

OLLIKKALAN OPETUSNAVETAN SISÄINEN LIETELANNAN KÄSITTELY – CASE KPEDU KANNUS

Rauli Koskela
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2025
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Rauli Koskela

Opinnäytetyön otsikko: Ollikkalan opetusnavetan sisäinen lietelannan käsittely – case Kpedu Kannus

Työn ohjaaja: Mikko Aalto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2025

Sivumäärä: 40 + 0 liitettä

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymän Kannuksen toimipaikan opetusnavetan sisäisten lietelannan käsittelyjärjestelmien toimintaa ja vaikutusta toisiinsa. Järjestelmien toiminnan seuraaminen oli tilalle tärkeää, koska niiden toimintaa ei ollut aikaisemmin seurattu tarkkaan. Tarkasteltavat järjestelmät olivat lämmöntalteenotto lietelannasta lämpöpumpulla, slalomlannanpoisto sekä lietelannan separointi. Työssä tehtiin kirjallisuuskatsaus, jonka avulla saatiin tietoon millaista kunkin järjestelmän itsenäisen toiminnan tulisi olla. Navetassa suoritettiin mittauksia lietelannan lämmöstä ja sen kuiva-ainepitoisuudesta, jotta pystyttiin selvittämään slalomlannanpoistojärjestelmän vaikutusta lämmön talteenottoon ja separointiin.

Lietelannan lämpötilaa mitattiin läheltä navetan sisällä olevien lietekuilujen pohjaa ja 50 cm korkeudelta kuilun pohjasta. Tavoitteena oli selvittää, syntyykö kuiluissa olevaan lietelantaan lämpötilaeroja pohjan ja pinnan välillä ja pystyttäisiinkö ne erot tasaamaan slalom-pumpulla ja tehostamaan lämmön talteenottoa. Lämpötiloissa ei havaittu merkittäviä eroja mittausjaksojen aikana lietelannan pinnan ja pohjan välillä. Slalom-pumpun käytöllä ei täten myöskään pystytty vaikuttamaan lämmöntalteenottoon. Slalom-pumpun käyttö vapautti ilmaan ammoniakkia.

Lietelannan kuiva-ainepitoisuutta mitattiin ottamalla näytteet slalom-järjestelmän pumppukaivosta kolmelta eri korkeudelta. Näytteet otettiin suoraan slalom-pumpun käytön loputtua ja 24 tuntia käytön lopettamisen jälkeen. Näytteet analysoitiin halogeenikuivaimella. Tavoitteena oli selvittää, ehtiikö lietelannan pintaan muodostua kuorettuma slalom-pumpun käyttökertojen välissä, jolloin separaattorille menisi liian notkeaa lietelantaa. Kuorettumista ei havaittu merkittävässä määrin, mutta huomattiin että lietelannan kuiva-ainepitoisuus oli alhaisempi kuin separaattorille suositeltu.

Työn tulosten pohjalta ehdotan slalom-pumppua käytettävän korkeintaan kahdesti vuorokaