jälkeen.

Tuhkapitoisuuksien trendit olivat samankaltaisia sekä esi- että lisäainetestauksissa. Biokaasulaitoksen määdätejäännöksestä separoidun kuivajakeen tuhkapitoisuus oli hieman korkeampi (Kuva 9). Lisäainetestauksissa pajun kohdalla on kaksi epäilyttävää keskiarvoa, mitä voisi selittää karkealla partikkelikoolla eli näytteiden lisäainepitoisuus on eronnut toisistaan (Kuva 10). Kuitupuristetta sisältäneissä näytteissä oli hehkutuksen jälkeen havaittavissa ruosteen värisiä partikkeleita (Kuva 11).



Kuva 7. Tuhkapitoisuudet esitestauksissa eri ajanhetkinä 0, 6 ja 24 tuntia.



Kuva 8. Tuhkapitoisuudet lisäainetestauksissa eri lisäaineilla ja eri ajanhetkinä 0, 6 ja 24 tuntia.



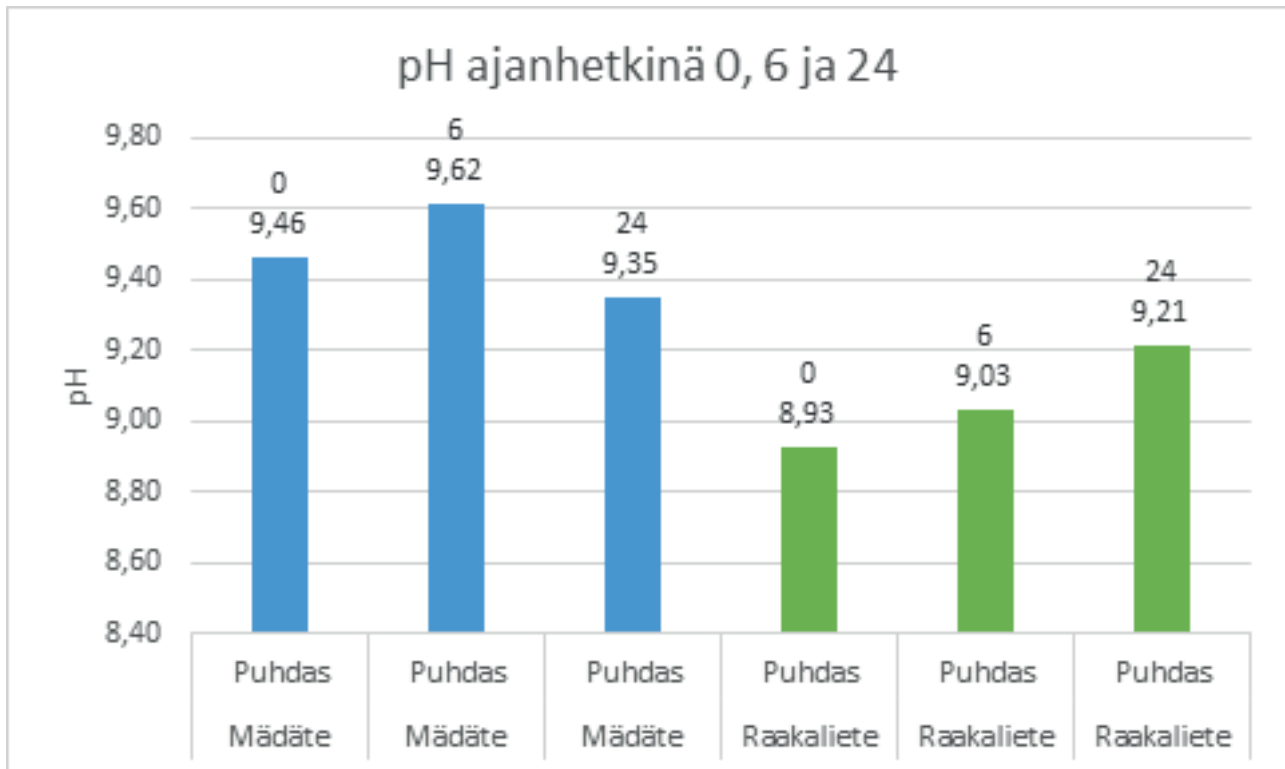


*Kuva 9. Kuitupuriste tuotti hehkutusjäätännösanalyysissä ruosteen värisiä partikkeleita.*

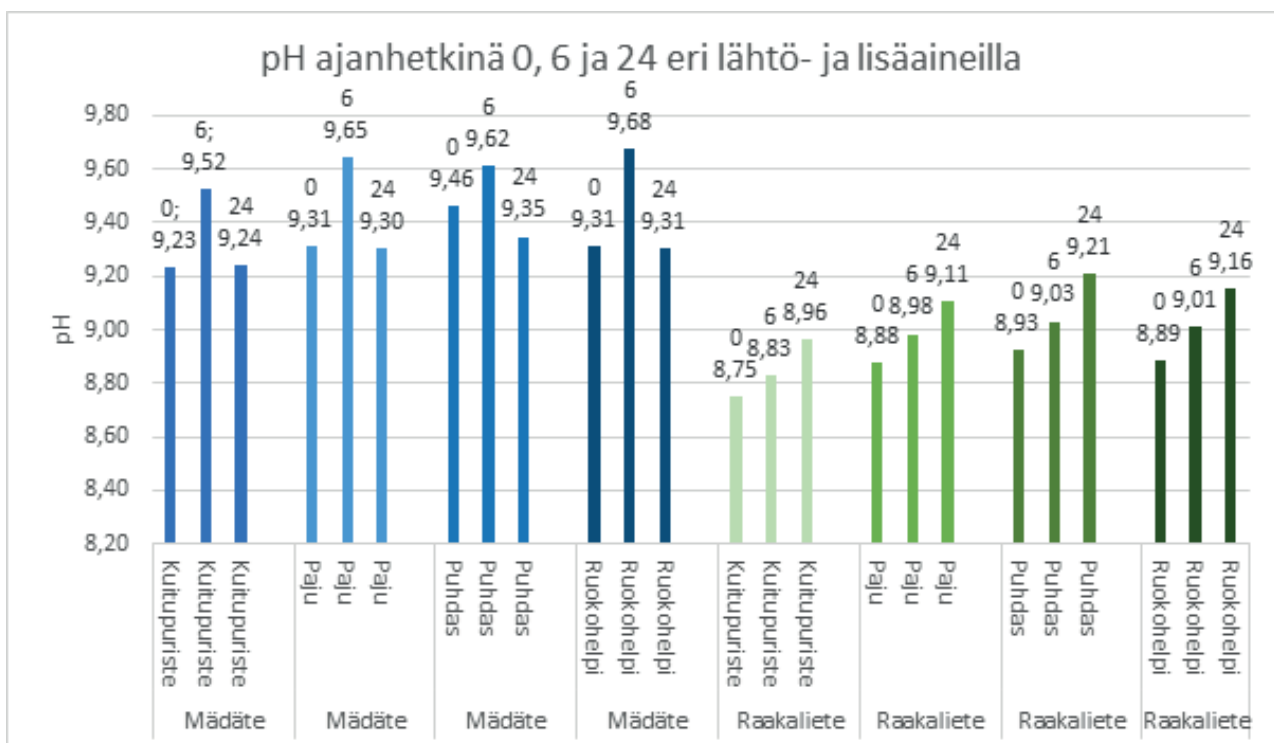
#### 2.1.4 pH

pH mitattiin kokeissa vuokiin laittaessa (aika 0 h) sekä kuusi ja 24 tuntia vuokaan laittamisen jälkeen. Ennen kokeita pH-mittari kalibroitiin. Jokaisesta koejäsenestä (foliovuoka) tehtiin yksi määrittäminen. Astioihin mitattiin 10 grammaa näytettä ja 90 grammaa ionivaihdettua vettä, näytettä sekoitettiin ja tämän jälkeen seisotettiin huoneenlämmössä 30 minuuttia. Näytettä sekoitettiin vielä uudelleen ennen mittaamista.

Sekä esi- että lisäainetestauksessa tulokset ovat samansuuntaisia lisäaineesta riippumatta (Kuva 12 ja 13). Eron aiheutti lähinnä kuivajakeen raaka-aine: mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen tapauksessa pH on korkeimmillaan kuuden tunnin kohdalla, kun raakalietteestä separoidun kuivajakeen pH nousi koko ajan 24 tuntiin asti. Mädätejäännöksestä separoidun kuivajakeen pH vuokaan laittaessa oli myös korkeampi kuin raakalietteestä separoidulla kuivajakeella.



Kuva 10. pH esitestauksissa eri ajanhetkinä 0, 6 ja 24 tuntia.



Kuva 11. pH lisäainetestauksissa eri ajanhetkinä 0, 6, 24 tuntia.

### 2.1.5 Nesteensitomisoisuus ja -kyky

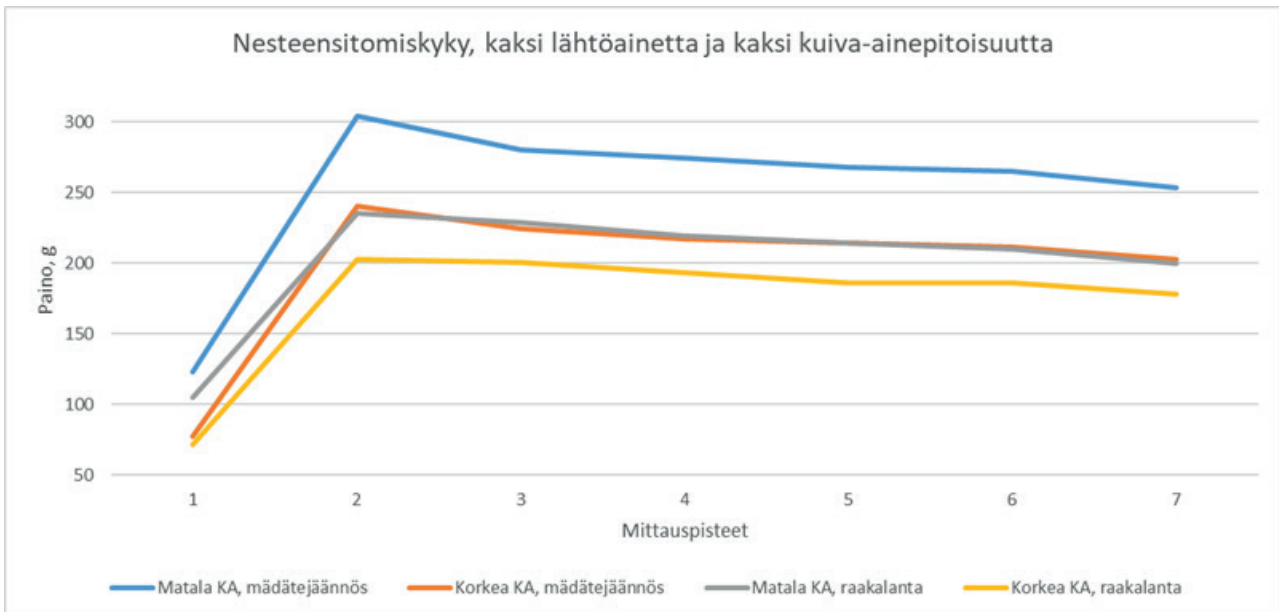
Nesteensitomisoisuus ja -kyky mitattiin Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjaloutta -tutkimushankeen koeseitelman (Alasuutari ym. 2014) mukaisesti (Taulukko 5), mutta lehman virtsan sijasta käytettiin vettä. Näytteitä liotetaan nesteessä 1–30 minuutin ajan, jonka jälkeen näytteistä valutetaan ylimääräinen neste pois (valutusaika 20–40 min). Jokaisesta kuivikkeesta tai kuivikeseoksesta tehtiin kolme rinnakkaismittausta. Testauksessa käytettävät nylonsukkahousut leikattiin samanmittaisiksi, niihin mitattiin 250 ml näytettä ja liotus nesteessä tehtiin grilliritilän avulla (Kuva 16).

Alasuutari ym. (2014) mittasivat nesteensitomiskykyä osalla testatuista kuivikkeista jopa vuorokauden ajan, mutta tässä testauksessa tehtiin mittauksia esitestauksessa 7 kappaletta ja lisäainetestauksissa vain 4 kpl, koska nesteensitomisoisuuden ja -kyvyn havaittiin lisäainetestauksissa vakioituvan neljänteen mittauspisteeseen mennessä.

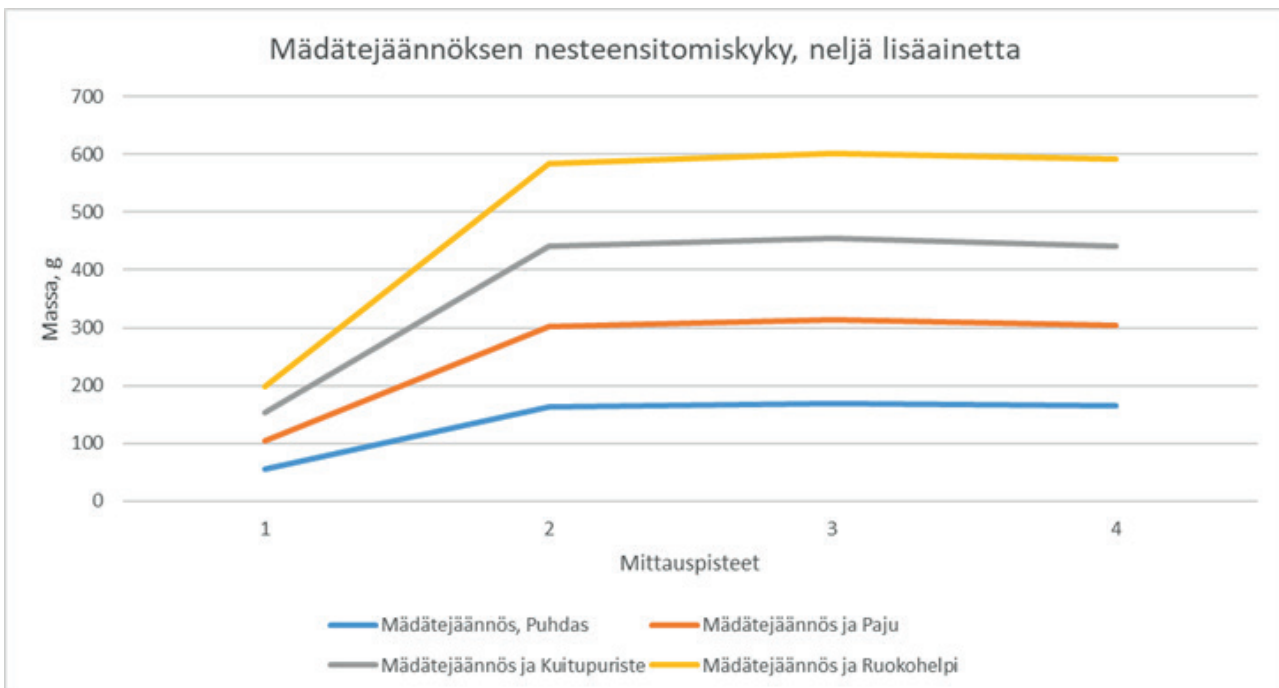
Taulukko 5. Nesteensitomisoisuuden määrittämisen työohje.

Mittaus	Työohje
1. Alkupaino	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laita kuiviketta tiiviisti 250 ml nylonsukkahousuihin.</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 1)</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 1 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 20 min: 10 min riiputus + 10 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 2)</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 5 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 20 min: 10 min riiputus + 10 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 3)</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 30 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 20 min: 10 min riiputus + 10 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 4)</li> </ul>
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 30 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 20 min: 10 min riiputus + 10 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 5)</li> </ul>
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 30 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 20 min: 10 min riiputus + 10 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 6)</li> </ul>
7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liota näytettä nesteessä 30 minuutin ajan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valuta näytettä yhteensä 40 min: 20 min riiputus + 20 min valutus vaakatasossa</li> <li>Mittaa näytteen paino (punnitus 7)</li> </ul>

Esi- ja lisäainetestauksissa puhtaat lähtöaineet sekä lähtöaineiden ja lisäaineiden seokset sitoivat maksimimäärän vettä, tai vaihtoehtoisesti vähintään 96 % suurimmasta mitatusta nesteen massasta (kaikkien mittauspisteiden välillä) minuutissa (Kuvat 14 ja 15). Sukkahousujen läpi liukeni jonkin verran tummaa väriä (hienojakoisimmat partikkelit) imeytettävään nesteeseen, mistä saattaa johtua kokonaisuksen liukuminen alaspäin esitestauksissa (Kuva 14).



Kuva 12. Näytteiden massan kehitys (g/min) esitestauksen mittauspisteissä.



Kuva 13. Näytteiden massan kehitys (g/min) esitestauksen mittauspisteissä

Nesteensitomiskyky laskettiin vähentämällä mittauspisteen tuloksesta alkupaino (mittauspiste 1). Mittauspisteen 2 tulos kertoo kuivikkeen tai kuivikeseoksen nesteensitomiskyvyn minuutin aikana, mikä oli esitestauksissa korkean ja matalan kuiva-ainepitoisuuden osalta raakalannasta separoidulle kuivajakeelle 163,0 ja 130,7 grammaa minuutissa, biokaasulaitoksen mädätejäännöksestä separoidulle kuivajakeelle 130,7 ja 181,3 grammaa minuutissa. Raakalannasta separoitu kuivajae sitoi esitestauksissa 2,1 (211 % aloitusmassasta, korkea kuiva-ainepitoisuus) tai 1,3 (125 %, matala kuiva-ainepitoisuus) kertaa massansa verran nestettä minuutin aikana. Vastaavat luvut mädätejäännöksestä separoidulle kuivajakeelle olivat 1,8 (183 %, korkea kuiva-ainepitoisuus) tai 1,5 (148 %, matala kuiva-aine).

Lisäainetestauksissa mädätejäännöksestä separoitu kuivajae sitoi itseensä minuutin aikana 108,3 (puhdas kontrolli), 89,3 (kuivajakeen ja pajuhakkeen seos), 88,7 (kuivajakeen ja kuitupuristeen seos) tai 98,3 (kuivajakeen ja ruokohelven seos) grammaa nestettä. Tämä tarkoittaa, että kuivajakeen puhdas kontrolli ja kuivikeseokset sitoivat minuutissa 2 (197 % aloitusmassasta, puhdas kontrolli), 1,8 (180 % aloitusmassasta, kuivajakeen ja pajuhakkeen seos), 1,8 (181 % aloitusmassasta, kuivajakeen ja kuitupuristeen seos) tai 2,2 (220 % aloitusmassasta, kuivajakeen ja ruokohelven seos) kertaisen määrän nestettä alkumassaan verrattuna. Tulokset ovat mittauspisteittäin taulukoissa 6 (esitestaus) ja 7 (lisäainetestaus). Nesteensitomiskyky määritettiin lisäainetutkimuksissa vain mädätejäännöksestä separoidulle kuivajakeelle ja sen lisäaineseoksille henkilövuojen vuoksi.

Taulukko 6. Nesteensitomiskyky (grammaa nestettä ja % alkumassasta eli mittauspisteen 1 massasta) esitestauksissa.

	<b>Kuivajakeen lähtöaine ja kuiva-ainepitoisuus (ka)</b>	<b>Raaka- lanta, korkea ka</b>	<b>Raaka- lanta, matala ka</b>	<b>Mädäte- jäännös, korkea ka</b>	<b>Mädäte- jäännös, matala ka</b>
<b>Mittauspiste 2</b>	sidotun nesteen määrä (g)	181,3	163,0	130,7	130,7
	% alkumassasta	147,8	211,0	124,9	182,5
<b>Mittauspiste 3</b>	sidotun nesteen määrä (g)	157,7	146,7	124,3	129,0
	% alkumassasta	128,5	189,8	118,9	180,2
<b>Mittauspiste 4</b>	sidotun nesteen määrä (g)	151,7	140,0	114,3	121,3
	% alkumassasta	123,6	181,2	109,3	169,5
<b>Mittauspiste 5</b>	sidotun nesteen määrä (g)	145,3	136,7	109,7	114,3
	% alkumassasta	118,5	176,9	104,8	159,7
<b>Mittauspiste 6</b>	sidotun nesteen määrä (g)	142,0	134,0	105,0	114,7
	% alkumassasta	115,8	173,4	100,4	160,1
<b>Mittauspiste 7</b>	sidotun nesteen määrä (g)	130,3	125,0	95,3	106,3
	% alkumassasta	106,3	161,8	91,1	148,5

Taulukko 7. Määdätejäännöksen ja lisäaineiden seosten nesteensitomiskyky (grammaa nestettä ja % alkumassasta eli mittauspisteiden 1 massasta) lisäainetestauksissa.

	Lähtö- ja lisäaine	Määdätejäännöksestä separoitu kuivajae, puhdas kontrolli	Määdätejäännöksestä separoitu kuivajae ja pajuhake	Määdätejäännöksestä separoitu kuivajae ja kuitupuriste	Määdätejäännöksestä separoitu kuivajae ja ruokohelpi
<b>Mittaus- piste 2</b>	sidotun nesteen määrä (g)	108,3	89,3	88,7	98,3
	% alkumassasta	197	179,9	181	220,1
<b>Mittaus- piste 3</b>	sidotun nesteen määrä (g)	114,3	94	92,7	101,7
	% alkumassasta	207,9	189,3	189,1	227,6
<b>Mittaus- piste 4</b>	sidotun nesteen määrä (g)	109	89,3	88,5	105,8
	% alkumassasta	198,2	179,9	180,6	236,9



Kuva 14. Nesteensitomisopeuden ja -kyvyn mittaaminen.

#### Lähteet

Alasuutari, S., Palva, R., Elstob, T., Hellstedt, M., Kivinen, T., Louhelainen, K. & Mäittälä, J. 2014. Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta –tutkimushankkeen loppuraportti. Saatavilla: <https://www.ett.fi/wp-content/uploads/2019/07/Kuivitus-osaksi-kannattavaa-lypsykarjataloutta-tutkimushankkeen-loppuraportti.pdf>.

Pahkala, K., Isoaho, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A.-M., Peltonen, M., Sahramaa, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E. & Flyktman, M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. 2.p. MTT. ISSN 1458-5081.

Tikkanen, H. 2021. Esiselvitys kuitusaven kuivikeominaisuuksista – kuitusaven nesteensitomiskyky ja muut ominaisuudet. Savonia-amk opinnäytetyö: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202104276104>.

Viherä-Aarnio, A., Jyske, T. & Beuker, E. (toim.) 2022. Pajut biokiertoaloudessa : Materiaaleja, arvoaineita, ympäristöhyötyjä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2022. Luonnonvarakeskus.

## 2.2 Mikrobiologiset tulokset

### 2.2.1 Kuivajakeiden ja lisäaineiden mikrobiologiaa laboratorio-olosuhteissa

Molempien näytetyyppien ja niiden lisäaineiden mikrobiologista laatua määritettiin yllä esitettyssä laboratoriotestauksessa. Esitestauksen mikrobituloksia hyödynnettiin lisäainetestauksen koeasetelman suunnittelussa ja esitestauksen tuloksia ei esitetä tässä. Lisäainetestauksessa mikrobiologiset näytteet kerättiin puhtaasta raakaliitteestä tai biokaasulaitoksen mädätteestä separoidusta kuivajakeesta tai näiden ja kuitupuristeen, pajun tai ruokohelven seoksista kuusi ja 24 tuntia kuivikeseosten alkuun panosta.

### 2.2.2 Mikrobiologiset analyysit ja tulosten laskenta

Mikrobien määrä näytteistä analysoitiin kahdella menetelmällä: viljelyanalyysillä ja utaretulehdusdiagnostiikassa käytettävällä qPCR-analyysillä. Viljelymäärityksissä näytteessä eläviä mikrobeja kasvatetaan elatusalustoilla, elatusalustalta tunnistetaan halutut mikrobipesäkkeet ja lasketaan pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määrä per gramma näytettä (pmy/g). PCR-analyysissä määritetään näytteessä olevien utaretulehdusta aiheuttavien patogeenien DNA:n määrä, jonka perusteella saadaan luokitteleva arvio näytteen mikrobimäärästä (Taulukko 8) (Mövet 2023). Viljely- ja qPCR-analyysissä määritettävät ja kokeessa havaitut mikrobit on esitetty taulukossa 9.

*Taulukko 8. qPCR-analyysin tulosten tulkinta*

<b>qPCR-tulos</b>	<b>Tulkinta</b>
-	Mikrobi-DNA:ta ei ole havaittu näytteessä
+	Mikrobi-DNA:ta on havaittu näytteessä vähän
++	Mikrobi-DNA:ta on havaittu näytteessä keskinkertainen määrä
+++	Mikrobi-DNA:ta on havaittu näytteessä suuri määrä

Taulukko 9. Viljely- ja qPCR-analysissä määritetyt mikro-organismit ja mikro-organismiryhmät. Laboratoriokokeessa havaitut mikro-organismit on merkitty lihavoinnilla.

Viljelyanalyysi	qPCR-analyysi
<b>Aerobiset mikro-organismit 30 °C (kokonaispesäkemäärä)</b>	<b><i>Arcanobacter pyogenes</i> ja <i>Peptoniphilus (Peptostreptococcus) indolicus</i></b>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Corynebacterium bovis</i>
<b>Hiivat</b>	Enterococcus spp.
<b>Homeet</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>
Koagulaasipositiiviset stafylokokit	<b>Hiivat</b>
<b>Kolimutoiset bakteerit 37 °C</b>	<b><i>Klebsiella oxytoca</i>/<i>Klebsiella pneumoniae</i></b>
<b>Lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit</b>	<b>Koagulaasinegatiiviset stafylokokit (KNS)</b>
	<i>Mycoplasma bovis</i>
	Mycoplasma spp.
	Prototheca spp.
	<b><i>Serratia marcescens</i></b>
	<i>Stafylococcus aureus</i>
	<i>Streptococcus agalactiae</i>
	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>
	<b><i>Streptococcus uberis</i></b>

Viljelyanalyysissä mikrobikasvua arvioitiin pesäkelukumäärän kautta eri laimennostasoilla. Alkuperäinen mittaus on pesäkkeiden lukumäärä/petrialja ja vaihteluväli on 1–800 pesäkettä. Lukumäärämuuttujan voidaan ajatella noudataavan poisson-jakaumaa. Pesäkelaskentatutkimuksessa käytetään apuna bakteeriliuoksen laimennosta, minkä avulla löydetään sopiva taso laskennalle, missä liikakasvu ei täytä maljaa laskentakelvottomaksi. 1/laimennoskerroin skaalaa alkuperäisen pesäkkeiden laskentatuloksen ja sitä voidaan käyttää offset-muuttujana yleistetyssä lineaarisessa (seka)mallissa.

Viljelyanalyysin tuloksiin sovitettiin yleistetty lineaarinen sekamalli, jossa testattiin näytetyypin (mädätteen tai raakalietteen kuivajae), lisäaineen (ei lisäainetta, kuitupuriste, paju, ruokohelppi), ajanhetken (6 h ja 24 h) ja edellä mainittujen yhdysvaikutusten yhteyttä näytteen mikrobimääriin. Jokaiselle vastemuuttujana toimivalle mikrobille/mikrobiryhmälle sovitettiin oma malli. Malleissa käytettiin poisson-jakaumaoletusta (log-linkki) ja 1/laimennoskerroin offset-muuttujaa. Vapausasteiden korjaus tehtiin Kenward-Rogers approksimaatiolla. Tutkimushypoteeseja tutkittiin käsittelykeskiarvojen parivertailuilla ja monivertailutilanteessa käytettiin simulaation perustuvaa p-arvon korjausta. Tilastoanalyysien tulokset konvertoitiin aineiston alkuperäiseen skaalaan eksponenttifunktiolla (ln-funktion käänteisfunktio).



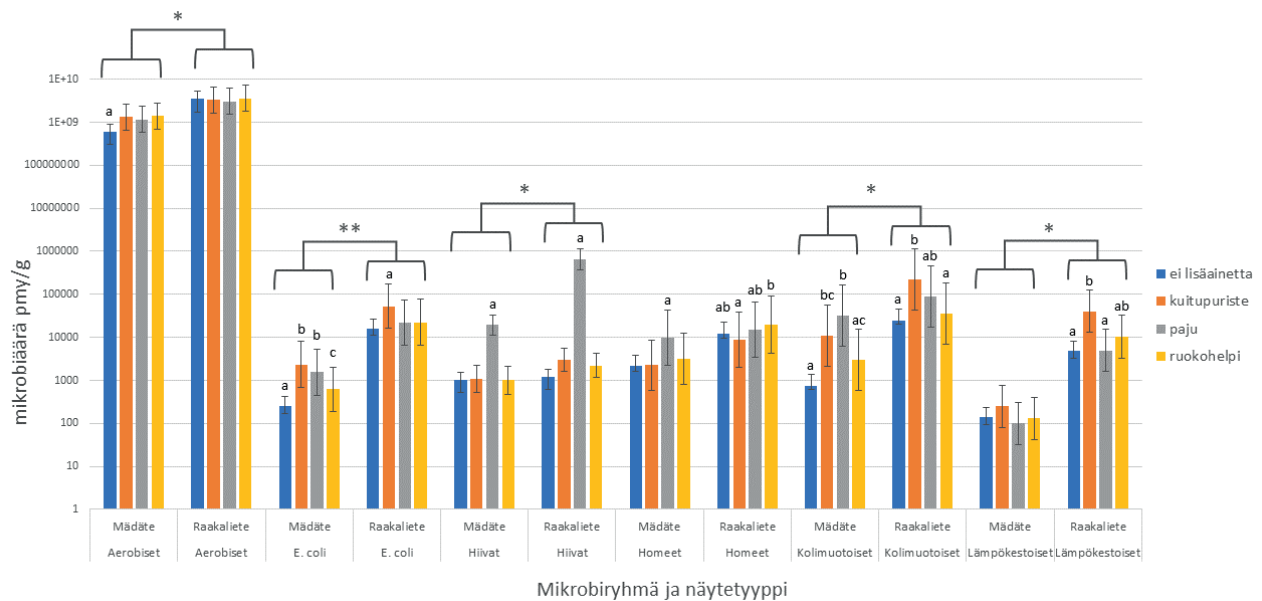
qPCR-tulosten kategorisuuden takia niitä ei analysoitu tilastotieteellisesti ja kaikki esitettävät tulokset ovat kuvailevia.

### 2.2.3 Tulokset

Viljelyanalyseissä havaittiin kaikkia tutkittavia mikrobeja lukuun ottamatta koagulaasipositiivisia stafylokokkeja, joita ei esiintynyt yli määrittäjärajaa yhdessäkään näytteessä. Pääsääntöisesti mädätteestä separoidussa kuivajakeessa oli vähemmän mikrobikasvua kuin raakalietteestä separoidussa kuivajakeessa (Kuva 17). Vain hiivojen osalta näytetyyppien välillä ei ollut eroa. Lisäaineet puolestaan pääsääntöisesti lisäsivät mikrobikasvua. *E. colia* ja kolimuotoisia bakteereita esiintyi kaikissa lisäaineseoksissa enemmän puhtaaseen kuivikemateriaaliin nähden: *E. colia* eniten kuitupuristeessa, 5,6-kertainen määrä puhtaaseen kuivajakeeseen nähden ( $p < 0,0001$ ), ja kolimuotoisia eniten kuitupuristeessa ja pajussa, 11,5- ja 12,3-kertainen määrä puhtaaseen kuivajakeeseen nähden ( $p < 0,0001$ ). Lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereita oli eniten kuitupuristeseoksissa, 2,7–4,5-kertainen määrä muihin vertailtaviiin kuivikkeisiin nähden ( $p < 0,02$ ). Hiivoja esiintyi selvästi eniten pajuseoksissa: muihin lisäaineseoksiin nähden määrä oli noin 60–70-kertainen ja puhtaaseen kuivajakeeseen nähden yli satakertainen ( $p < 0,0001$ ). Pajuseoksissa oli myös homeita enemmän, mutta kertaluokat olivat huomattavasti pienempiä muihin kuivikkeisiin nähden, noin 1,5–2,5-kertaisia ( $p < 0,001$ ).

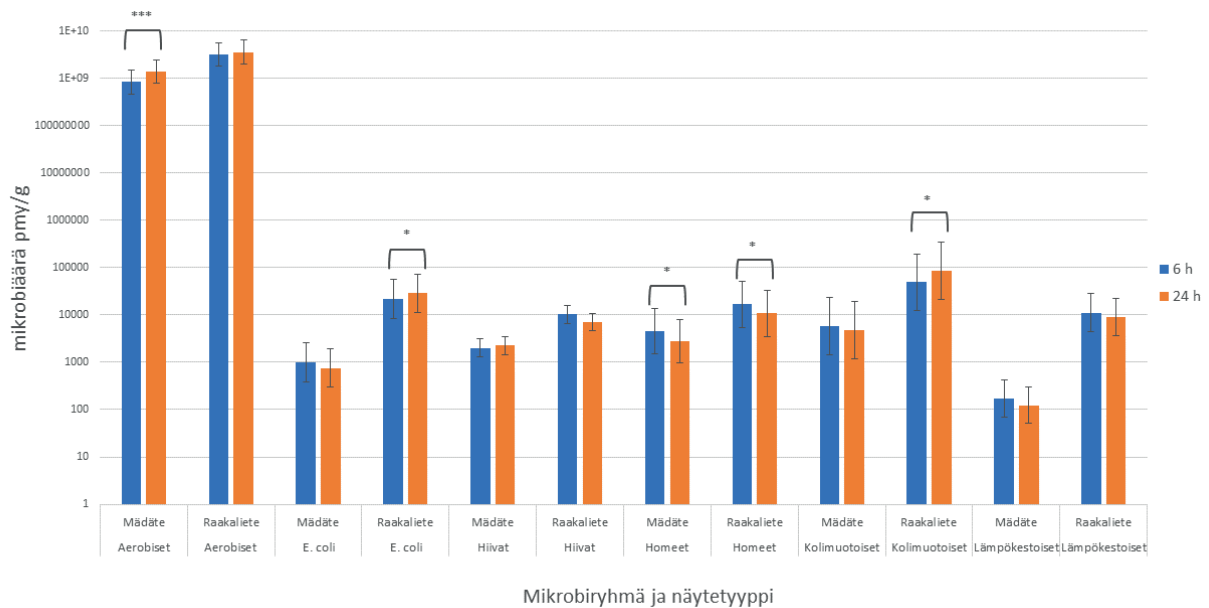
Lisäaineet käyttäytyivät osittain eri tavalla eri näytetyypeillä (Kuva 18). Aerobisia mikro-organismeja esiintyi yli puolet vähemmän puhtaassa mädätteen kuivajakeessa verrattuna sen lisäaineseoksiin ( $p < 0,01$ ), mutta raakalietteen kuivajakeessa aerobisten määrissä ei ollut tilastollista eroa vertailtavien seosten kesken. Myös *E. colin* ja kolimuotoisten bakteereiden osalta puhtaassa mädätteessä kasvua esiintyi kaikista vähiten, 2–40 % lisäaineseosten kasvusta ( $p < 0,01$ ) eron ollessa pienin ruokohelpeen nähden. Lisäksi kuitupuristeseoksessa oli *E. colia* ja kolimuotoisia bakteereita noin 3,7-kertainen määrä ( $p < 0,05$ ) ja pajuseoksessa *E. colia* 2,4- ja kolimuotoisia 10,6-kertainen määrä ( $p < 0,001$ ) ruokohelpiseokseen nähden. Raakalietteen osalta kuitupuristeseoksessa oli *E. colia* 3,4 kertaa enemmän kuin puhtaassa raakalietteessä ( $p < 0,0001$ ) ja 2,4 kertaa enemmän kuin muissa lisäaineseoksissa ( $p = 0,0022$ ). Sama ilmiö kuitupuristeseoksen ja puhtaan raakalietteen välillä oli havaittavissa myös kolimuotoisissa bakteereissa eron ollessa 9,1-kertainen ( $p = 0,0009$ ), mutta lisäaineseoksista vain kuitupuristeseoksen ja ruokohelpiseoksen välillä oli eroa ( $p = 0,0053$ ). Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereiden määrissä oli havaittavissa eroja puolestaan vain raakalietteen kuivajakeessa ja sen seoksissa: kuitupuristeseoksessa bakteerikasvua oli 8,1 kertaa enemmän verrattuna puhtaaseen kuivajakeeseen ( $p = 0,0002$ ) ja pajuseokseen ( $p = 0,0001$ ) ja 3,9 kertaa enemmän ruokohelpiseokseen nähden ( $p = 0,005$ ).

Hiivoja esiintyi molemmilla näytetyypeillä eniten pajuseoksissa: mädätteellä määrä oli muihin kuivikkeisiin nähden noin 17–20-kertainen ja raakalietteellä noin 200–500-kertainen ( $p < 0,0001$ ). Pajuseoksessa oli eniten myös homeita, kun näytetyyppi oli mädätteen kuivajae ( $p < 0,001$ ), mutta raakalietteen kuivajakeessa ainoa merkitsevä ero oli ruokohelpiseoksen ja kuitupuristeseoksen välillä; ruokohelpiseoksessa homeita kasvoi 2,3 kertaa enemmän kuitupuristeseokseen nähden ( $p = 0,004$ ).



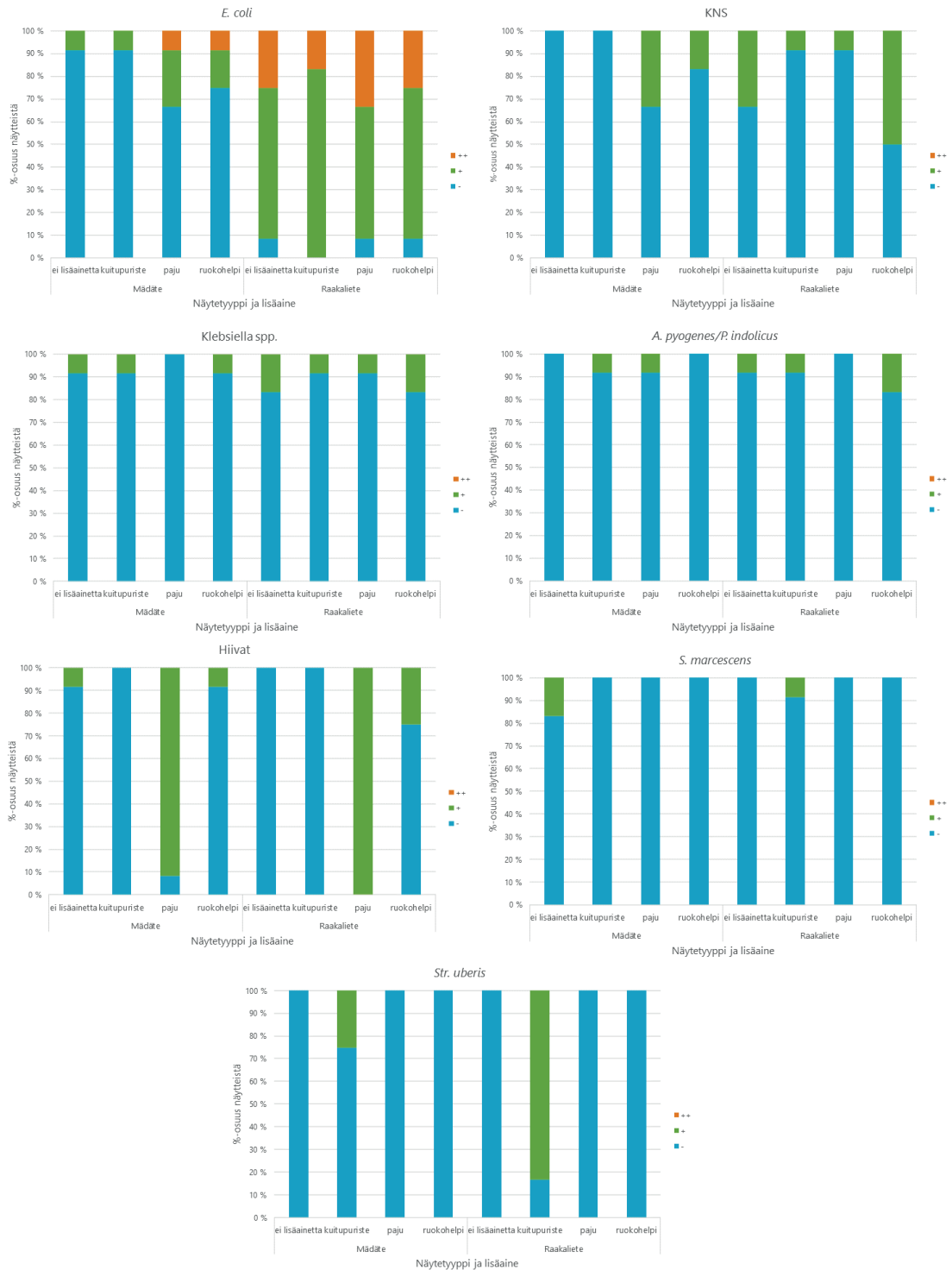
Kuva 15. Näytetyyppien väliset erot mikrobimäärissä (\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ ) ja lisäaineiden väliset erot mikrobimäärissä näytetyypeittäin (eri kirjaimet osoittava tilastollista eroa  $p < 0,01$  lisäaineiden välillä; 95 % luottamusväli). Aerobiset = aerobiset mikro-organismit 30 °C, Kolimuotoiset = kolimuotoiset bakteerit 37 °C, Lämpökestoiset = lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit. Näytteissä ei kasvanut koagulaasipositiivisia stafylokokkeja yli määrittämissä rajoissa.

Aerobisten mikro-organismien määrä kasvoi 1,4-kertaiseksi ( $p = 0,0001$ ) ja homeiden määrä laski noin 40 %-yksikköä ( $p = 0,001$ ) kuudesta tunnista 24 tuntiin. Näytetyypeittäin tarkasteltuna ja lisäaineet huomioiden aerobisten mikro-organismien määrän kasvu ajan myötä oli merkitsevää vain mädätteen kuivajakeella ( $p < 0,0001$ ) (Kuva 18) ja vain sen lisäaineseoksilla ( $p < 0,05$ ). Puhtaassa mädätteen kuivajakeessa ero ajanhetkien välillä ei ollut havaittavissa. Homeiden määrä puolestaan laski näytetyypistä riippumatta ainoastaan puhtaissa kuivajakeissa ( $p = 0,0068$ ). Lisäaineseoksissa homeiden määrässä ei havaittu tilastollista eroa ajanhetkien välillä. *E. coli*n ja kolimuotoisten bakteerien määrä kasvoi suuntaa antavasti raakalietteen kuivajakeessa kuudesta tunnista 24 tuntiin ( $p < 0,05$ ) (Kuva 18). Ero ajanhetkien välillä oli nähtävissä lähinnä raakalietteen kuivajakeen kuitupuristeseoksessa, jossa *E. coli*n määrä kasvoi ajan myötä kaksinkertaiseksi ( $p = 0,01$ ) ja kolimuotoisten bakteerien määrä 3,5-kertaiseksi ( $p = 0,006$ ).



Kuva 16. Erot mikrobimäärissä ajanhetkellä 6 h ja 24 h näytetyypeittäin (\* $p < 0,05$ , \*\*\* $p < 0,0001$ ; 95 % luottamusväli). Aerobiset = aerobiset mikro-organismit 30 °C, Kolimuotoiset = kolimuotoiset bakteerit 37 °C, Lämpökestoiset = lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit. Näytteissä ei kasvanut koagulaasipositiivisia stafylokokkeja yli määritysrajan.

qPCR-analyysin mukaan kuivikenäytteissä esiintyneet mikro-organismit on esitetty taulukossa 9. *E. coli* lukuun ottamatta näytteissä esiintyneiden mikrobien DNA:ta eristettiin vain vähäisiä määriä (+) (Kuva 19). Myöskään *E. coli* DNA:ta ei eristetty yhdessäkään näytteessä suurta määrää (+++). *E. coli* ja hiivojen osalta tulokset olivat samansuuntaiset kuin viljelyanalyysissä: *E. coli* esiintyi raakalietteen kuivajakeessa enemmän kuin mädätteen kuivajakeessa, ja hiivoja esiintyi pääasiassa kuivajakeiden pajuseoksissa. *Str. uberista* esiintyi ainoastaan kuivajakeiden kuitupuristeseoksissa. Muiden esiintyneiden mikrobien osalta DNA:ta eristettiin satunnaisista näytteistä eikä esiintymisessä näyttänyt olevan johdonmukaisuutta näytetyypin, lisäaineen tai ajanhetken suhteen.



Kuva 17. Mikrobimäärät näytetyypeittäin ja lisäaineittain qPCR-analysissä eristety DNA:n perusteella.

### 2.3 Yhteenveto laborioritestausten tuloksista

Laboratio-olosuhteissa mädätteen kuivajakeessa oli pääsääntöisesti vähemmän mikrobeja kuin raakalietteestä separoidussa kuivajakeessa. Biokaasulaitoksen anaerobinen mädätysprosessi vaikuttaa lietteen mikrobimääriin ja onkin havaittu, että käyttämättömässä mädätteen kuivajakeessa on vähemmän mikrobeja kuin raakalietteen kuivajakeessa (Husfeldt ym. 2012). Navettaolosuhteissa käytetyissä kuivajakeissa erot ovat kuitenkin enää vähäisiä mädätteen ja raakalietteen välillä. On kuitenkin syytä huomioida, että esimerkiksi Iso-Britanniassa mädätteestä separoidun kuivajakeen käyttö kuivikkeena on kielletty muun muassa lämpöresistenttien mikrobien riskin takia (AFPA 2016). Tässä testauksessa havaittiin, että lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereja mädätteen kuivajakeessa oli kuitenkin vähemmän kuin raakalietteen kuivajakeessa. Muita elintarvikehygienian kannalta merkittäviä lämpöresistenttejä mikrobeja ei tässä kokeessa tutkittu.

Lisäaineita käytetään kuivajaekuivikkeen seassa parantamaan sen fysikaalisia ominaisuuksia tai mikrobiologista laatua. Kuivajae on pH:ltaan neutraalia (pH=7) tai hieman emäksistä (pH>7), jolloin emäksisyyttä lisäävä lisäaine teoriassa heikentää mikrobien kasvuolosuhteita (Hogan ym. 1999). Tässä testauksessa käytettyjen lisäaineiden havaittiin pääasiassa lisäävän bakteerikasvua. Niiden pH oli lähellä neutraalia, jolloin ne eivät todennäköisesti ole kovin tehokkaita hillitsemään mikrobikasvua. Toisaalta 20 tilavuus-%:n lisäainemäärä ei näyttänyt merkittävästi alentavan kuivajakeen pH:ta.

Etenkin kuitupuriste oli yhteydessä eri kolimuotoisten bakteerien kasvuun, kun taas paju edisti hiivojen ja homeiden kasvua kuivajakeissa. PCR-tulosten perusteella kuitupuristeseokset sisälsivät myös ympäristöperäisiä streptokokkeja. Ruokohelpiseoksissa ero puhtaisiin kuivajakeisiin oli yleensä pienin, homeita luukun ottamatta.

Laboratio-olosuhteissa ajanhetkellä ei ollut merkittävää vaikutusta bakteerikasvuun; vain mädätteen kuivajakeessa kokonaismikrobimäärä kasvoi ajan myötä. Tulos on mielenkiintoinen, sillä navettaolosuhteissa tehdyissä tutkimuksissa mikrobimäärien on havaittu kasvavan parressa olevassa kuivikkeessa ajan myötä (Robles ym. 2020, Frondelius ym. 2024). Onkin mahdollista, että sen sijaan, että kuivajakeessa itsessään olevat mikrobit lähtisivät räjähdysmäiseen kasvuun, kuivajae tarjoaakin vain kasvualustan navettaympäristössä eläville mikrobeille. Cole & Hogan (2016) esittivätkin, että patogeenien pääasiallinen lähde kuivikkeessa on lehmien jalkojen mukana parsiin siirtyvä sonta. Laborioritestausten tulokset osaltaan puoltavat muiden raportoimia tuloksia, että tiheä kuivitusväli on tehokas tapa hallita parren mikrobikuormaa (Janzen ym. 1982, Sorter ym. 2014, Robles ym. 2020).

Yhteenvetona voidaan todeta, että laborioritestausten perusteella paju ja puuteollisuuden sivuvirtana syntyvä kuitupuriste eivät sovellu kuivajaekuivikkeen lisäaineiksi. Ruokohelpi voi ominaisuuksiensa perusteella soveltua teoriassa kuivajakeen seassa käytettäväksi.

## Lähteet

- APHA. 2016. Conditions of Use in Relation to the Use of Recycled Manure Solids as Bedding for Dairy Cattle. Department for Environment, Food & Rural Affairs and Animal and Plant Health Agency, AB143 (Rev. 01/17). 3 s.
- Cole, K.J. & Hogan, J.S. 2016. Environmental mastitis pathogen counts in freestalls bedded with composted and fresh recycled manure solids. *Journal of Dairy Science* 99: 1501–1505.
- Frondelius, L., Lindeberg, H., Ruuska, S. & Pyykkönen, V. 2024. Tuhkalla kuivajaekuivikkeen mikrobit hallintaan? Julkaisussa: Pyykkönen, V. & Virkkunen, E. (toim.). Uusia menetelmiä ravinteiden ja orgaanisen aineen kierron tehostamiseen karjatiljoilla : OrVo-hankkeen tulosjulkaisu. Julkaistaan Luonnonvarakeskuksen raporttisarjassa Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus.
- Hogan, J.S., Bogacz, V.L., Thompson, L.M., Romig, S., Schoenberger, P.S., Weiss, W.P. & Smith, K.L. 1999. Bacterial counts associated with sawdust and recycled manure bedding treated with commercial conditioners. *Journal of Dairy Science* 82: 1690–1695.
- Husfeldt, A.W., Endres, M.I., Salfer, J.A. & Janni, K.A. 2012. Management and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest freestall dairy herds. *Journal of Dairy Science* 95: 2195–2203.
- Janzen, J.J., Bishop, J.R., Bodine, A.B., Caldwell, C.A. & Johnson, D.W. 1982. Composted dairy waste solids and crushed limestone as bedding in free stalls. *Journal of Dairy Science* 65: 1025–1028.
- Movet. 2023. Utaretulehdus. <https://www.movet.fi/tutkimukset/utaretulehdus-pcr-15-patogeenia-betalaktamaasi-geeni/> Haettu Internetistä 21.8.2023.
- Robles, I., Kelton, D.F., Barkema, H.W., Keefe, G.P., Roy, J.P., von Keyserlingk, M.A.G. & DeVries, T.J. 2020. Bacterial concentrations in bedding and their association with dairy cow hygiene and milk quality. *Animal* 14: 1052–1066.
- Sorter, D.E., Kester, H.J. & Hogan, J.S. 2014. Bacterial counts in recycled manure solids replaced daily or deep packed in freestalls. *Journal of Dairy Science* 97: 2965–2968.

#### 2.4 Kuivikealustaan liittyvä utaretulehdusongelma Luke Maaningan lypsykarjassa Heli Lindeberg, Luke

Kuivajakeen ja kompostialustojen kuivikekäytön myötä yhdeksi uudeksi utaretulehduksen aiheuttajaryhmäksi ovat nousseet satunnaiset nopeasti kasvavien ei-tuberkuloottisten mykobakteerien aiheuttamat utaretulehdukset (Ghielmetti ym. 2017, Supré ym. 2019). Mykobakteerit ovat kaikkialla ihmisten ja eläinten elinympäristössä esiintyviä grampositiivisia *Mycobacteriaceae*-sukuun kuuluvia aerobisia sauvabakteereita. Luke Maaningan makuuparsipihatton laajan koko navettarakennuksen kattavan remontin (kesästä 2021 kevääseen 2023) yhteydessä, jossa navetta muutettiin lypsyasema-makuuparsipihatosta robotti-syväparsipihatoksi, ilmeni seitsemällä lypsylehmällä utaretulehdus, jonka taudinaiheuttajaksi Ruokavirastossa määritettiin *Mycobacterium smegmatis*. Utaretulehdukseen sairastuneet seitsemän lehmää olivat 2–5 kertaa poikineita. Kuusi lehmistä oli Ayrshire ja yksi Holstein -rotuisia. Lehmien edellinen 305 päivän maitotuotos vaihteli välillä 7 530–11 347 kg. Lehmien keskimääräinen kuntoluokka loppulypsykaudella (keskimäärin 329 vrk lypsyssä) oli 3,63 ja viikko poikimisen jälkeen 3,68. Lehmät olivat poikimisen jälkeen olleet keskimäärin 44 vrk lypsyssä (vaihtelu 7–117 vrk) *M. smegmatis*-diagnoosin varmistuttua. *M. smegmatis*-taudinaiheuttaja eristettiin kolmen lehmän kahdesta neljänneksestä ja neljän lehmän yhdestä neljänneksestä. Kuusi tartunnan saaneista neljänneksistä oli etuneljänneksiä ja neljä takaneljänneksiä. Kaikki tartunnan saaneet *M. smegmatis*-neljännekset umpeutettiin, neljä lehmistä poistettiin karjasta ja kolme lehmää on edelleen karjassa.

Remontoidun navetan syväparsien perustamiseen marras-joulukuussa 2021 käytettiin olkirouhetta noin 5–10 cm/parsi, jonka päälle levitettiin useiden päivien aikana moottorikäyttöisellä levityslaitteella (Bobman S, Jydeland Maskinfabrik A/S, Tanska) kerros kuivajaetta, jonka kuiva-aine vaihteli välillä 24–28 % (Frondelius ym. 2020). Kuivajaetta ei saatu kuivemmaksi tilan vanhalla kuivikeseparaattorilla (Bauer Separator S 655, Bauer GmbH, Itävalta, seulan koko 0,5 mm), jonka vuoksi käynnistettiin yli vuoden kestänyt uuden separaattorin hankintaprosessi. Uusi separaattori (Bauer Separator S 655, Bauer GmbH, Voitsberg, Itävalta) saatiin heinäkuussa 2023 säädettyä niin, että kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus oli aluksi 31–34 % ja elokuussa 2023 noin 34–38 %. Navetan normaali-käytäntöjen mukaisesti syväparsia kuivitettiin 28.12.2021 alkaen päivittäin moottorikäyttöisellä pienkuormaajalla (Flexitrac, Model 810/1126, Trejon AB, Vännäsby, Ruotsi), johon liitettyllä kuivikkeenlevittimellä (Beltscoop 700 kuivituskauha (tilavuus 700 litraa), Nytek, Reisjärvi, Suomi) kuivajaetta ripoteltiin parsiin 1–3 kauhallista päivässä sen mukaan, miten sitä oli saatavilla. Syväparsien uudelleen perustaminen aloitettiin heinäkuussa 2023 (Kuva 20).

Kesällä 2022 lypsylehmien laidunkokeen aikana kaikki lypsylehmät olivat aluksi 6 tuntia päivässä laitumella. Nopeasti laidunkokeen alkamisen jälkeen ongelmaksi muodostuivat lypsylvälien pidentyminen ja osan lehmistä somaattisten solujen lukumäärän (SCC) kohoaminen miljooniin soluihin/ml maitoa. Tankkimaidon solujen raja-arvo 200 000/ml ylittyi 28.6.–15.7.2022 välisenä aikana neljä kertaa. Lehmä, joiden lypsy oli myöhässä, oli normaalia paljon enemmän ja useita uusia *Klebsiella*, *E.coli* ja koagulaasinegatiivisia stafylokokki (KNS) -utaretulehduksia ilmaantui kesäkuu-elokuu 2022 välisenä aikana, joista kaksi johti lehmän poistoon karjasta. Ongelma rauhoittui osin jo laidunkauden aikana, kun laidunnusaikaa lyhennettiin neljään tuntiin päivässä ja soluttavia lehmiä pidettiin loppulaidunkauden ajan sisällä ja niiden lypsylväli saatiin normalisoitua huolehtimalla aktiivisesti lehmien lypsylle menosta.



*Kuva 18. Vasemmalla on lypsyosastolle perustettu syväparsi 17.12.2021 (Kuva Anna Korhonen) ja oikealla saman osaston syväparsi tyhjennyksessä 5.8.2023 (Kuva Teemu Karttunen). Syväparsia kaivinkoneella tyhjennettäessä paljastui tummempi vanhan separaattorin tuottama märkä ja maatunut kuivajakerros.*

Navetassa ilmeni lietteen kulkeutumisongelma keväällä 2022. Umpieläinten osastolla keskellä navettaa uloste seiso ja sen taso nousi ritiläpalkkeihin asti. Ammoniakin haju oli voimakas, eikä tuuletus ollut riittävä poistamaan kaasuja. Tämän seurauksena separoitava liete oli liian vetistä eikä separointi onnistunut joko ollenkaan tai mikäli saatiin separoitua, lopputuote oli liian kosteaa. Lopputuotetta käytettiin kuitenkin kuivitukseen ja yritettiin jakaa mahdollisimman ohut kerros, jonka toivottiin kuivuvan syväparren päällä. Separointiongelmien ja kuivajakeen riittämättömyyden vuoksi syväparret olivat vajaatäytöllä, kuivikemateriaali siirtyi syväparren reunoille lehmien käyttäessä parsia ja lehmien makuukohta pysyi kuopalla. Kesäkuussa 2022 osa lypsylehmien syväparsista käytiin talikolla läpi ja osasta parsista purettiin märkä kuivajae parren peräosasta pois ja tilalle laitettiin uutta olkirouhetta ja lisättiin kerroksittain kuivajae. Lietteen kulkeutumisongelman vuoksi elokuun 2022 viimeisten kahden viikon aikana umpiosaston lietekuilu tyhjennettiin kaivinkoneella. Lietettä pumpattiin separointiin traktoripumpulla ja syyskuussa 2022 tähän tarkoitukseen asennettiin sähköpumppu. Umpiosaston lietekaivo tukkeutui uudelleen keväällä 2023, jonka jälkeen se uudelleen tyhjennettiin kaivinkoneella ja tämän jälkeen lietteen kierrätyksessä on käytetty traktoriin yhdistettyä lietepumppua (Livakka Oy, Syväniemi, Suomi), jolla imetään ja työnnetään separoinnista tuleva neste takaisin navetan puolelle ja yritetään apuvoimin pitää lietteen kulkeutumista navetassa yllä.

Mykobakteeriongelma alkoi elokuussa 2022. Sairastuneiden lehmien tyypilliset oireet olivat voimakas maidon SCC:n nousu miljooniin soluihin/ml. Osan lehmistä maidossa oli hiutaleita ja California Mastitis Test (CMT) -testin tulos kuuden lehmän neljänneksistä oli 5 ja yhden lehmän neljänneksestä 3. Tulehtuneet neljännekset olivat voimakkaasti turvonneita. Yhdelläkään lehmistä ei ollut yleisoireita. Utaretulehdus on vakavasti lypsylehmän hyvinvointia huonontava sairaus. Maidontuottajien ja kuluttajien keskuudessa eläinten hyvinvoinnin katsotaan olevan yhä tärkeämmässä asemassa (Barkema ym. 2015). Ghielmetti ym. (2017) osoitti huonolaatuisen kompostoidun biohajoavan jätteen olevan yhteydessä *M. smegmatis*-utaretulehdukseen. Lypsylehmien lannasta separoidun kuivajakeen



epäiltiin olevan uskottava lähde *M. smegmatis* -utaretulehdukselle kuivitetuissa syväparsissa (Supré ym. 2019), mutta tutkijat pitivät mahdollisena myös yhteyttä utaretulehdushoitoihin. Kummassakaan tutkimuksessa kuivikemateriaalista ei tehty lisätutkimuksia. Myös Luke Maaningan lypsykarjassa kuivikkeena käytetyn kuivajakeen voidaan epäillä vaikuttaneen *M. smegmatis* -utaretulehduksen ilmenemiseen karjassa.

Luke Maaningan tapauselostus kuvaa seitsemän lypsylehmän utaretulehduksen aiheuttajaksi *M. smegmatis* -bakteerin ensimmäistä kertaa Suomessa. Ympäristöperäinen *M. smegmatis* -tartunta voi olla lähtöisin esimerkiksi kuivikemateriaalista. Luke Maaningan navetan syväparsien perustaminen epäonnistui siinä mielessä, että olkirouhe, jota laitettiin syväparren pohjalle, kelpasi hyvin lehmille syötäväksi. Useaan parteen jäi olkirouhetta liian vähän ja päälle jaettiin sitten kuivajaetta, joka oli liian märkää. Parsien perustaminen piti tehdä liian lyhyessä ajassa, joten on mahdollista, että kuivajaetta jaettiin liian paksu kerros kerralla eikä se enää parressa kuivunut tarpeeksi. On myös mahdollista, että kuivajakeen saantivaikkeuksien vuoksi parsia ei saatu täytettyä riittävästi, jolloin parret eivät toimineet kunnolla. Ne olivat jatkuvasti hieman kuopalla ja monen parren kuivike oli selkeästi liian kostea ja pääsi osin maatumaan. Tilanne oli otollinen ympäristöperäisten utaretulehdusaiheuttajien selviytymiselle syväparsissa ja siirtymiselle syväparsista lehmien utareeseen. Syväparsien käyttöönoton jälkeen esimerkiksi ympäristöperäiset *Klebsiella pneumoniae* aiheuttamat utaretulehdukset lisääntyivät karjassa mukaan lukien vakavat tulehdukset, joissa lehmä menetettiin. Tämä tukee Fréchette ym. (2021) esittämää *Klebsiella* spp. -taudinaiheuttajien kykyä pystyä lisääntymään kuivajakeen tyyppisessä materiaalissa käytön aikana makuuparsissa. Luke Maaningan navetan lypsylehmien osastolle tulo robotilta on järjestetty niin, että lehmät saapuvat osastolle osaston päästä, josta alkaa heti sekä ruokintapöytä että syväparsirivi, joten lehmät voivat valita joko siirtymisen syömään tai makaamaan. Makuulle haluavat lehmät pääsevät makaamaan alle 5 minuutissa robotilta poistumisen jälkeen, jolloin nännien sulkijalihakset ovat vielä avoinna ja utaretulehduksen aiheuttajilla on pääsy utareeseen syväparresta.

*M. smegmatis* -utaretulehdusongelma Luke Maaningan lypsykarjassa oli todennäköisesti usean sopivasti samanlaisesti aiheutuneen tekijän summa. Navetan muutostöiden aiheuttaman lypsylehmien pitkäaikaisen stressin voidaan katsoa heikentäneen lehmien vastustuskykyä ja nimenomaan epätyypillisten eli ei-tuberkuloottisten mykobakteereiden raportoidaankin olevan yleisiä taudinaiheuttajia potilailla, joiden vastustuskyky on heikentynyt vakavasti (Bercovier ja Vincent 2001). Lehmien elinympäristössä syväparsien perustamisen epäonnistuminen liian määrällä lannasta separoidulla kuivajakeella, joka maatui syväparsissa, kuivajakeen valmistamisen ja navetan lietteenkulun ongelmat sekä kesän 2022 laidunkoe, jossa osan lehmistä lypsyväliä pitenivät epäedullisiksi, olivat kaikki osaltaan luomassa olosuhteet, joissa ympäristöperäinen taudinaiheuttajakkeeri käytti hyväkseen vallitsevaa tilannetta ja pystyi aiheuttamaan utaretulehduksen yksittäisille pitkäaikaisen stressin vaivaamille lehmille. Tilanteen korjaamiseksi ja uusien *M. smegmatis* -utaretulehdusten ilmaantumisen estämiseksi syväparret perustetaan uudelleen heinä-syyskuun 2023 aikana. Vastaavien tilanteiden välttämiseksi muilla suomalaisilla kuivajaetta käyttävillä lypsykarjatilastoilla olisi suositeltavaa laatia valtakunnallinen ohjeistus, miten syväparsi tulee perustaa ja hoitaa oikeaoppisesti. Englantilaisissa kuivajakeen käyttöohjeissa Walesin lypsykarjoille määritellään käytettävän kuivajakeen kuivaainepitoisuudeksi yli 34 % ja kuivajakerroksen paksuudeksi syväparsissa korkeintaan 15 cm (<https://www.gov.wales/sites/default/files/publications/2017-08/recycle-manure-solids-as-cattle-bedding-conditions-of-use.pdf>). Luke Maaningan lypsykarjassa marraskuussa 2021 perustetuissa syväparsissa nämä ohjeistukset eivät täyttyneet.

Syväparsia on selkeästi hoidettava päivittäin, jotta ne pysyvät tasaisesti täynnä eivätkä painu kuopalle, mikä oli selkeä ongelma Luke Maaningan navetassa. Kuten Kanadassa (Beauchemin ym. 2022) kuivajakeen tuotantoa tai käyttöä ei myöskään Suomessa ohjata lailla, mikä väistämättä johtaa hyvin erilaisiin kotikutoisiin menetelmiin kuivajakeen valmistuksessa ja käytössä, josta on lopputuloksena joko tilan olosuhteisiin hyvin/kohtalaisesti toimiva kuivatusmenetelmä tai huonoimmillaan niin ei-toimiva, että joudutaan jälleen investoimaan uuteen järjestelmään.

#### Lähteet

Barkema, H.W, Von Keyserlingk, M.A., Kastelic, J.P., Lam, T.J., Luby, C., Roy, J.P., Leblanc, S.J., Keefe, G.P. & Kelton, D.F. 2015. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *J Dairy Sci* 2015 (98): 7426-7445. doi.org/10.3168/jds.2015-9377

Beauchemin, J., Fréchette, A., Thériault, W., Dufour, S., Fravallo, P. & Thibodeau, A. 2022. Comparison of microbiota of recycled manure solids and straw bedding used in dairy farms in eastern Canada. *J Dairy Sci* 2022(105):389-408. doi.org/10.3168/jds.2021-20523

Bercovier, H. & Vincent, V. 2001. Mycobacterial infections in domestic and wild animals due to *Mycobacterium marinum*, *M. fortuitum*, *M. chelonae*, *M. porcinum*, *M. farcinogenes*, *M. smegmatis*, *M. scrofulaceum*, *M. xenopi*, *M. kansasii*, *M. simiae* and *M. genavense*. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 2001;20(1): 265-290. doi.org/10.20506/rst.20.1.1269.

Fréchette, A., Fecteau, G., Côté, C. & Dufour, S. 2021. Clinical mastitis incidence in dairy cows housed on recycled manure solids bedding: a Canadian cohort study. *Front Vet Sci* 2021(8): 742868. doi.org/10.3389/fvets.2021.742868

Frondelius, L., Lindeberg, H. & Pastell, M. 2020. Recycled manure solids as a bedding material: udder health, cleanliness and integument alterations of dairy cows in mattress stalls. *Agric Food Sci* 2020(29): 420-431. doi.org/10.23986/afsci.95603

Ghielmetti, G., Corti, S., Friedel, U., Hübschke, E., Feusi, C. & Stephan, R. 2017. Mastitis associated with *Mycobacterium smegmatis* complex members in a Swiss dairy cattle herd: compost bedding material as a possible risk factor. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2017;159(12): 673-676. doi.org/10.17236/sat00140

Supré, K., Roupie, V., Ribbens, S., Stevens, M., Boyen, F. & Roles, S. 2019. Short communication: *Mycolicibacterium smegmatis*, basonym *Mycobacterium smegmatis*, causing pyogranulomatous mastitis and its cross-reactivity in bovine (para)tuberculosis testing. *J Dairy Sci* 2019(102): 8405-8409 doi.org/10.3168/jds.2019-16610

### 3 KUIVIKETESTAUS LUKE MAANINGAN TUTKIMUSNAVETASSA 2023

*Auvo Sairanen, Luke ja Mira Haapalainen, Luke*

*Kuvat Mira Haapalainen*

#### 3.1 Kuiviketestauksen taustaa

Maaningan tutkimusnavetassa kokeiltiin 2023 vuoden aikana eri kuivikemateriaaleja: pajuhaketta, hiekkaa, olkea, separoitua kuivajaetta, olkirouhetta sekä ruokohelpeä. Vaihtoehtoista pajuhake on vähiten testattu vaihtoehto. Käyttökohteina kuivikkeilla olivat lypsylehmien syväparret, kestokuivikealueet, nuorten hiehojen parsipedit sekä juotossa olevien vasikoiden ryhmäkarsina. Kuivikemateriaalitestauksen yleisenä tavoitteena oli testata kuiviketurpeelle korvaavia vaihtoehtoja.

#### 3.2 Vastapoikineiden kestokuivikealue (VIC)

##### 3.2.1 Tausta

Kestokuivikealue on lehmän makuumukavuuden kannalta hyvä vaihtoehto, mutta se vaatii oikeanlaista ylläpitoa, jotta alue pysyy puhtaana eikä lisää esimerkiksi utaretulehdusten riskiä. Tämän kokeen tavoitteena oli luoda toimiva kestokuivikekonsepti lypsylehmille. Kuivikealueen pohjana käytettiin vaihtoehtoisesti hiekkaa tai tuoretta pajuhaketta (Kuva 21). Hiekka on hyvin tyyppillinen pohjakerroksessa käytetty materiaali toisin kuin pajuhake. Pajuhake sisältää tuoreena antibakteerisia aineita ja on itsessään huono kasvualusta utaretulehdusbakteereille. Hitaasti maatuvana se lisää hiilisyötettä peltoon, kun kuivikekompostia hyödynnetään kynnetyllä alueella. Puupitoisen kompostin huono puoli peltokäytössä on lahoamisprosessin vaatima typpi, jolloin puuainees vähentää kasveille käyttökelpoisen typen määrää.

Pajun kuivikekäytön suurin motiivi on maan hiilensidonnin lisääminen. Pajua voi kasvattaa heikkokuntoisilla ja veden vaivaamilla lohkoilla, joille ei muuten löydy hyötykäyttöä. Paju saa tällä hetkellä perustuen, mutta ei muita lisäisiä tukia. Yksi vaihtoehto pajun kuivituskäytön lisäämiselle olisi kompensatiokauppa. Maatila voisi myydä hiilikrediittejä viljelemällä pajua ja palauttamalla pajumassaa viljelykiertoon. Ilman kompensatiokauppaa toiminta ei ole taloudellisesti järkevää. Pajunkäytön mahdollistamiseksi sen vertailukelpoiset ominaisuudet kestokuivitusvaihtoehdossa tulee testata.

##### 3.2.2 Toteutus

Pajua ja hiekkaa verrattiin kestokuivitusalueen pohjakerroksena vastapoikineiden VIC-kuivitusalueella, sekä poikimista odottavien Close Up-alueella VIC-alueen koko oli 119 m<sup>2</sup> ja Close Up:n 29 m<sup>2</sup>. Kestokuivitusalueen lisäksi osastossa oli rutilälattiaa ruokintapöydän edustalla. Pohjamateriaalin tarkoitus on pitää pinnalle levitettävä olkikerros paikoillaan ja osaltaan salaojittaa kuivikekerroksesta erittyvää nestettä. Karsina-alueella ei ole erillistä suotones-teidenerotusta. Kuivikealue pysyy riittävän kuivana kuivikemateriaalin lisäämisen ja nesteosan haihtumisen kautta. Kestokuivike alkaa kompostoitua, mikä tehostaa nesteen haihtumista.



Kuva 19. Kestokuivikealueen pohjakerros pajuhakkeella (vas.) ja hiekalla (oik.).

Paju oli korjattu ja varastoitu rankana viikko ennen haketusta tammikuussa 2023. Pajuhakkeen määrä oli 12 m<sup>3</sup> ja hinta oli toimitettuna 41 €/m<sup>3</sup> (alv 0). Paksuudeltaan 10 cm pajuhakekerros levitettiin kuivitusalueelle 13.1.2023 ja annettiin olla paikoillaan 2 viikkoa tavoitteena kuivattaa hakemassaa. Hakkeen kuiva-aine pysyi kuitenkin muuttomattomana ja oli keskimäärin 49 % ennen olkitäyttöä. Alkutäytössä olkea käytettiin 0,5 kg/m<sup>2</sup>, jonka jälkeen koko kestokuivike aluetta kuivitettiin päivittäin koeohjeen mukaisesti olkisilpulla noin 0,5 kg/m<sup>2</sup>, eli yhteensä noin 87 kg/pv. Määrä vastaa 3500 litraa päivässä (1 kg olkea=40 l). Eläintä kohti laskettuna oljen kulutus oli 5 kg/eläin/vrk.

Kuivikealueen kuiva-ainetta mitattiin viikoittain, ja mittaukset suoritettiin sekä puhtaasta että likaisesta oljesta. Likaisen oljen määrityksessä kuivikealueelta kerättiin kahdeksasta kohdasta olkea yhteensä noin viiden litran verran. Puhtaalla oljella määritys tehtiin muuten samalla tavalla, mutta näyte kerättiin suoraan kuivituskauhasta. Puhtaan oljen kuiva-aine oli koko kokeen ajan keskimäärin 80 %. Likaisen oljen kuiva-aine vaihteli. Pajuhakekokeilun aikana likaisen oljen kuiva-aine oli keskimäärin 45,8 %, kun taas hiekkakokeilun aikana kuiva-aine oli keskimäärin 50,7 %. Erotus on niin pieni, että mitattu ero voi olla sattumaa.

Pajuosion osalta koe alkoi 27.1.2023 ja päättyi 24.2.2023. Kokeilu kesti yhteensä 4 viikkoa, jonka jälkeen kestokuivikealue tyhjennettiin kokonaan ja täytettiin heti samana päivänä uudestaan niin, että pohjalle laitettiin 10 cm hiekkaa. Hiekkakokeilu toteutettiin täysin samalla tavalla kuin pajukokeilu. Hiekkakokeilu alkoi 24.2.2023 ja päättyi 24.3.2023. Koejaksojen päätyttyä kestokuivikealue tyhjennettiin hiekasta ja oljesta tunkiolle (tyhjennetty määrä yhteensä 33 280 kg). Hiekan hinta toimitettuna oli 9,8 €/m<sup>3</sup> (alv 0), eli kustannus oli neljäsosa pajun kustannuksesta.

Tavoitteellinen eläintiheys VIC-karsina-alueella oli yksi lehmä/10 m<sup>2</sup>. Koe suoritettiin 12 eläimellä, jolloin toteutunut eläintiheys pysyi tavoitteessa. VIC:ssä olevat eläimet vaihtuivat poikimisen mukaan, mutta eläinten lukumäärä pysyi koko kokeen ajan samana. VIC:ssä olevista eläimistä kuusi oli vastapoikineita ja kuusi loppulypsykaudella olevia eläimiä (+220 pv poikimisesta). Kun lehmä poikimisen jälkeen otettiin uutena mukaan VIC-ryhmään, vastapoikineiden (kuusi eläintä) joukosta kokeesta poistettiin eläin, jolla oli pisin aika edellisestä poikimisesta. Loppulypsykauden eläimet pysyivät samoina koko kokeen ajan.

Kolmen viikon jälkeen VIC:iin alkoi muodostua pieniä kosteita ja upottavia kohtia juomakuppien läheisyyteen ja myös reunaan, josta eläimet nousevat ritiläalueelle. Alueen pehmenemisen vuoksi kuivikekokeilu lyhennettiin alku- peräisestä 5 viikon kokeilusuunnitelmasta 4 viikkoon.

### 3.2.3 Tulokset eläinten puhtaudesta ja utareterveydestä

#### Eläinten puhtaus

Karsinoiden kuntoa seurattiin juuri ennen kuivikkeiden levitystä otetuilla valokuvilla (Kuvat 22 a-h) ja eläinten puhtautta seurattiin alla esitetyn Cook & Reinemann 2007 puhtausluokituksella:

#### Takajalat

- 0: ei lainkaan tai hyvin vähän sontaa ruununrajan yläpuolella (puhdas)
- 1: pieniä sontaroiskeita ruununrajasta ylöspäin
- 2: selkeästi erottuvia sontaplakkeja ruununrajasta ylöspäin, mutta jalan karvoitusta edelleen nähtävissä
- 3: yhtenäinen sontapanssari, joka ylettyy korkealla alarajaan (kintereen alapuolelle)

#### Utare arvioidaan takaa ja mahdollisuuksien mukaan sivusta

- 0: ei sontaa havaittavissa
- 1: pieniä sontaroiskeita vetimissä/vedinten lähellä
- 2: selkeästi erottuvia sontapalkkeja (pinta-ala vähintään 5 cm/kämmenen kokoinen) utareen alemmassa puoliskossa
- 3: yhtenäinen sontapanssari ympäröi ja kuoruttaa vetimiä

#### Takaneljännes

- 0: ei sontaa havaittavissa
- 1: pieniä sontaroiskeita
- 2: selkeästi erottuvia sontaplakkeja (pinta-ala vähintään 5 cm/kämmenen kokoinen), mutta takaneljänneksen karvoitusta edelleen nähtävissä
- 3: yhtenäinen laaja-alainen sontaplakki

Puhtausluokitusta voi käyttää lähinnä VIC-olosuhteiden yleiskuvaukseen, koska poikimisen jälkeen lehmä saattoi siirtyä milloin tahansa VIC-osastolta pääkiertoon lypsävien joukkoon. Koko kahdeksan viikon ajan seurannassa olleita lehmiä oli yhdeksän ja näiden puhtausluokat (kolmen arviointikohtadan keskiarvo) olivat keskimäärin 0,8 ennen koejaksoja, 1,2 pajukoejaksolla ja 1,6 hiekkajaksolla. Kestokuivitus siten hieman lisäsi likaisuutta. Luokitus oli kuitenkin alle 2 eli selkeästi erottuvia sontaplakkeja ei ollut tai niitä oli vähän. Pajukoejakson puhtaampi luokitus johdetaan todennäköisesti siitä, että useimmat lehmät aloittivat seurannan pajualueelta ja eläimet olivat puhtaita osastoon tullessaan.

Vain yhdellä seurantajaksolla olevien lehmien puhtausluokitus muuttui heikompaan suuntaan 0,42 yksikköä hiekkajaksolla ja 0,2 yksikköä hiekalla. Ero on pieni, mutta paju ei ainakaan osoittautunut hiekkaa huonommaksi. Yleiskuva eläinten puhtaudesta oli hyvä, joten käytetyn olkimäärän voi katsoa olleen riittävä.

Kuvien 22 a-h:n mukaan eläinten puhtaudessa tai olkipatjan likaisuudessa ei ole silmämääräisesti arvioituna mainittavia eroja.



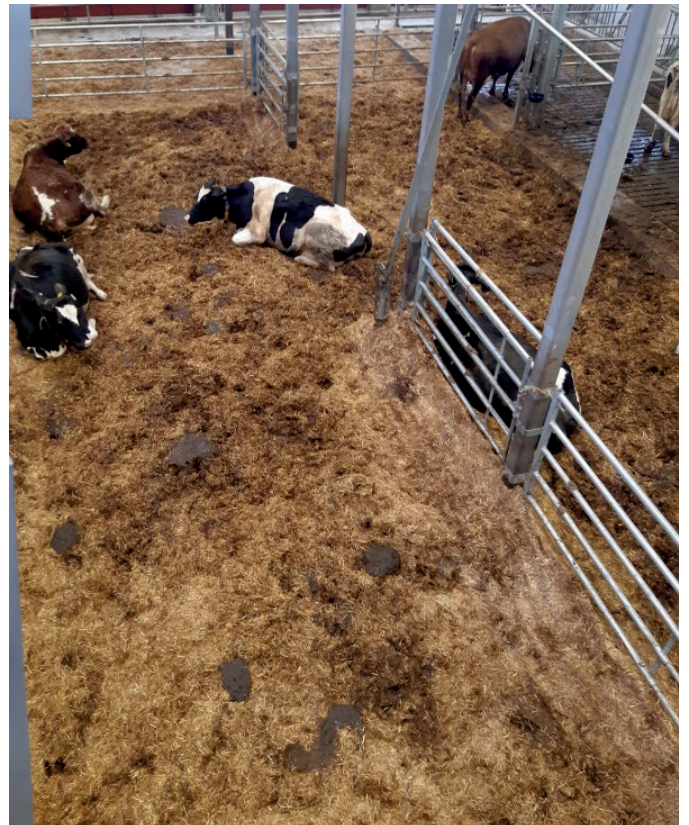
1 viikon jälkeen (Kuvat 22 a ja b): pajuhaik vasemmalla, hiekka oikealla.



2 viikon jälkeen (Kuvat 22 c ja d): pajuhaik vasemmalla, hiekka oikealla.



3 viikon jälkeen (Kuvat 22 e ja f): pajuhake vasemmalla, hiekka oikealla.



4 viikon jälkeen (Kuvat 22 g ja h): pajuhake vasemmalla, hiekka oikealla.

*Kuva 20 a-h. Kuvaparit VIC alueen puhtaudesta koeviikkojen 1–4 aikana.*

Tavoitteena oli mitata utareterveyttä robotilta saatavalla automaattisella solulukumäärityksellä (OCC) ja sähkönjohdavuudella (Taulukko 10). Robotti laskee mittausten perusteella lehmälle lypsykohtaisen utaretulehdusindeksin (MDI). Hälytysrajan (1,8) jälkeen robotti antaa karjanhoitajalle seurantailmoituksen.

Seurannan aikana pajukoejaksolla esiintyi kolme utaretulehdustapausta, kaksi KNS- ja yksi *Klebsiella*-havaintoa. Hiekkajaksolla kirjattiin yksi KNS-tapaus ja yksi *Streptococcus uberis*. *Klebsiella* on ympäristöbakteeri ja esimerkiksi pitkään varastoitu hake voi olla mahdollinen *Klebsiellan* lähde. Kokeessa käytetty pajuhake oli haketettu juuri ennen koetta tuoreesta pajusta, joten se ei todennäköisesti ole tartunnan lähde. Taulukko 10. Utareterveyttä kuvaavat tunnusluvut.

	Keski- määrin	Keski- hajonta	Muutos/vuo- rokausi	Raja-arvo
<b>OCC*</b>				500
Kaikki	149	246	1,2	
Paju	143	263	0,7	
Hiekka	158	216	2,1	
<b>Sähkönjoh- ta- vuus</b>				
Kaikki	17,4	2,3	0,015	
Paju	17,2	2,4	0,02	
Hiekka	17,6	2,1	0,01	
<b>MDI**</b>				1,8
Kaikki	1,14	0,28	0,0008	
Paju	1,13	0,29	-0,0004	
Hiekka	1,15	0,26	-0,0014	

\*OCC = Online cell counter

\*\*MDI = Mastitis Detection Index

Terveysindikaattoreiden mukaan seurantajaksojen aikana utareterveydessä ei tapahtunut muutoksia. Paju ja hiekkajakson väliset keskiarvot ovat hyvin lähellä toisiaan keskihajonta huomioiden. Taulukossa 10 vuorokausimuutos on tunnusluvun muutos kummankin seurantajakso sisällä. Sähkönjohdavuus lisääntyi aavistuksen ja MDI laski. Muutokset ovat jakson keskiarvoon verrattuna hyvin pieniä, joten utareterveyden voidaan katsoa pysyneen ennallaan.

### 3.2.4 Close Up

Eläimet siirtyivät Close Up-osastolle noin 14 vrk ennen odotettua poikimapäivämäärää ja siirtoa VIC-osastolle. Eläinten määrä vaihteli alueella poikimatilanteiden mukaan, minkä vuoksi kvantitatiivisia vertailuja ei pystytty pajun ja hiekan välille tekemään. Close Up oli pinta-alaltaan 29 m<sup>2</sup>. Poikimisen koittaessa eläin siirrettiin erilliseen



poikimakarsinaan (Kuva 23), jossa ei ollut oljen alla pohjakuiviketta. Eläin oli poikimakarsinassa 1–2 vrk. Poikimisen jälkeen eläimen puhtaus luokiteltiin ja se siirrettiin sen jälkeen VIC-alueelle.



*Kuva 21. Poikimakarsina.*

### 3.2.5 Johtopäätökset: Kestokuivike VIC

Hiekka ja pajuhake osoittautuivat mitatuilla tunnusluvuilla samanveroisiksi kestopuivituksen pohjamateriaaleiksi. Likaantumislukituksen perusteella kokeessa käytetty  $0,5 \text{ kg/m}^2$  ( $5 \text{ kg/lehmä/vrk}$ ) kuivikkeen määrän voi katsoa olleen riittävä. Ritiäläalueelle menevän kulkuväylän kohdalla ollut märkä kohta olisi vaatinut paksumman pohjakerroksen. Seurannan aikana esiintyi viisi utaretulehdustapausta. Utareterveyden tunnusluvut pysyivät seurannan muilla lehmillä samana, joten karsinaolosuhteiden voi todeta olleen hyvät. Utaretulehdustapaukset johtuivat todennäköisimmin satunnaisvaihtelusta.

Hiekan ja pajun käytön ratkaisevat saatavuus ja käyttötarkoitus. Hiekka on kelvollinen perusratkaisu. Paju puolestaan tarvitsee yleistyäkseen todennuksen pajukäytön ympäristöhyödyistä, jotka liittyvät maan hiilensidonnan lisäämiseen ja tätä kautta kasvihuonekaasujen vähentämiseen. Pajun kuivituskäytölle sinällään ei ole esteitä, joten pajuja olisi mahdollista hyödyntää esimerkiksi hiilijalanjäljen kompensatiomarkkinoilla.

### 3.3 Parsiosastot, yleisseuranta kuivajae

#### 3.3.1 Parsien perustaminen

Lypsylehmien osastolla on käytössä 54 (2,16 m<sup>2</sup>/parsi) syväpartta. Syväparret täytyy täyttää ennen niiden käyttöönottoa (Kuva 24). Liian tyhjänä parren etu- ja takalaidat aiheuttavat epämukavuutta ja ihovaurioita lehmille. Parren alin kuivikekerros toimii ankkurina varsinaiseen kuivitukseen käytettävälle separoidulle kuivajakeelle. Pohjamateriaalina käytetään yleensä hiekkaa, mutta hake tai olkisilppu ovat myös mahdollisia. Hiekkaa kulkeutuu jonkun verran lannan mukana lannanpoistojärjestelmänä oleviin lietekuiluihin, joissa se lajittuu pohjaan ja lietekuilujen toiminnallisuus häiriintyy. Hiekan käyttö on mahdollista, mikäli lannanpoistojärjestelmä on suunniteltu hiekka huomioiden.

Syväparsia perustettaessa betonin päälle laitettiin pohjakuivikkeeksi pelletöityä olkea noin 10 cm paksuinen kerros (2,5 kg/ m<sup>2</sup>). Pelletin hinta toimitettuna oli 0,22 €/kg, alv 0. Olkipelletti on kilohinnaltaan kallista, mutta kerran vuodessa käytettynä kustannus on vain 1,5 €/parsi/v.

Olkipelletin päälle levitettiin lannasta separoitua kuivajaeita vain ohut kerros päivittäin (noin 3,3 kg eli 15 l/parsi), jotta kuivajae ehtisi kuivaa ennen uuden kerroksen levittämistä. Tavoitteena oli saada parsi täytettyä reunoja myöten.



Kuva 22. Syväparret ennen täyttöö.

### 3.3.2 Separaattori ja kuiva-aine

Parsia perustettaessa Bauer S 655:llä separoidun kuivajakeen kuiva-aine oli noin 25 %. Syväparsikäyttöön tämä osoittautui liian märäksi. Liian märkä kuivajae (< 30 %) aiheutti kuivajakeen paakkuuntumista, sekä muun muassa Mykobakteerioosi-riskin lisääntymistä. Liian märkänä pysyvä parsia ei kompostoidu, vaan alkaa tiivistyä ja mädäntyä. Navetan yleiskuivituksessa oli lisäksi ongelmana kuivajakeen saatavuus ja liian vajaaksi jäänyt parsien täyttö. Myöhemmin liian vajaita parsia täytettiin kerralla enemmän, mikä johti siihen, että paksumpi kerros liian märkää kuivajaeita edelleen lisäsi parsien paakkuuntumista ja mädäntymistä.

Bauerin lisäksi käyttöön saatiin uusi kuivitusseparaattori (EYS) kesällä 2023 ja separoidun jakeen kuiva-ainepitoisuus saatiin nousemaan lähelle 40 %. Näin korkea kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus alkoi aiheuttaa pölyhaittoja. Käytännön havaintojen ja aiempien tutkimusten perusteella voidaan todeta, että 35 % kuiva-ainepitoisuus kuivajakeessa on sopivinta syväparsikäyttöön. Separaattorin säätö (seulakoko, pumppausnopeus) ja raakalietteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttavat huomattavasti lopputulokseen. Seulavaihtoehtoista 1 mm seula 16,5 mm kehärengasväylillä tuotti kuivempaa jaeita kuin 1 mm seula 12 mm kehärengasväylillä oleva seulavaihtoehto.

### 3.3.3 Syväparsien ylläpito

Syväparsia pyrittiin ylläpitämään hyvänä levittämällä päivittäin ohut kerros kuivajaeita kaikkiin parsiin (54 kpl). Kuivajakeen kulutus parsialueella oli päivittäin noin 860 litraa (16 l/parsi, seurantajakso 1 marras-joulukuu) (Taulukko 11). Kuivitusmäärä riitti ylläpitämään parret riittävän täysinä, mutta kuivitusmäärä per jakokerta oli jakeen kuiva-ainepitoisuus huomioiden hieman liian suuri ja keskimääräinen jakoväli oli vähän liian pitkä (1,5 pv). Parren pinta pysyi turhan kosteana.

Keväällä kuivajakeen separoinnissa oli vaikeuksia ja valitulla seurantajaksoilla 2 (maalis-huhtikuu) käytetyn kuivajakeen tilavuusmäärässä oli 40 % pienennys syksyyn verrattuna. Jakeen kuiva-ainepitoisuus oli suurempi ja jako tapahtui kerran päivässä. Parret pysyivät kuivina, mutta pinta alkoi vajeta.

Taulukko 11. Syväparsiosasto kuivajakeen kulutus kahden eri seurantajakson aikana.

	<b>Jakso 1</b>	<b>Jakso 2</b>	<b>Yksikkö</b>
Aloitus	1.marras	1.maalis	
Lopetus pvm.	31.joulu	30.huhti	
Jakson pituus	60	60	vrk
Parsien lukumäärä	54	54	kpl
Kuivituskertoja	40	39	kpl/jakso
Keskimääräinen eläinluku	46	48	kpl
Kuivajakeen kulutus	51 750	32 200	l/seurantajakso
Kuivajakeen kulutus	11 385	7 084	kg/seurantajakso
Kuivajakeen kulutus	16	10	l/päivä/parsi
Kuivajakeen kulutus	4	2	kg/päivä/parsi
Olkipelletin kulutus	7	7	kg/täyttökerta*/parsi
Kuivajakeen kulutus	124	74	kg/lehmä/kk
*Parsien tyhjennyksen yhteydessä, joka tehdään 1 kerran vuodessa.			

### 3.3.4 Johtopäätökset: Syväparsiseuranta

Parsien alkutäyttö tulee tehdä huolella ja parsia tulee hoitaa päivittäin. Huonoon kuntoon päässeiden syväparsien tyhjennys on aikaa vievää työtä ja parret ovat pois lehmien käytöstä tyhjennyksen ja täytön ajan. Huolelliseen parsien hoitoon kuuluu kuivajakeen levitys kerran päivässä. Sopiva kuivajakeen määrä on 16 l/pv ja separoidun jakeen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla välillä 30–35 %. Liian matala kuiva-aine aiheuttaa paakkuuntumista ja jopa pohjakerroksen mädäntymistä. Liian korkea kuiva-aine puolestaan aiheuttaa pölyntymisongelmaa. Parren pintaosan paakkuuntumista voi hallita haravoimalla ja lanaamalla parsia päivittäin rautaharavalla tai konekäyttöisellä parsiharavalla. Liian pieni kuivajakeen määrä vähentää kuivituskerroksen paksuutta, jolloin syväparsien laidat alkavat aiheuttaa epämukavuutta ja ihovaurioita.

### 3.4 Ruokohelven soveltuvuus kuivikkeeksi

Kesällä 1.7.2023–31.7.2023 välisenä aikana testattiin ruokohelven soveltuvuutta kuivikkeena syväparsien pohjama-  
terialina, nuorien hiehojen parsimatoilla sekä juotossa olevien vasikoiden ryhmäkarsinassa. Soveltuvuutta arvioitiin  
käyttökokemusten sekä valokuvien perusteella.

Kuivituskokeessa käytettiin keväällä 2023 korjattuja helpipaaleja. Helpi oli niitetty kuivan kauden aikana 15.5.2023  
ja seuraavana päivänä kaksi niittoleveyttä karhotettiin yhteen 16.5.2023 tehtyä paalausta varten. Kasvusto oli jopa  
liian kuivaa ja varisemistappioita tuli paljon. Niuva-lohkolta korjattu sato oli 5300 kg/ha ja Puropelto-lohkolta 3150  
kg/ha. Sadon kuiva-aine oli arviolta 80 %. Pellon pintaan jäi myös kulokkoa paikoin melko paljon ja näiltä alueilta  
jätkikasvu lähti heikosti liikkeelle.

Kevätkorjuun sijaan ruokohelpi voitaisiin korjata myöhäisellä kasvuasteella heinäkuussa. Materiaali on kevätkorjuu-  
seen verrattuna sitkeämpää ja heinämaista. Kestokuivitusalueella tämä ei ole ongelma, mutta lehmien parsissa ja  
lietekuilusysteemissä voi tulla kuilujen tukkeutumisongelmaa.

#### 3.4.1 Syväparret

Syväparsiin levitettiin 9.7.2023 pohjalle apevaunulla silputtua (15 min sekoitus) ruokohelpeä 180 l/parsi yhteensä  
10 parsipaikkaan. Silppu tiivistettiin tasaiseksi ja pinnalle lisättiin kuivajaetta ohuina kerroksina lähes päivittäin.  
Täyttövaiheessa parsiin ei laskettu lehmiä. Viimeinen kuivajaetäyttö oli 17.7., jonka jälkeen kuivajaekerroksen pak-  
saus oli noin 15 cm. Levitetty kuivajamäärä oli yhteensä noin 120 l/parsi. Täyttö venyi tarpeettoman pitkäksi,  
koska lietteen kuiva-aine oli hyvin matala ja kuivajakeen saatavuus huono. Koska täyttövaihe oli pitkä, syväparresta  
tuli kuiva ja kuohkea.

Parret otettiin käyttöön 18.7.2023. Jo heti seuraavana päivänä huomattiin, ettei ruokohelpi pysynyt pohjalla tiiviinä  
kuivajakeen alla, vaan alkoi sekoittua kuivajakeen sekaan lehmien käyttäessä parsia. Lisäksi ruokohelpeä putosi  
paljon parsista ritiläalueelle (Kuva 25), mikä vaikeutti ja osittain jopa esti lantarobotin (Lely Discovery) toimintaa.  
Lehmien käyttäytymisen perusteella ruokohelpiparret osoittautuivat kuitenkin mieluisaksi makuupaikaksi.



*Kuva 23. Parret ensimmäisen kokeilun yhteydessä vuorokauden käyttöajan jälkeen.*

Kokeilua jatkettiin pienentämällä ruokohelven määrää. Seuraavana tyhjennysvuorossa oleisiin syväparsiin levitettiin pohjalle silputtua ruokohelpeä 60 l/parsi, yhteensä neljään parsipaikkaan. Parsien täytössä meneteltiin samoin kuin ensimmäisten parsien täytössä. Kuivajaeetta levitettiin pinnalle noin 15 cm. Levitetty kuivajaeäärä oli tässä kokeilussa 150 l/parsi.

Pienemmästä ruokohelpimäärästä huolimatta helpi sekoittui kuivajakeen sekaan, eikä pysynyt pohjalla. Helpi osoitautui pohjamateriaalikäyttöön liian kuohkeaksi. Parsien käyttö kuitenkin jatkuu sellaisenaan ja loppukesän aikana saadaan kokemusta, onko massan sekoittumisesta sinällään mitään haittaa. Raportin kirjoitushetkellä ruokohelppi-parret eivät visuaalisen havainnoinnin perusteella erottuneet olkipelletillä perustetuista parsista. Tulevaisuudessa täyttö voisi mahdollisesti onnistua sekaisin menevällä helpi/kuivajae-seoksella.

#### 3.4.2 Vasikoiden parsipedit

Vasikoiden kumimatolla varustettuihin makuuparsiin levitettiin aiemmin käytetyn turpeen tilalle lyhyeksi silputtua ruokohelpeä 20 l/parsi. Kuilujen tukkeentumisvaaran vuoksi silpun pituus tulisi olla mahdollisimman lyhyttä. Eläinpaine oli 0,5 vasikkaa/parsi. Kuivikkeen määrä vaikutti liian suurelta, koska heti levityksen jälkeen osa silpusta valui ritilälle (Kuva 26, vas.). Tästä syystä olkimäärää pudotettiin 10 l/parsi ja kuivitusväli 7 vrk. Päivää kohti määrä on 1,4 l/parsi. Olkimäärän vähennyksen jälkeen helpi pysyi parressa ja käyttökokemuksen mukaan toimi samalla tavalla kuten aiemmin käytetty turve (Kuva 26, oik.).



Kuva 24. Vasemmalla ruokohelpeä 20 l/parsi ja oikealla 10 l/parsi.

### 3.4.3 Vasikoiden kestokuivike

Juotossa olevien vasikoiden ryhmäkarsinaan (20,6 m<sup>2</sup>) levitettiin olkea 600 l (29 l/m<sup>2</sup>) noin kahden viikon välein, kun osastolla oli vasikoita 5 kpl. Makuualue vaikutti kokeilussa hyvältä (Kuva 27). Ruokohelppi on olkeen verrattuna hentorakenteisempaa ja tuntui tiivistyvän olkea helpommin. Käyttökokemuksen mukaan ruokohelppi piti alueen kuivempänä kuin olki. Helpisilpun ongelma on sen pöyäminen täyttövaiheessa.



Kuva 25. Tilanne 13.7.2023. Vasemmalla makuualue on pysynyt hyvänä, oikealla juoma-automaatin edus tiivistyy pohjaan saakka. Seisoskelualueella voisi käyttää hiekkaa tai haketta betonin päällä.

#### 3.4.4 Johtopäätökset: Ruokohelpi

Kuivikkeeksi keväällä paalattu ruokohelpi osoittautui syväparsien pohjamateriaalina liian kuohkeaksi ja liian suuri käyttömäärä aiheuttaa kuivikkeen valumista ritilälle. Pitkäaikaisvaikutuksista ei kuitenkaan raportin kirjoitushetkellä ollut vielä kokemuksia. Alkuvaiheen jälkeen ruokohelpiparret eivät visuaalisesti eronneet olkipellettiparsista, joten ruokohelpeä ei voi todeta toimimattomaksi vaihtoehdoksi. Brittiläisten suositusten mukaan kuivajae ei saa ylittää yksinään 15 cm paksuutta eli käytännössä syväparsia ei voi alkuun täyttää pelkällä separoidulla kuivajakeella. Ruokohelpi saattaa kuivajakeen kanssa sekoittuneenakin olla kelvollinen yhdistelmä parsien täyttöön, kunhan alussa helpimäärä on riittävän pieni. Täytön voisi toteuttaa myös niin, että helpeä levitetään pohjalle ohuina kerroksina ja kuivajaetta lisätään päälle. Massan tiivistyessä täyttöä jatkettaisiin samalla tavalla, eli ensin helpeä ja sitten kuivajaetta päälle.

Vasikoiden parsikuivutukseen helpi soveltui hyvin, kun käyttömäärä ei ollut liian suuri. Vasikoiden kestokuivikkeena helpi osoittautui toimivaksi. Juottopisteen kohdalla pitäisi käyttää helven seassa jotain lisäseosta tiivistymisen vähentämiseksi, esimerkiksi haketta. Helpikuivituksen ainoana haittana on täyttövaiheen pölisevyys.



#### 4 TILATESTAUSTEN KOKEMUKSET

*Miika Kahelin ja Saara Tolonen, Savonia AMK*

*Kuvat Saara Tolonen*

Hanke vuokrasi tilatestauksia varten kuivikeseparaattorin, jolla oli tarkoitus testata lietteestä separoidun kuivajakeen tuottamista ja kuivajakuivitusta kahdella pilottitilalla. Samalla oli tarkoitus pilotoida yhteiskäyttöisen separaattorin käytön vaatimuksia. Tätä varten hankkeessa tilattiin ostopalveluna separaattorin puhdistusohjeet ETT ry:ltä. Kilpailutuksen perusteella vuokraseparaattoriksi valittiin Eko-Erotuksen 120-ruuvipuristinseparaattori. Valmistajan mukaan tämä malli tuottaa noin 10–20 kuutiometriä kuiviketta tunnissa (<https://www.ekoerotus.fi/tuotteet>). Separattori oli maatiloilla ulkona valmistajan tuoman kuljetustrailerin päällä.

Tiloiksi valittiin kaksi kuivajakuivituksesta kiinnostunutta lypsykarjatilaa Sonkajärveltä. Molemmilla tiloilla on yhden robotin lypsykarjapihatto. Tilojen läheinen sijainti ja jo entuudestaan toimiva koneysteistyö olisi ollut sopiva yhteiskäyttöinen separattori -skenaarion tarkasteluun, mutta toinen valituista tiloista vetäytyi pois ja tämän tilalle löydettiin toinen samankokoinen lypsykarjatila Kiuruvedeltä. Molemmilla pilottitiloilla oli slalom -tyyppinen lietelantajärjestelmä, jossa separaattorin käyttöönotto oli helppo toteuttaa valmiiksi homogeenisen lietelannan vuoksi. Liette pumpattiin separaattoriin pumppauskaivosta ja nestejake palautettiin pumppauskaivosta ylivuodon kautta lietevarastoon. Molemmilla tiloilla aikaisempaan kuivitusmateriaalina oli kutteri ja kuivitus tehtiin käsin kottikärryllä ja lapiolla.

Pilottitiloilla oli tarkoitus tehdä kahden viikon kuivituskoejaksot. Molemmilla tiloilla tehtiin ennen kahden viikon koejakson alkua ja kuivitusjakson päätyttyä Welfare Quality -protokollaa mukailevat eläinten puhtausmääritykset. Tällä pyrittiin selvittämään, miten kuivajakuivitus vaikuttaa eläinten puhtauteen (takaneljännes, takajalat ja utare). Separattori toimitettiin valmistajan toimesta ensimmäiselle pilottitilalle 4.10.2022. Separattoria säädettiin tiloilla ensimmäisten päivien aikana, jotta kuivajakeen kuiva-aine saatiin riittävän korkealle tasolle.

Kuiva-ainemääritykset tehtiin kuivausuunilla ja myöhemmin käytettiin rinnalla pikamäärityksissä halogeenikuivainta. Tilalta otettiin kerran viikossa näytteet lietteestä, kuivajakeesta, ja nestejakeesta. Näistä määritettiin kuiva-aineet ja pH heti näytteenoton jälkeen, myöhemmin näytteistä määritettiin laboratoriossa myös ravinnepitoisuudet. Taulukossa 12 on ilmoitettu lietelannan sekä separaattorin tuottamien neste- ja kuivajakeiden kuiva-ainepitoisuudet. Tilalla 1 lietelannasta separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus oli noin 39,7 %, nestejakeen noin 4,7 % ja lietteen kuiva-ainepitoisuus ennen separointia oli 7,7 %. Tilalla 2 vastaavat luvut olivat 34,4 %, 5,0 % ja 8,1 %. Mittauksia ehdittiin tilalla 2 tehdä lietteestä separoidusta kuivajakeesta kaksi kertaa, nestejakeesta ja lietelannasta vain kerran.

Taulukko 12. Tilatestauksissa mitatut kuiva-ainepitoisuudet lietelannassa, separaattorin tuottamassa nestejakeessa ja lisäaineettomassa kuivajakeessa sekä kolmen rinnakkaisen näytteen vaihtelu.

Tila	Keskiarvot	ka %	ka g/kg	vaihtelu %
1	Kuivajae ilman lisäainetta	39,731	397,31	0,951
1	Liete	7,682	76,82	0,204
1	Nestejaje	4,663	46,63	0,051
2	Kuivajae ilman lisäainetta	34,424	344,24	1,370
2	Liete	8,056	80,56	0,076
2	Nestejaje	5,043	50,43	0,930

pH-mittaukset suoritettiin vain tilalla 1, tulokset on ilmoitettu taulukossa 13. Lietelannan pH (keskiarvo 7,6) oli lähes yhtä suuri kuin separaattorin tuottaman nestejakeen (7,8), mutta kuivajakeen pH oli korkeampi (8,7).

Taulukko 13. Tilatestauksissa mitatut pH:t lietelannassa, separaattorin tuottamassa nestejakeessa ja lisäaineettomassa kuivajakeessa.

Tila	Näyte	pH	min	max
1	Kuivajae ilman lisäainetta	8,682	8,58	8,79
1	Nestejaje	7,752	7,71	7,85
1	Liete	7,648	7,40	7,88

Tiloilla oli tarkoitus testata myös kuivajakeen lisäaineita seoksena. Lisäaineiksi oli valittu tuhka ja ruokohelpisilppu. Raskasmetallipitoisuuksiltaan kuivituskäyttöön sopiva Savon Voiman arinatuhka osoittautui kuitenkin tekniseltä laadultaan sopimattomaksi, koska se oli rakenteeltaan karkeaa ja siinä oli seassa kovia, kivettyneitä kokkareita (Kuva 28). Seosaineeksi hankittu ruokohelpisilppu oli silpun pituudeltaan liian pitkä eivätkä tilat halunneet käyttää sitä, koska vaarana olisi ollut lannanpoistolaitteiden tukkeutuminen ja korsien kiertyminen lannanpoistojärjestelmän rakenteisiin (Kuvat 29 a ja b).



Kuva 26. Savon Voiman arinatuhkaa.



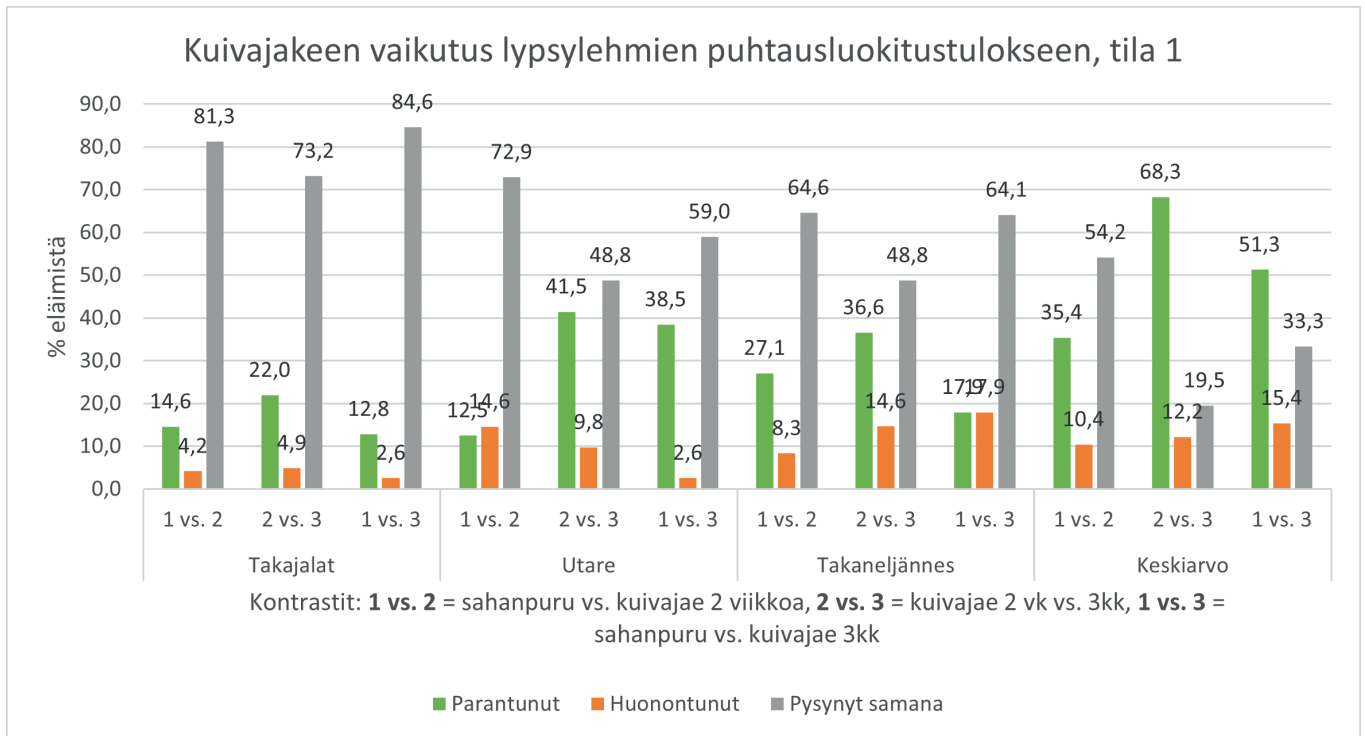
*Kuva 27 a ja b. Separoituun kuivajakeeseen sekoitettu ruokohelpisilppu erottui pitkänä korsina parrella (Kuva a). Sitä kulkeutui ritilälle ja se takertui ritilän rakoihin (Kuva b).*

Ensimmäisellä pilottitilalla kahden viikon koejakso saatiin toteutettua hyvin. Separattori siirrettiin tilalle 3 vasta 9.11., ja siellä koejaksoa pystyttiin toteuttamaan vain viikon verran. Ulos sijoitettu separaattorin jäätty 20.11., jolloin koe jouduttiin lopettamaan. Separointi toimi molemmilla tiloilla myös useamman asteen pakkasessa, kun lietelantaa oli ensin pyöritytty navetan slalomjärjestelmässä ja kuiviketta separoitiin lämpimästä lietelannasta. Separoinnin jälkeen lietteen pumppaus laitteelle lopetettiin ensimmäisenä, jotta lietettä separaattorissa kuljettava ruuvikuljetin tyhjensi separaattorin välisäiliön mahdollisimman tyhjäksi. Jäätyneen separaattorin välisäiliössä oli edelleen runsaasti lietelantaa, mikä lienee vaikuttanut jäätymiseen.

Tilat olivat tyytyväisiä separaattorin toimintaan. Kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus oli riittävän korkea ja kuivikkeen tuottaminen oli nopeaa. Yhden kuivituskerran kuivajakeen tuottamiseen kului aikaa noin 30 minuuttia, eli se ei käytännössä hidastanut käsin tehtyä kuivitustyötä lainkaan. Separattoria ja syöttöpumppua pystyi käyttämään 16 ampeerin voimavirtapistokkeesta. Laitteisto otti virtaa maksimissaan noin 11 ampeeria. Puolen tunnin päivittäisen käyttöjakson sähkönkulutus oli näin ollen noin 1,3 kWh.

Puhtausluokitukset tehtiin kaikilla tiloilla, mutta vain tilalla 1 puhtausluokituksia saatiin onnistuneen kuivajaekuivitusjakson jälkeen (tilalle 2 kuivikeseparaattoria ei asennettu, tilalla 3 kuivikeseparaattori jäätty). Puhtausluokitukset tehtiin arvioimalla Welfare Quality -protokollaa mukaillen kaikkien separoidulla kuivajakeella kuivitetujen lehmien takaneljännekset, utareet ja takajalat. Puhtausluokituksia tehtiin keskimäärin 43 lypsylehmälle (39–48 kpl), ensimmäisen kerran ennen lietteestä separoidulla kuivajakeella kuivitusta, toisen kerran kaksi viikkoa kuivikkeen vaihdon jälkeen ja viimeisen kerran kolme kuukautta vaihdon jälkeen.

Puhtausluokitusten tuloksista (Kuva 30) voidaan päätellä, että lietelannasta separoituun kuivajakeeseen siirtyminen paransi takaneljänneksen ja jonkin verran myös takajalkojen puhtautta. Käytön jatkaminen (kolme kuukautta) paransi utareiden sekä takajalkojen ja takaneljänneksen puhtautta. Puhtausluokitusten eri osa-alueiden arvosanojen keskiarvo myös parani sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.



Kuva 28. Puhtausluokituksen tulokset. Vertailuun otettiin vain eläimet, joille tehtiin kaikki kolme luokitusta.

Separattori oli tarkoitus siirtää tilalta 1 tilalle 3 ja puhdistaa ohjeiden mukaisesti tässä välissä. Ensimmäinen tila oli kuitenkin kuivajaeuivutukseen niin tyytyväinen, ja heillä oli mahdollisuus sijoittaa separattori navetan sisätiloihin, joten he ostivat separattorin itselleen ja valmistaja toimitti kolmannelle tilalle uuden separattorin. Kuivikeseparattori päästiin puhdistamaan ohjeiden mukaisesti koejakson päätyttyä. Koejakso keskeytyi separattorin jäätymiseen, mikä hankaloitti oleellisesti puhdistamista. Puhdistus tapahtui kuumapesurilla tilan vanhan navetan kuivalantalassa, jotta pesuvedet saatiin kerättyä. Konevalmistaja osallistui myös kuivikeseparattorin pesuun, ja heillä oli itse valmistettu muutokappale, jolla pesuvesiä saatiin kierrätettyä laitteen sisällä. Puhdistamisessa noudatettiin ETT ry:n tälle hankkeelle tuottamia separattorin puhdistusohjeita (Liite 1) sillä erolla, että desinfiointi jäi laitevalmistajalle. Desinfiointiaine olisi jäänyt vaikutusaikana laitteistoon.

Tilojen kokemukset separoidusta kuivajakeesta kuivikkeena olivat pääsääntöisesti positiivisia. Kuivajae koettiin lehmälle pehmeäksi ja kinnerten kunto silmämääräisesti paremmaksi. Kuivajae ei värjännyt eläimiä ja utareterveys säilyi hyvänä.

Separattorin omaksi hankkineella tilalla sen koettiin tuovan myös mielenrauhaa kuivikkeiden riittävyyden suhteen melko yksinkertaisen järjestelmän avulla. Lietteiden laimeneminen ja sen myötä partikkelikoon pieneneminen oli hie-man ongelma, mutta ratkaistavissa ohjaamalla nestejäte suoraan lietesäiliöön. Tilalla myös mietittiin, miten kaikki navetalla työskentelevät, erityisesti ulkopuolinen työvoima, ymmärtävät parsien puhdistamisen tärkeyden.

Tilan 3 testijakso jäi lyhyeksi, eikä kokemuksia sen toimivuudesta ehtinyt kertyä riittävästi. Tilalla haasteena oli, ettei separattorille ollut järjestettävissä lämmintä tilaa ilman investointia. Separointi ja parsien kuivitus veivät

enemmän aikaa kuin käytössä ollut kutterikuivitus ja ajan lyhyiden vuoksi toimivia rutiineja separointiin ja kuivitukseen ei ehtinyt syntyä.

Tilakokemusten perusteella separoidun kuivajakeen käyttöä kuivikkeena harkitsevalla tilalla tulisi olla separaattorille lämmin tila, homogeeninen lanta (slalom-lannanpoisto tai muu kierrätys) ja mahdollisuus johtaa nestejake lietealtaaseen. Karjan utareterveyden ja työkäytäntöjen tulee olla kunnossa. Kuivajaetta tulisi levittää parsiin kerran päivässä ja parsien puhtaudesta on huolehdittava sääntillisesti.

## 5 KUIVA-AINEEN MITTAUS, HALOGEENIKUIVAIMEN HYÖDYNTÄMINEN

*Teksti ja kuvat Saara Tolonen, Savonia AMK*

### 5.1 Kuivajakeen sopiva kuiva-ainepitoisuus kuivituksessa

Luvuissa 1 ja 3 on mainittu kuivajakeen kuivitukseen sopivaksi kuiva-ainepitoisuudeksi 35 %. Sopiva kuiva-ainepitoisuus on kriittinen kuivikkeen hygieenisen laadun ylläpitämiseksi, ja liian matala tai korkea kuiva-ainepitoisuus tuottaa ongelmia. Liian korkea kuiva-aine kuluttaa separointilaitteistoa sekä separointiin kuluva energiaa liikaa kuiva-ainepitoisuuden nostamisen hyötyihin nähden. Liian matala kuiva-ainepitoisuus luo suotuisan ympäristön erilaisten mikrobien kasvulle.

### 5.2 Kuiva-ainepitoisuuden mittaaminen

Kuiva-ainetta mitataan perinteisesti uunin avulla noin sadassa asteessa, ja näytteen massan muutoksesta voidaan laskea näytteestä uunissa haihtunut kosteus. Esimerkiksi standardi EN 12880:2000 kuvailee lietteiden kuiva-aineen standardoitua analysointimenetelmää. Menetelmän heikkoutena on analyysiin kuluva aika: näytettä kuivataan usein 20–24 tuntia. Lisäksi pitkä kuivausaika kuluttaa energiaa ja lisää tulipalon riskiä. Kuiva-ainepitoisuuden selvittäminen analyysin avulla on kuitenkin tärkeää, koska ihmisen on paljain silmin hankalaa erottaa esimerkiksi 40, 35 tai 30 prosenttia kuiva-ainetta sisältäviä lietteestä separoituja kuivajakeita toisistaan.

### 5.3 Halogeenikuivaimen käyttö

Halogeenikuivainta on Suomessa aiemmin käytetty maataloudessa ja tiloilla nurmisäilörehun ja tuoreen nurmen kuiva-aineen määrittämiseen ja aiemmissa hankkeissa on optimoitu edellä mainittujen raaka-aineiden analysointiin omat ohjelmat PMB53 -halogeenikuivaimelle (Adam Equipment, Indutrade AB, Kista, Ruotsi). Valmistajan sivuilta löytyy runsaasti ohjelmia erilaisten materiaalien, kuten voin, pölyn, lääkinnällisten voiteiden, polyamidin ja nurmensieminten kuiva-aineen analysointiin. Internetissä on saatavilla valmistajan (Adam Equipment) kokoama halogeenikuivaimen proseduuriopas ja siellä lähinnä lietteestä separoitua kuivajakeita on ”viskoottinen, nestemäinen lanta”, jonka kuiva-ainepitoisuudeksi kerrotaan 14 prosenttia. Näytettä tarvitaan tähän valmistajan ilmoittamaan analyysiin kolme grammaa ja tulos saadaan yhdeksässä minuutissa.

Halogeenikuivaimen toiminta on teknisesti yksinkertainen. Laite sisältää vaakaelementin (laite on asennettava sisäänrakennetun vesivaa’an avulla suoraan kierrettäviä jalkoja säätämällä), jonka päälle näyte asetetaan ja joka mittaa näytteestä haihtuvaa kosteutta, eli massan muutosta. Vaakaelementin, ja siten myös näytteen, yläpuolella on halogeenipolttimo, jonka lämpötilaa ja päälläoloaika voidaan säätää kuivaimen määritettävillä ohjelmilla (Kuva 32 a, b). Ohjelmien sisältö, eli halogeenipolttimon päälläoloaika ja haluttu lämpötila riippuu analysoitavasta materiaalista.

#### 5.4 Halogeenikuivain – validointi

Hankkeessa optimoitiin PMB53 -halogeenikuivaimelle uusi ohjelma lietteestä separoidulle kuivajakeelle siten, että kuivausaika olisi mahdollisimman lyhyt ja toisaalta tulosten välinen vaihtelu (variaatiokerroin, Coefficient of Variation, %) olisi mahdollisimman pientä eli uunissa ja halogeenikuivaimella saadut tulokset olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Kuivaimen halogeenipolttimo lämmittää ja siten kuivaa näytettä määrätyn ohjelman mukaisesti (Kuvat 31 a ja b).

Menetelmä validoitiin vertaamalla lietelannasta separoidun kuivajakeen kuivaustuloksia uunikuivauksen (105°C, 16 h) antamiin arvoihin. Vertailu tehtiin neljältä lypsykarjatilalta kerätyillä, eri päivänä otetuilla 16 näytteellä. Rinnakkaisnäytteistä määritettiin päivittäinen ja päivien välinen suhteellinen hajonta. Menetelmää optimoitaessa parhaimmaksi näytekokoksi todettiin 3–4 grammaa. Lyhyin kuivatusaika saavutettiin kuumentamalla näyte aluksi 3 minuutiksi 160°C:een ja kuivaamalla sen jälkeen 135°C:ssa. Analyysi valmistui 4–7 minuutissa. Näytteiden kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 36,16 % uunikuivauksessa ja 35,84 % halogeenikuivaimella määritettynä (Taulukko 14). Kolmen peräkkäisen päivän mittaustulosten vaihtelu oli keskimäärin 0,90 %. Yhden näytteen pitkässä kymmenen määrittämisen toistosarjassa kaikki kuiva-aineen mittausravot olivat välillä 39,17 % – 39,66 %. Mittaustulosten suhteellinen hajonta on erittäin pieni ja määrittämisen päivien välinen toistettavuus on hyvä. Yksi mittauskerta riittää antamaan näyte-erästä luotettavan tuloksen, kun näytteen ottamiseen kiinnitetään huomiota (edustavuus). Validoinnin perusteella PMB53–halogeenikuivain on varsin tarkka ja tehokas vaihtoehto lietteestä separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseen. Optimoidun ohjelman asetukset kyseiselle halogeenikuivaimelle löytyvät taulukosta 15. Ohje halogeenikuivaimen käyttöön separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi on liitteessä 2.



*Kuva 29. a ja b. Halogeenikuivaimessa on halogeenipolttimo, joka lämmittää ja siten kuivaa näytelevylle asetettua näytettä määrätyn ohjelman mukaisesti.*

Taulukko 14. Kuiva-ainepitoisuudet halogeenikuivaimella ja perinteisellä uunimenetelmällä määritettynä, rinnakkaisten määrittysten variaatiokerroin sekä määrittysten välinen kerroin.

Näyte	Halogeenikuivain		Uuni		Kerroin Halogeenikuivain/ uunikuivain
	Kes- kiarvo	CV %	Kes- kiarvo	CV %	
1.1	40,05	0,282	40,63	0,589	0,986
1.2	38,23	0,314	38,49	1,009	0,993
1.3	39,46	0,753	39,88	0,554	0,989
1.4	40,30	1,386	40,56	0,315	0,993
2.1	34,79	3,395	34,24	0,567	1,016
2.2	33,10	0,577	34,05	1,309	0,972
2.3	33,03	0,171	33,79	0,523	0,978
2.4	33,28	0,637	33,74	0,972	0,986
3.1	39,22	0,162	39,09	1,053	1,003
3.2	50,06	4,478	49,35	2,282	1,014
3.3	52,28	0,609	53,16	0,506	0,983
4.1	29,95	1,653	30,82	0,611	0,972
4.2	30,50	0,835	30,94	0,160	0,986
L1	27,29	1,503	27,09	0,787	1,007
L2	25,85	0,164	36,15	0,971	0,988
L3	26,05	0,353	26,50	1,214	0,983

Taulukko 15. PMB53 –halogeenikuivaimen asetukset lietelannasta separoidulle kuivajakeelle optimoidulle ohjelmalle.

Valittavat asetukset	PST xx KUIVIKELANTA
Heat (single, ramp, step)	Step -> step1 160°C 3 min, step2 135°C 15 min, step3 135°C 15 min
Interval	5 sec
Rapid (on, off, user)	off
Stop (Time, Stab, Time/Stab)	Time/Stab 30 min or 0.003, 15 sec
Start (manual, auto)	manual
Print test (on, off)	on
Format (comp, summ)	comp



## 6 KIINNOSTUS KUIVAJAEKUIVITUKSEEN

*Miika Kahelin ja Saara Tolonen, Savonia AMK*

Karjatilallisille suunnatussa kyselyssä selvitettiin tilojen kiinnostusta lietalannan separointiin ja kuivajakeen kuivituskäyttöön. Webropol-kyselyssä selvitettiin kokemuksia ja tyytyväisyyttä nykyiseen kuivikevalintaan. Huomioitavia asioita olivat eläinten terveys ja puhtaus, kuivikkeen saatavuus, hinta ja toimivuus tilan lannanpoistojärjestelmässä. Kyselyssä selvitettiin tilojen kiinnostusta separoida lantaa, käyttää nestejätettä lannoitteena ja kuivajätettä kuivituksessa. Lopuksi kysyttiin käsityksiä separaattorin mahdollisesta tilojen välisestä yhteiskäytöstä. Perustiedoiksi kartoitettiin tilan eläinmäärä ja parsimateriaali. Kyselyä jaettiin eri tapahtumissa, kuten Kivirantapäivillä ja somessa.

Kyselyyn vastaaminen jäi heikoksi. Kysely avattiin 27.4. Vastauksia oli tullut 8.6. mennessä 10 kappaletta. Kysely oli kuitenkin avattu 60 kertaa. Siitä voinee päätellä aiheen kiinnostavan, mutta mielenkiinto perusteelliseen vastaamiseen on ollut vähäistä. Vastaajilla oli mennyt kyselyyn vastaamiseen aikaa 4,5–24 minuuttia. Loppukevään aika-  
taulu on voinut myös olla monille kevätkiireiden takia huono. Kaikki vastaukset oli saatu 2.5.–30.5. välisenä aikana.

### 6.1 Kyselyn tuloksia

Vastanneilla tiloilla kuivittavien parsien lukumäärä vaihteli 24–230 välillä. Yleisin kuivike oli turve. Sitä käytti 80 prosenttia tiloista, kutteria 70, olkea 40 ja olkisilppua 10 prosenttia tiloista. Yksi tila ilmoitti käyttävänsä kuivaheinäsilppua. Tärkeimmät valintaperusteet käytetylle kuivikkeelle olivat kuivikkeiden kuivitusominaisuudet, nesteen pidätyskyky, väri ja pöly. Seuraavaksi merkittävämpänä koettiin kuivikkeen toimivuus lannanpoistossa. Kuivikkeen hintaa ja kuivitustyön helppoutta pidettiin keskenään yhtä tärkeinä. Varastointimahdollisuudet ja vanhat tottumukset oli myös mainittu yhdeksi valintaperusteeksi.

Tilojen parsien pintamateriaalista yleisimpiä olivat parsipeti ja parsimatto. Muutamalla tilalla oli käytössä myös kestokuivikepohjaa ja pelkkää betonia. Valtaosalla tiloilla pääasiallinen lannanpoistojärjestelmä oli lietalanta. Siihen liittyivät avokouru ja raappa tai ritiläpalkit ja puhdistusrobotti. Yhdellä vastaajista oli parsinavetta, muut olivat pihattoja. Vastaajien tuotantoeläinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät olivat yleisimmin painovoimaisia.

Parret puhdistettiin 2–4 kertaa vuorokaudessa ja uutta kuiviketta levitettiin yhtä monta kertaa. Kuivitus tehtiin tyypillisimmin käsin (60 prosenttia vastaajista). Seuraavaksi yleisin oli pienkuormaajan käyttö ja yhdellä tilalla oli käytössä kuivitusrobotti. Tärkeimmäksi syyksi valitulle kuivitustavalle koettiin tottumus ja seuraavaksi tärkeimmäksi valitun kuivitustavan taloudellisuus. Kuivikkeiden varastoinnissa tyypillisimmät varastointitavat olivat ulkona alkupe-räsipakkauksissa tai tuotantoeläinrakennuksen kuivikevarastossa.

Vastaajat kokivat olevansa suhteellisen tyytyväisiä nykyiseen kuivitusratkaisuun. Asteikolla 1–10 vastausten keskiarvo oli 7,1 ja keskihajonta 2,8. Suurimmat ongelmat nykyisellä kuivikkeella olivat kinnerhaavaumat. Kuivikkeen ei koettu aiheuttavan utareterveysongelmia yhdelläkään tilalla. Puolet vastaajista oli pohtinut

tuotantoeläinrakennuksen remontointia ja sen yhteydessä tehtävää lannanpoisto- ja kuivikeratkaisun uudistamista. Vastaajat olivat keskimääräisen tyytyväisiä nykyisen kuivikkeen saatavuuteen ja hintakehitykseen.

Separoidun kuivajakeen käyttöä kuivikkeena oli pohtinut 80 prosenttia vastaajista. Kiinnostavuus ja koettu realismi kuivajaekuivitukselle oli keskimääräisellä tasolla. Asteikolla 0–10 vastausten keskiarvo oli 6,7. Vastaajat olivat ottaneet selvää kuivajaekuivituksesta tyypillisimmin toisten viljelijöiden kokemusten ja lehtiartikkeleiden perusteella, seuraavaksi tulivat tutkimusraportit ja koulutustapahtumat. Yli puolet vastaajista oli vierailut tilalla, jossa on käytössä kuivajaekuivitus. Vain 20 prosenttia vastaajista oli ollut jo yhteydessä separaattorivalmistajiin, mutta laitevalmistajien kiinnostuneisuutta tilan kuivitusratkaisuihin ei koettu kovinkaan hyväksi.

Lannan jakeistaminen ravinnejakauman ja lannoitekäytön parantamiseksi kiinnosti 70 prosenttia vastaajista, toiseksi merkityksellisempänä pidettiin logistiikkahyötyjä ja varastointitilavuuden tarpeen pienenemistä. Tärkeimpänä valintaperusteena mahdolliselle separaattorihankinnalle pidettiin laitteen hintaa, seuraavana tuli yksinkertainen rakenne ja huollettavuus. Mielenkiinto lietteen vetoletkulevitykseen yhdistettynä separointiin oli keskimääräisellä tasolla. Asteikolla 0–10 vastausten keskiarvo oli 6,7. Kuivajakeen kuivikekäytön houkuttelevimpana tekijänä koettiin eläinten hyvinvointi, eläinterveys ja muiden kuivikkeiden hinta.

Kukaan vastaajista ei ollut miettinyt yhteiskäyttöisen separaattorin hankintaa. Yhteiskäyttö nähtiin mahdolliseksi vain lannan jakeistamisessa lannoitusmielessä. Mielenkiinto yhteiskäyttöön oli kokonaisuudessa vähäistä. Yli puolella vastaajista oli tiedossa tila, jonka kanssa lantaseparaattorin yhteiskäyttö olisi mahdollista. Suurimpina huolenaiheina yhteiskäytössä nähtiin kuivikekäytössä eläintaudit sekä yleisesti vastuunjako ja käyttöajasta sopiminen.

## 7 KUIVIKESEPAROINNIN KANNATTAVUUS JA MASSATASEET

*Ville Pyykkönen, Luke ja Miika Kahelin, Savonia AMK*

### 7.1 Kuivajakeen saanto lietalannan ja mädätteen ruuvipuristinseparoinnissa

Lietelannan tai mädätteen separoinnissa muodostuvan kuivajakeen määrä ja kuiva-ainepitoisuus (ka) vaikuttavat esimerkiksi kuivikkeen tuotannon vaatimaan työaikaan ja energiankulutukseen. Kuivutusta varten kuivajakeelle tavoitellaan yleensä noin 35 prosentin kuiva-ainepitoisuutta (ka). Tavoitteeseen pääsemiseksi tarvitaan kuivutukseen tarkoitettu separaattori ja separaattorille oikeat asetukset: tarpeeksi suuren puristusvoiman lisäksi esimerkiksi oikeanlainen seula ja syötevirtaama. Yleisesti ottaen ruuvipuristinseparaattorin asetusten pysyessä vakiona kuivajaetta muodostuu sitä enemmän, mitä korkeampi on lietesyötteen kuiva-ainepitoisuus.

FarmGasin ja muiden hankkeiden tuottamasta datasta (Pyykkönen ym. 2013, Virkajärvi ym. 2016, Pyykkönen & Ervasti 2019, Pyykkönen & Frondelius 2024) muodostettiin yksinkertainen regressiomalli, joka ennustaa ruuvipuristintyyppisen separaattorin tuottaman kuivajakeen tuoremassan määrän, kun tiedetään lietesyötteen kuiva-ainepitoisuus ja kuivajakeelle tavoiteltu kuiva-ainepitoisuus. Mallissa käytetty data oli tuotettu viidellä eri ruuvipuristimella (Bauer S655, Højgaards, Milston Farmer, Eko-erotus 120 ja EYS SP-800HD) ja datassa oli mukana kuusi mädätteen ja 21 naudan lietalannan separointiajtoa. Lietelanta- ja mädätesyötteen kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat välillä 2,5–9,9 prosenttia ja niistä tuotettujen kuivajakeiden kuiva-ainepitoisuudet olivat 20–41 prosenttia.

Kun tiedetään lietemäisen syötteen kuiva-ainepitoisuus ( $C_{\text{syöte}}$ , %) ja tavoiteltu kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus ( $C_{\text{kuivajae}}$ , %), kuivajakeen saanto voidaan laskea yhtälöllä:

$$\text{Tuoremassan erotustehokkuus kuivajakeeseen} = 0,0281 + 0,0370 \times C_{\text{syöte}} - 0,0057 \times C_{\text{kuivajae}}$$

Esimerkiksi, jos lietesyötteen kuiva-ainepitoisuus on 8 prosenttia ja kuivajakeen kuiva-ainetavoite 35 prosenttia, laskelman tulos on  $0,0281 + 0,0370 \times 8 - 0,0057 \times 35 = 0,12$ , mikä tarkoittaa, että 12 prosenttia lietesyötteen massasta menee kuivajakeeksi ja loput 88 prosenttia nestejakeeksi. Jos lietteen kuiva-ainepitoisuus on alhaisempi, esimerkiksi 5 prosenttia, ja kuivajakeen 35 prosenttia, separoinnissa muodostuvan kuivajakeen tuoremassa on vain 1,4 prosenttia lietesyötteen massasta (lopun 98,6 prosenttia nestejaetta). Malli toimii kohtalaisen hyvin, kun lietesyötteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5–10 prosenttia ja kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus noin 20–37 prosenttia. Näiden vaihteluvälien ulkopuolella yhtälö voi tuottaa epäloogisia tuloksia (negatiivinen erotustehokkuuslukema).

Mallin ja koetulosten mukaan (Taulukko 11) lietesyötteen alhainen kuiva-ainepitoisuus vähentää huomattavasti kuivajakeen saantoa. Lietelannan alhainen kuiva-ainepitoisuus voi johtua esimerkiksi pesuveden runsaasta käytöstä tai siitä, että separoinnin nestejaetta palautetaan takaisin lietekuiluun tai säiliöön, josta lietettä johdetaan separointiin. Lisäksi nestejakeen palautus osaksi separaattorin syötettä vaikuttaa lietteen partikkelikokojakaumaan. Jos lietteessä on paljon pieniä partikkeleita, ne voivat päästä helpommin ruuvipuristimen seulan läpi nestejakeeseen ja siten kuivajaetta saattaa muodostua vähemmän. Partikkelien ominaisuuksien muutokset saattavat vaikuttaa myös kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuteen.

Taulukko 16. Kokeissa mitattuja (E, koe) sekä mallinnettuja (E, malli) tuoremassan erotustehokkuuksia kuivajakeeseen naudan lietelannan ja mädätteen separoinneissa. Mallissa erotustehokkuuteen vaikuttavat separaattorin syötteen ja sen tuottaman kuivajakeen kuiva-ainepitoisuudet (ka %).

Lähde	Separattori	Syöte	Syöte ka %	Kuivajae ka %	E, koe	E, malli
1	EYS	Mädäte	4,9	31	4 %	3 %
1	Bauer	Mädäte	4,8	31	3 %	3 %
1	EYS	Lietelanta	5,4	36	3 %	2 %
1	Eko-erotus	Lietelanta	7,5	27	13 %	15 %
1	Eko-erotus	Lietelanta	7,2	39	6 %	7 %
2	Bauer	Lietelanta	8,9	24	21 %	22 %
2	Bauer	Mädäte	6,5	29	10 %	10 %
3	Bauer	Lietelanta	9,9	21	34 %	28 %
3	Bauer	Liete	7,2	24	15 %	16 %
3	Bauer	Lietelanta	3,6	22	4 %	4 %
4	Bauer	Mädäte	4,8	26	5 %	6 %
5	Højgaard's	Lietelanta	6,1	31	6 %	7 %
5	Milston	Lietelanta	6,7	28	8 %	12 %

Lähteet: 1) FarmGas-hanke, 2) Pyykkönen & Ervasti 2019, 3) Pyykkönen ym. 2013, 4) Virkajärvi ym. 2016, 5) Pyykkönen & Frondelius 2023.

Myös biokaasuprosessointi vaikuttaa kuivajakeen saantoon lietelannasta, ainakin ka-pitoisuuden muutoksen vuoksi sekä jossakin määrin muiden muutosten takia (ravinteiden olomuotojen, partikkelikokojakauman ja pH:n muutokset). Biokaasureaktorissa naudan lietelannan kuiva-ainepitoisuus voi vähentyä kaasunmuodostuksen takia esimerkiksi 20–25 prosenttia, riippuen muun muassa syötteen biohajoavuudesta ja prosessiparametreista (viipymä, lämpötila). Biokaasulaitosten syötteenä käytetään kuitenkin usein lietelannan ohella korkean kuiva-ainepitoisuuden lisäsyötteitä, kuten kasvimassoja tai kuivalantoja, jotka nostavat mädätteen kuiva-ainepitoisuutta ja siten lisäävät kuivajakeen saantoa separoinnissa.

Esimerkitapauksessa naudan lietelantaa syötetään biokaasulaitokseen 10 tonnia vuorokaudessa. Kaasunmuodostuksen vuoksi sen kuiva-ainepitoisuus alenee 9,0 prosentista 7,0 prosenttiin. Yksi tonni säilörehua (ka 30 %) vuorokaudessa lisäsyötteenä kasvattaisi syötteen kuiva-ainepitoisuuden 10,9 prosenttiin ja mädätteen kuiva-ainepitoisuuden 7,7 prosenttiin. Jos rehun sijasta lisäsyötteenä olisi huonommin biohajoavaa naudan kuivikelantaa (ka 30 %) yksi tonni vuorokaudessa, mädätteen kuiva-ainepitoisuus olisi 8,6 prosenttia, eli lähes yhtä suuri kuin lietelanta-syötteessä. Esimerkit laskettiin Biokaasulaskurin (2023) oletusarvoilla.

## 7.2 Tilakohtaisen kuivikeseparaattorin kannattavuus

Kuivikeseparaattori ja sen syötepumppu maksavat yhteensä esimerkiksi 30 000 euroa. Hankintaan voi saada investointitukea 40 prosenttia vuonna 2023, eli tuettu hinta on 18 000 euroa. Kahden lypsyrobotin tila tarvitsee kuiviketta noin 438 m<sup>3</sup> vuodessa (120 partta, partta kohti 10 litraa kuiviketta vuorokaudessa). Jos separoinnista saatavan kuivajakeen tiheys on 400 kg/m<sup>3</sup>, kuivajakeita tarvitaan kuivitukseen 175 tonnia vuodessa. Jos separoinnissa kuivajakeeksi erottuu esimerkiksi 10 prosenttia syötteestä, täytyy lietettä separoida 1750 tonnia vuodessa (4,8 tonnia vuorokaudessa). Luonnonvarakeskuksen Maaningan tutkimusnavetalla kahdessa mittauksessa EYS SP-800HD -separaattorin lietalantasyötevirtaama oli 8–9 m<sup>3</sup> tunnissa ja sähkönkulutus 0,6–0,8 kWh/tonni syötettä. Jos sähkönkulutusarvona käytetään 0,8 kWh/tonni lietesyötettä ja sähkön hinta on 12 snt/kWh, separoinnin sähkökustannus on 168 euroa vuodessa (0,096 €/tonni lietesyötettä). Kuivikeseparoinnin työkustannus on arviolta 2 620 euroa vuodessa (5 min/t syötettä ja 18 €/h). Ylläpidon vuosikustannus on arviolta 5 % tukemattomasta investoinnista (Kiljala 2023), eli 1 500 euroa vuodessa.

Kuivikeseparoinnin kokonaiskustannus kahden robotin tilalla olisi 6 020 euroa vuodessa, eli kuivikkeen tuotantokustannus olisi 14 €/m<sup>3</sup>. Yhden robotin tilalla kuivikekustannus olisi 21 €/m<sup>3</sup> (Taulukko 17). Separattorilla tuotettu kuivajae on edullinen kuivike verrattuna esimerkiksi paaliturpeeseen (27 €/m<sup>3</sup> alv 0 %, Hankkija 2023a) tai kutteriin (43 €/m<sup>3</sup>, Hankkija 2023b).

Taulukko 17. Kuivajae kuivikkeen tuotantokustannus yhden ja kahden lypsyrobotin tilalla.

<b>Kuivikeseparaattori + pumppu</b>	<b>1 robotti</b>	<b>2 robottia</b>	<b>Lisätieto</b>
Parsia kpl	60	120	
Kuiviketarve m <sup>3</sup> /v	219	438	=Parsia kpl*0,01 m <sup>3</sup> /vrk/parsi*365 vrk/v
Kuiviketarve t/v	88	175	Kuiviketarve m <sup>3</sup> /v*tiheys 0,4 t/m <sup>3</sup>
Lietesyöte separaattorille t/v	876	1 752	Kuivajakeeksi 10 % lietesyötemassasta
Investointi ilman tukea €	30 000	30 000	
Tuettu investointi (I) €	18 000	18 000	Tuki 40 %
Laskentakorko (p) %	5	5	Arvio: Kiljala 2023
Käyttöikä (n) v	15	15	Arvio: Kiljala 2023
Investoinnin annuiteetti €/v	1 734	1 734	= $I \cdot (p(1+p)^n) / ((1+p)^n - 1)$
Ylläpitokustannus €/v	1 500	1 500	5 % tukemattomasta investoinnista
Separoinnin työkustannus €/v	1 309	2 617	=Lietesyöte t/v*0,083 h/t*18 €/h
Sähkökustannus €/v	84	168	=Liete t/v*0,8 kWh/t*0,12 €/kWh
Separointikustannus yhteensä €/v	4 627	6 020	=Annuiteetti+Ylläpito+Työ+Sähkö
<b>Separointikustannus €/m<sup>3</sup> kuiviketta</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>=Sep.kust. yht. / Kuiviketarve m<sup>3</sup>/v</b>

### 7.3 Tilojen yhteisen kuivikeseparaattorin kannattavuus

Hankkeessa tarkasteltiin vaihtoehtona myös tilojen yhteistä kuivikeseparaattoria, mutta se todettiin kannattamattomaksi verrattuna kunkin tilan itse omistamaan separaattoriin, etenkin korkeiden pesu- ja desinfiointikustannusten takia.

Esimerkkitapauksessa separaattori jaettaisiin neljän tilan kesken ja separaattori kiertäisi kaikki tilat kolme kertaa viikossa, jolloin vuodessa olisi 156 separointipäivää. Jos jokainen tila sijaitisi 10 kilometrin päässä toisistaan, ajomatkaa kertyisi 6 240 km ja auton kustannukseksi 1 560 € vuodessa (0,25 €/km). Auton kuljettajan palkka olisi 1 872 euroa vuodessa (60 km/h ja 18 €/h). Jos pesuun ja desinfiointiin menisi tunti tilaa kohden, sen vaatima työ maksaisi 11 232 euroa vuodessa. Pesu- ja desinfiointiaineet sekä pesupaikan kustannus olisivat yhteensä 18 720 euroa vuodessa (arvio 30 €/kerta). Kokonaisuudessaan separaattorin siirron, pesun desinfioinnin kustannus olisi 33 384 euroa vuodessa ja yhtä tilaa kohden 8 346 euroa vuodessa. Pelkkä separointi yhteisellä separaattorilla olisi yhtä maatilaa kohden edullista, kuivikekustannus olisi neljällä yhden lypsyrobotin tilalla 10 €/m<sup>3</sup> ja neljällä kahden robotin tilalla 8 €/m<sup>3</sup>. Pesun, desinfioinnin ja siirtojen kanssa kuivajaekuivitus olisi kuitenkin kallista: neljällä yhden lypsyrobotin tilalla kuivikekustannus olisi 120 €/m<sup>3</sup> ja neljällä kahden robotin tilalla 68 €/m<sup>3</sup>. Jos separointi ja kuivitus tapahtuisi päivittäin, pesu-, desinfiointi- ja siirtokustannus olisi yli kaksinkertainen. Myös separaattorin ylläpito-kustannus olisi yhteiskäytössä todennäköisesti korkeampi kuin yksittäisen tilan käytössä.

Taulukko 18. Separoidun kuivajakeen tuotantokustannukset tilojen yhteisellä kuivikeseparaattorilla tuotettuna.

<b>Kuivikeseparaattori + pumppu</b>	<b>4*1 ro- botti</b>	<b>4*2 ro- bottia</b>	<b>Lisätieto</b>
Tiloja kpl	4	4	
Parsia kpl	240	480	
Kuiviketarve m <sup>3</sup> /v	876	1 752	=Parsia kpl*0,01 m <sup>3</sup> /vrk/parsi*365 vrk/v
Kuiviketarve t/v	350	701	Kuiviketarve m <sup>3</sup> /v*tiheys 0,4 t/m <sup>3</sup>
Lietesyöte separaattorille t/v	3 504	7 008	Kuivajakeeksi 10 % lietsyötemassasta
Investointi ilman tukea €	30 000	30 000	0
Tuettu investointikustannus (I) €	18 000	18 000	Tuki 40 %
Laskentakorko (p) %	5	5	Arvio: Kiljala 2023
Käyttöikä (n) v	15	15	Arvio: Kiljala 2023
Investoinnin annuiteetti €/v	1 734	1 734	= $I*(p(1+p)^n)/((1+p)^n-1)$
Ylläpitokustannus €/v	1 500	1 500	5 % tukemattomasta investoinnista
Separoinnin työkustannus €/v	5 235	10 470	=Lietesyöte t/v*0,083 h/t*18 €/h
Sähkötustannus €/v	336	673	=Liete t/v*0,8 kWh/t*0,12 €/kWh
Separointikustannus yhteensä €/v	8 806	14 377	=Annuiteetti+Ylläpito+Työ+Sähkö
<b>Separointikustannus €/m<sup>3</sup> kuiviketta</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>=Sep.kust. yht. / Kuiviketarve m<sup>3</sup>/v</b>
<i>Separattorin siirto, pesu ja desinfiointi:</i>			
Ajomatka km/v	6 240	6 240	156 ajokierrosta/v*Tiloja kpl*10 km/tila
Auton kustannus €/v	1 560	1 560	Ajomatka km/v*0,25 €/km
Kuljettajan palkka €/v	1 872	1 872	18 €/h*Ajomatka km/v*60 km/h
Pesu- ja desinfiointityö €/v	11 232	11 232	18 €/h*Tiloja kpl*1 h/tila*156 pv/v
Pesu- ja desinfiointiaineet & pesu- paikka €/v	18 720	18 720	30 €/kerta*Tiloja kpl*156 pv/v
Siirto- pesu ja desinfiointi yht. €/v	33 384	33 384	
Kokonaiskustannus €/v	42 190	47 761	Separointi+siirto+pesu ja desinfiointi
<b>Kokonaiskustannus €/m<sup>3</sup> kuiviketta</b>	<b>120</b>	<b>68</b>	<b>Separointi+siirto+pesu ja desinfi- ointi</b>

#### 7.4 Kuivikeseparaattoreiden tuottamien jakeiden pH-arvot ja ravinnepitoisuudet

Hankkeessa testattiin kuivikkeen tuotantoon tarkoitettuja ruuvipuristinseparaattoreita, Luken kokeissa EYS SP-800HD:tä ja Savonian maatilademoissa Eko-erotus 120:ta. Molemmat kuivikeseparaattorit toimivat hyvin kuivikkeen tuotannossa, sillä niillä saatiin tuotettua tarpeeksi kuivaa (tavoite-ka 35 %) ja asetuksia testattaessa jopa liian kuivaa, pölyävää kuivajaetta (ka yli 40 %). Luken kuivikekokeissa testattiin myös lannoituspuolelle tarkoitettua Bauer S655 -ruuvipuristinseparaattoria, jolla aiemmissa kokeissa saatiin tuotettua parhaimmillaan kuiva-ainepitoisuudeltaan 29 prosentin kuivajaetta (Pyykkönen & Ervasti 2019, Pyykkönen & Frondelius 2024). FarmGasin kokeissa Bauerilla saatiin tuotettua mädätteestä kuiva-ainepitoisuudeltaan 31 prosentista ja lietalannasta 29 prosentista kuivajaetta.

Kuivajakeen pH voi olla kuivituksessa mielenkiinnon kohteena, sillä matala tai korkea pH voi ehkäistä haitallisten mikrobien kasvua. Toisaalta korkea pH lisää typen haihtumista ammoniakkinä. Maatilademossa lietalannan pH oli kolmessa mittauksessa keskimäärin 7,7, separoinnin nestejakeen 7,8 ja kuivajakeen 8,7. Luken Maaningan tutkimusnavetan kokeissa lietalannan pH oli keskimäärin 7,4 ja siitä tuotetun nestejakeen 7,5 ja kuivajakeen 8,4. Maaningan biokaasulaitoksen mädätteen ja sen separointijakeiden pH:t olivat hieman korkeampia kuin lietalannalla: mädäte 7,6, nestejake 7,8 ja kuivajake 8,7 (seitsemän analyysikertaa).

Kuiviketuotannon lisäksi lietalannan ja mädätteen ravinteiden erottelu eri jakeisiin voi tuoda säästöjä lannoituksessa. Fosforin erottumista kuivajakeeseen indikoi hyvin se, kuinka paljon korkeampi liukoisen typen ja kokonaisfosforin suhdeluku (liuk.N/P-suhde) on nestejakeessa kuin lietesyötteessä. Nestejakeessa on suunnilleen yhtä suuri liukoisen typen pitoisuus, mutta pienempi fosforipitoisuus kuin lietesyötteessä. Mitä suurempi liuk.N/P-suhdeluku on nestejakeessa kuin separoimattomassa lietteessä, sitä enemmän voidaan nestejakeen mukana levittää pellolle liukoista typpeä fosforirajoituksen puitteissa. Muiden hankkeiden kokeissa ruuvipuristimet eivät ole erottaneet fosforia kovin tehokkaasti kuivajakeeseen, niissä liuk.N/P-suhdeluku on ollut nestejakeissa enimmillään noin neljänneksen korkeampi kuin separoimattomassa lietteessä (Virkajärvi ym. 2016, Pyykkönen & Ervasti 2019, Pyykkönen & Frondelius 2024). Tämä tarkoittaa, että fosforirajoituksen puitteissa saadaan nestejakeen mukana levitettyä hehtaarille neljännes enemmän liukoista typpeä kuin separoimattoman lietteen mukana saataisiin. Nestejakeella on myös muita hyötyjä, esimerkiksi separoimatonta lietettä nopeampi levitettävyyden (Sairanen 2024), parempi liukoisen typen käyttökelpoisuus (Virkajärvi ym. 2016) ja nopeampi imeytyminen maahan. Lantalogistiikan kannalta tärkeä indikaattori on kuivajakeen korkeat ravinnepitoisuudet, etenkin fosforipitoisuus. Fosforia erottaa kuivajakeeseen ruuvipuristinta paremmin esimerkiksi dekantterilinko, mutta se on investointihinnaltaan ja käyttökustannuksiltaan kalliimpi (Pyykkönen & Ervasti 2019).

FarmGasin kokeissa ei pyritty optimoimaan ravinteiden erotusta. EYS:llä, Eko-erotuksella ja Bauerilla ravinteita erottui hieman heikommin kuin aiemmissa hankkeissa. Esimerkiksi nestejakeiden liuk.N/P-suhdeluvut olivat vain 6–16 prosenttia korkeammat kuin separoimattomissa syötteissä. Kuivajakeiden fosforipitoisuudet olivat 155–336 prosenttia korkeammat kuin lietesyötteissä. Kuivajakeista määritetyt tilavuuspainot eivät olleet aina johdonmukaisia, sillä kuivempien kuivajakeiden tiheydet olivat esimerkiksi 345 ja 415 kg/m<sup>3</sup> ja kosteampien 240 ja 260 kg/m<sup>3</sup> (Taulukko 19).



Ravinnetaulukoihin valittiin tuloksia sellaisista separointiajoista, joissa massataseet täsmäsivät hyvin, eli separointijakeissa oli suunnilleen yhtä paljon ravinteita kuin lietesyötteessä. Massataseiden tarkkuutta paransi se, että kustakin näytteestä tehtiin kaksi rinnakkaista analyysiä. Taulukoissa esitettyjen kuivikeseparaattoreiden (EYS ja Eko-erotus) ravinteiden erotustehokkuuksia ei voi verrata suoraan keskenään, koska niille syötettyjen lietteiden (lietelanta tai mädäte) ja jakeiden ominaisuudet poikkesivat toisistaan (etenkin ka-pitoisuudet).

*Taulukko 19. Syötteiden ja separointijakeiden kuiva-aineen, orgaanisen aineen (oa), hiilen (C), pääravinteiden (NPK), liukoisen typen (liuk. N) ja rikin (S) pitoisuudet sekä erotustehokkuudet (E) jakeisiin. E yhteensä on 100 % silloin, jos separointijakeissa on taselaskelman mukaan sama määrä ravinnetta kuin syötteessä.*

	Massa kg	ka %	oa %	C kg/t	N kg/t	Liuk.N kg/t	P kg/t	K kg/t	S kg/t	Tiheys (kg/ m <sup>3</sup> )	Liuk. N/P
Liete/Eko-erotus	1000	7,1	6,2	31,2	3,19	1,84	0,52	3,17	0,38	1000	3,51
Nestejae	952	5,4	4,5	24,2	3,10	1,84	0,49	3,16	0,34	1000	3,77
Kuivajae	48	39,1	37,0	170,8	5,01	1,31	1,34	2,56	1,38	415	0,98
E nestejakeeseen	95 %	73 %	69 %	74 %	93 %	95 %	89 %	95 %	84 %		
E kuivajakeeseen	5 %	27 %	29 %	26 %	8 %	3 %	12 %	4 %	17 %		
E yhteensä	100 %	100 %	98 %	101 %	100 %	99 %	101 %	99 %	102 %		
Liete/Eko-erotus	1000	6,6	5,6	29,1	3,08	1,79	0,51	3,19	0,35	1000	3,53
Nestejae	940	4,4	3,3	20,5	2,95	1,74	0,43	3,26	0,28	1000	4,10
Kuivajae	60	40,6	38,2	169,8	5,30	1,40	1,82	2,72	1,47	345	0,77
E nestejakeeseen	94 %	63 %	54 %	66 %	90 %	92 %	79 %	96 %	76 %		
E kuivajakeeseen	6 %	37 %	41 %	35 %	10 %	5 %	22 %	5 %	25 %		
E yhteensä	100 %	100 %	95 %	101 %	100 %	96 %	100 %	101 %	102 %		
Mädäte/EYS	1000	4,9	3,5	14,8	3,30	2,07	0,56	3,89	0,27	1000	3,70
Nestejae	964	4,0	2,6	10,5	3,24	2,08	0,51	3,94	0,24	1000	4,12
Kuivajae	36	31,1	27,4	140,5	6,47	2,46	2,13	3,64	0,91	260	1,15
E nestejakeeseen	96 %	77 %	72 %	68 %	95 %	97 %	87 %	98 %	85 %		
E kuivajakeeseen	4 %	23 %	29 %	34 %	7 %	4 %	14 %	3 %	12 %		
E yhteensä	100 %	100 %	101 %	102 %	102 %	101 %	101 %	101 %	98 %		
Liete/EYS	1000	4,9	3,6	16,5	2,70	1,55	0,43	3,34	0,73	1000	3,58
Nestejae	975	4,1	3,0	15,2	2,68	1,57	0,41	3,28	0,69	1000	3,81
Kuivajae	25	33,1	30,7	153,9	4,67	1,24	1,89	3,04	2,14	240	0,65
E nestejakeeseen	97 %	83 %	81 %	90 %	97 %	99 %	93 %	96 %	92 %		
E kuivajakeeseen	3 %	17 %	21 %	24 %	4 %	2 %	11 %	2 %	7 %		
E yhteensä	100 %	100 %	103 %	113 %	101 %	101 %	104 %	98 %	99 %		

Separointikokeissa määritettiin myös sivu- ja hivenravinteiden pitoisuuksia (Taulukko 20), mutta niiden kohdalla massataseet eivät yleensä täsmänneet yhtä hyvin kuin pääravinteiden kohdalla. Rajallisen datan perusteella tiettyjen ravinteiden erotustehokkuudet näyttäisivät korreloivan keskenään seuraavasti:

- Hiilen erotustehokkuus on hyvin samankaltainen orgaanisen aineen kanssa. Molemmat korreloivat myös kuiva-aineen erottumisen kanssa. Hiiltä ja orgaanista ainetta erottuu yleensä suhteessa enemmän kuivajakeeseen kuin kuiva-ainetta.
- Liukoisen typen ja kaliumin erotustehokkuudet korreloivat keskenään, kaliumia erottuu kuivajakeeseen yleensä hieman enemmän kuin liukoista typpeä. Myös natriumin erotustehokkuudet ovat samankaltaisia (Taulukot 19 ja 20)

*Taulukko 20. Syötteiden ja separointijakeiden sivu- ja hivenravinteiden pitoisuudet sekä erotustehokkuudet (E) jakeisiin. Useissa kokeissa näiden massatase ei täsmännyt hyvin (jakeissa yhteensä selvästi syötteestä poikkeava ravinnemäärä).*

	<b>Massa kg</b>	<b>ka %</b>	<b>Ca kg/t</b>	<b>Mg kg/t</b>	<b>Na kg/t</b>	<b>Cu kg/t</b>	<b>Mn kg/t</b>	<b>Zn kg/t</b>	<b>B kg/t</b>
Liete/Eko-erotus	1000	6,6	1,04	0,69	0,47	3,20	15,62	18,71	1,96
Nestejake	940	4,4	1,02	0,60	0,48	3,09	13,00	17,15	2,28
Kuivajake	60	40,6	2,42	1,86	0,48	6,85	45,28	42,94	8,42
E nestejakeeseen	94 %	63 %	92 %	83 %	95 %	91 %	78 %	86 %	109 %
E kuivajakeeseen	6 %	37 %	14 %	16 %	6 %	13 %	17 %	14 %	26 %
E yhteensä	100 %	100 %	105 %	99 %	101 %	103 %	96 %	100 %	135 %
Mädäte/EYS	1000	4,9	0,85	0,56	0,38	3,50	15,97	9,23	1,98
Nestejake	964	4,0	0,77	0,50	0,36	3,57	14,51	8,58	1,73
Kuivajake	36	31,1	3,00	1,92	0,35	8,38	58,51	19,81	7,25
E nestejakeeseen	96 %	77 %	88 %	87 %	92 %	98 %	88 %	90 %	84 %
E kuivajakeeseen	4 %	23 %	13 %	13 %	3 %	9 %	13 %	8 %	13 %
E yhteensä	100 %	100 %	101 %	99 %	95 %	107 %	101 %	97 %	98 %

#### Lähteet

Biokaasulaskuri 2023. Luonnonvarakeskus (Luke). <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>. Viitattu 29.11.2023

Hankkija 2023a. Kuiviketurve pyöröpaali Vapo ilman lavaa. <https://www.hankkija.fi/hevoset/kuivikkeet/ia-kuiviketurve-pyropaali-vapo-ilman-lavaa-2033413/>. Viitattu 27.11.2023.

Hankkija 2023a. Kuivikekutteri 20 kg Pölkky. <https://www.hankkija.fi/hevoset/kuivikkeet/ia-polky-kuivikekutteri-1007671/>. Viitattu 27.11.2023.

Kiljala, Heikki 2023. Finnlacto Oy. Arvio kuivikeseparaattorin käyttäjästä ja ylläpitokustannuksesta. Henkilökohtainen tiedonanto 30.11.2023.

Pyykkönen, V., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2013. Maatilamittakaavan biokaasukokeiden tulokset. Teoksessa: Luostarinen, S. (toim.). Biokaasuteknologiaa maataloilla I. Biokaasu-laitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi – käytännön kokemuksia MTT:n maatalakohtaiselta laitokselta. MTT raportti 113. 96 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/481263>

Pyykkönen, V. & Ervasti, S. 2019. Separoinnin mahdollisuudet ja kannattavuustekijät. Teoksessa: Lanta liikkeelle ja ravinteet kiertoon. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja 3/2019. ISBN 978-952-203-262-1 (PDF). [https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu\\_final.pdf](https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu_final.pdf)

Pyykkönen, V. & Frondelius, L. 2024. Separointi ja kuivajakeen säilöntä. Julkaisussa: Pyykkönen, V. & Virkkunen, E. (toim.). Uusia menetelmiä ravinteiden ja orgaanisen aineen kierron tehostamiseen karjataloilla : OrVo-hankkeen tulosjulkaisu. Julkaistaan Luonnonvarakeskuksen raporttisarjassa Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus.

Sairanen, A. 2024. Vetoletkulevitys. Julkaisussa: Pyykkönen, V. & Virkkunen, E. (toim.). Uusia menetelmiä ravinteiden ja orgaanisen aineen kierron tehostamiseen karjataloilla : OrVo-hankkeen tulosjulkaisu. Julkaistaan Luonnonvarakeskuksen raporttisarjassa Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus.

Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Rätty, M., Pakarinen, T., Pyykkönen, V. & Luostarinen, S. 2016. Biokaasuteknologiaa maataloilla II. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2016. 115 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/536848>

## LIITTEET 1 JA 2



# LANTASEPARAATTORIN PUHDISTUS JA DESINFIOINTI

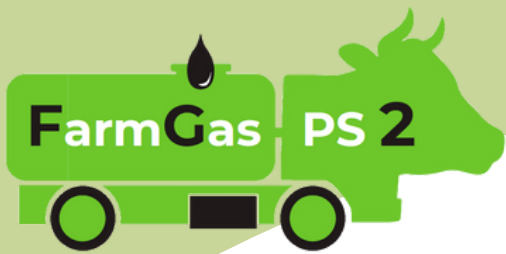
Separoidun lannan käyttö eläinten kuivikkeena on yleistynyt erityisesti nautatiloilla. Tässä yhteydessä esille tulleissa ajatuksissa **lantaseparaattorin yhteiskäytöstä** on huomioitava riski tarttuvien eläintautien leviämisestä. Separattori tulee **puhdistaa ja desinfioida** tilojen välillä siten, ettei sen mukana kulkeudu tarttuvia eläintauteja tilalta toiselle.

Lantaseparaattorin ja tilan lietesäiliön välisten putkien sekä lietesäiliössä olevan pumpun tulee olla **tilakohtaisia**, sillä niiden puhdistus ja desinfiointi riittävällä varmuudella on hankalaa.

Lantaseparaattorin puhdistuksen, pesun ja desinfiointin yhteydessä käsitellään myös sen alustana käytetty kuljetuskärry vastaavalla tavalla.

Lantaseparaattorin ja kuljetusalustan puhdistus, pesu ja desinfiointi tehdään paikassa, josta ei ole vaaraa ulosteen mukana leviävien taudinaiheuttajien leviämisestä eli ei esimerkiksi navetan rehuvaraston, henkilösisäänkäynnin tai maituhuoneen läheisyydessä. Kylmällä säällä pesu on tehtävä lämpimässä hallissa, joka voi samalla toimia lantaseparaattorin asemapaikkana.

Puhdistusohjeet on laatinut ETT ry.



# LANTASEPARAATTORIN PUHDISTUS JA DESINFIOINTI

**Lantaseparaattori puhdistetaan ja desinfioidaan seuraavalla tavalla:**

## **1.MEKAANINEN PUHDISTUS**

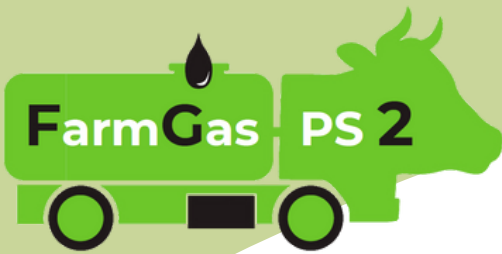
Separaattori käytetään mahdollisimman tyhjäksi ja siitä poistetaan kaikki mekaanisesti irtoava lanta ja lika. Separaattorin kuljetusalusta puhdistetaan vastaavasti.

## **2.ALKUDESINFIOINTI JA LIOTUS EMÄKSISELLÄ, DESINFIOIVALLA PESUAINEELLA**

Pesuaine levitetään mahdollisimman hyvin kaikille separaattorin pinnoille painepesuriin tai painevesijohtoon kiinnitetyllä vaahdottimella.

Alkudesinfiointiaineen annetaan vaikuttaa 10 – 20 minuuttia, se ei saa kuivua separaattorin pinnoille. Alkudesinfiointissa voidaan käyttää esimerkiksi jotakin seuraavista tai niitä vastaavaa valmistetta. Valmistajien antamia käyttöohjeita ja käyttöturvallisuustiedotteita tulee noudattaa.

- F203 Pintty (Kiilto Pro)
- Forteva
- Mida-Foam 196 FI
- Fast Foam Farm
- Biosafe

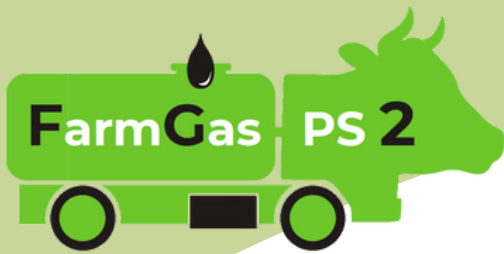


# LANTASEPARAATTORIN PUHDISTUS JA DESINFIOINTI

## 3.PESU

Alkudesinfiointin jälkeen lantaseparaattori ja sen kuljetusalusta pestään painepesurilla puhtaaksi kaikesta lannasta ja liasta, pesussa käytetään mielellään kuumapesuria. Aluksi käytetään kohtuullista, noin + 60 C lämpötilaa, jotta valkuaispitoinen lika ei pala kiinni pestäville pinnoille, pesun lopussa voidaan lämpötilaa nostaa. Painepesurin kääntyvä pesupää auttaa puhdistamaan hankalat kolot ja raot. Putkien pesua varten on hyvä olla käytettävissä viemärinaukaisusuutin tai mieluummin pyörivä putkistonpesusuutin.

Pesua varten separaattorista avataan ja poistetaan separointiruuvien ja sen ympärillä olevan suodatinverkon päässä olevat vastinkumit, jotka on kiinnitetty neljällä pultilla. Kumilevyjä vasten puristuu lantamassaa, jonka poisto ja kumilevyjen puhdistus ei levyjä irrottamatta ole mahdollista. Suodatinverkko voidaan irrottaa vetämällä, jolloin verkko ja vastinkumit voidaan pestä irrallaan. Separointiruuvi voidaan pestä paikoillaan pyörittelemällä sitä eri puolille. Pesuedet valuvat separointiruuvien ja suodatinverkon alla olevaan kaukaloon ja siitä edelleen putkea pitkin pois.



# LANTASEPARAATTORIN PUHDISTUS JA DESINFIOINTI

## 4. DESINFIOINTI

Pesun jälkeen separaattorin annetaan kuivahtaa. Tämän jälkeen separaattori desinfioidaan käsittelemällä kaikki pinnat tarkoitukseen soveltuvalla desinfiointiaineella. Desinfiointiaine voidaan levittää esimerkiksi reppu- tai paineruiskulla. Mikäli desinfiointissa käytetään painepesurin pesuaineannostelijaa, on varmistettava, että desinfiointiaineen pitoisuus painepesurin suuttimella on riittävän korkea. Desinfiointissa voidaan käyttää esimerkiksi jotakin seuraavista tai niitä vastaavaa valmistetta. Valmistajien antamia käyttöohjeita ja käytöturvallisuustiedotteita tulee noudattaa.

- Parvocide H Plus
- Force 7
- Mida-San 309
- Virocid

Toinen vaihtoehto separointiruuvien puhdistukseen ja desinfiointiin on separaattorin valmistajan kehittämä pesuputki, joka voidaan vaihtaa suodatinverkon tilalle. Tällöin separointiruuvia voidaan pyöritellä desinfiointiaineessa, kun separaattorin syöttösäiliö on täytetty desinfiointiaineella ainakin puoliväliin. Tällöin desinfiointiainetta kuluu todennäköisesti enemmän kuin käsiteltäessä vain separaattorin pinnat desinfiointiaineella.

**Edellä kuvatun puhdistuksen, pesun ja desinfiointin jälkeen lantaseparaattori voidaan siirtää seuraavalle tilalle.**

## HALOGEENIKUIVAIMEN KÄYTTÖ KUIVALANNAN KUIVA-AINEMÄÄRITYKSESSÄ

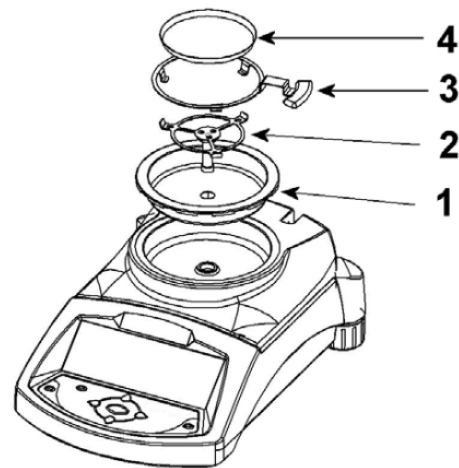
### Edustavan näytteen ottaminen

Kerää kuivikelantaa kattavasti koko tutkittavasta näyte-erästä. Mittaustulos on varmempi, jos keräät kaksi rinnakkaista näytettä, mutta mikäli tiedät odotetun kuiva-aineen pitoisuuden ja haluat vain seurata, onko tasossa muutoksia, yksi näyte riittää. Jos saat tavanomaisesta tai odotetusta eroavan tuloksen, voit varmentaa tuloksen keräämällä mitattavaksi toisen näytteen tai jos luostat näytteen olevan edustavan, uusimalla kuivauksen uudestaan samasta näytteestä. Näyte sekoitetaan ennen mittaamista ravistamalla, sopivalla puikolla tai kuivalla kädellä. Mikäli et ole mittaamassa heti, säilytä näyte tiiviisti suljettavassa muovipussissa tai kannellisessa astiassa, jottei se kuivu ennen mittausta!

### Käyttöohje ADAM PMB53 halogeenikuivain

Sijoita halogeenikuivain tasaiselle, palamattomalle alustalle suojaan tuulelta ja auringonpaisteelta. Keskitä takana oleva ilmakupla säätämällä laitteen jaloista. Aseta osat 1-4 kuvan mukaisessa järjestyksessä paikoilleen. **HUOM! Osa 2 menee vain tiettyssä asennossa, älä käytä voimaa!** Osa 4 (folioalusta) likaantuu ja kuluu käytössä, joten vaihda tarvittaessa uuteen. Vara-alustoja löytyy kuivaimen kuljetuslaatikosta.

Kansi kuumenee käytön aikana. Jätä laitteen ympärille tilaa ainakin 20 cm ja yläpuolelle 1 m. **Laitetta ei saa jättää valvomatta analyysin ajaksi.**



### Mittaus

1. Käynnistä laite virtanapista. Valitse näytteelle sopiva analyysiohjelma painamalla **PST**, valitse **Recall**, ylös ja alaspäin liikutaan painamalla **Dspl** tai **Test**, vahvista ohjelma painamalla **Enter**. HUOM! Tee laitteelle kuivausohjelmat ennen ensimmäistä mittausta (ohje seuraavalla sivulla).
2. Laita tyhjä folioalusta kuivaimeen. Paina taaruspainiketta [**→0/T←**] nollataksesi lukema.
3. Ota alusta pois laitteesta, ja laita 3-4 g hyvin sekoitettua kuivikenäytettä alustalle. Pyri jakamaan näyte tasaisesti koko alustalle, mutta älä tiivistä näytettä painelemalla.
4. Laita alusta näytteineen takaisin kuivaimeen. Sulje kansi. Tarkista, ettei vaa'an lukema muutu, kun kansi laitetaan kiinni. Jos lukema muuttuu, kansi painaa näytettä ja vääristää tulosta. Vähennä tällöin näytteen määrää. Paina **Start** käynnistääksesi mittauksen.
5. Laite piippaa, kun analyysi on valmis. Näytössä näkyy nyt kuiva-ainepitoisuus prosentteina.

Ohjeet on laadittu Luonnonvarakeskuksen ja Savonia-ammattikorkeakoulun FarmGas-PS2-hankkeessa yhteistyössä Oulun yliopiston kanssa. Lisätietoja: tki-asiantuntija Saara Tolonen, saara.tolonen(a)savonia.fi



Seuraavan kuiva-ainemäärityksen voi tehdä, kun laitteen lämpötila on laskenut alle 60 °C. Liian lämpimässä analyysi keskeytyy 20 sekunnin kohdalla ja näyttöön tulee teksti EStop (error stop). Mikäli näin tapahtuu, aloita alusta uudella näytteellä.

## Kuivausohjelman lisääminen

Ennen ensimmäistä mittausta ja jos laitteeseen syötetyt asetukset ovat kadonneet, on menetelmän asetukset tehtävä uudelleen.

Paina **Test** nappia.

Näytössä lukee nyt **Results**, valitse **solid** (muut vaihtoehdot moisture, ATRO moist, ATRO solid). Ylös ja alaspäin liikutaan **Dspl** ja **Test** nappeja painamalla, oikealle ja vasemmalla **Print** ja **PST** napeilla. **Enter** napilla hyväksytään valinnat.

Valittavat asetukset	PST xx KUIVIKELANTA
Heat (single, ramp, step)	Step -> step1 160°C 3 min, step2 135°C 15 min, step3 135°C 15 min
Interval	5 sec
Rapid (on, off, user)	off
Stop (Time, Stab, Time/Stab)	Time/Stab 30 min or 0.003, 15 sec
Start (manual, auto)	manual
Print test (on, off)	on
Format (comp, summ)	comp

Syötettyäsi asetukset palaa alkutilaan painamalla [**→0/T←**].

Paina **PST** ja valitse **PST Store** tallentaaksesi asetukset. Valitse menetelmälle ID-numero (01-49) ja paina **Enter**. Anna menetelmälle nimi (**Dspl** ja **Test** painikkeilla voi muuttaa merkkiä ja **PST** ja **Print** painikkeilla liikutaan eri kirjainten välillä).

## Tulokset muistitikulle

Jos haluat siirtää mittaustulokset muistitikulle, kiinnitä USB-tikku laitteen takana olevaan USB-porttiin. Kun näytölle vaihtuu teksti **USB Result ST**, paina **Enter**. Laite alkaa automaattisesti siirtää tuloksia tikulle. Kun kaikki tulokset on siirretty, näytöllä vilkkuu teksti **SUCCESS**. Tämän jälkeen USB-tikun voi irrottaa.

## Muisti täynnä

Kun laitteen muistipaikat ovat täynnä (99 kpl) näytössä lukee mem ful.

Nollaa muisti painamalla **Dspl**, sitten alaspäin, valitse **delete all, sure** ja **Enter**.

HUOM! Kun muisti alkaa olla täynnä, mittauksen aloitus voi hidastua. Tällöin muisti kannattaa tyhjentää.

Ohjeet on laadittu Luonnonvarakeskuksen ja Savonia-ammattikorkeakoulun FarmGas-PS2-hankkeessa yhteistyössä Oulun yliopiston kanssa. Lisätietoja: tki-asiantuntija Saara Tolonen, saara.tolonen(a)savonia.fi

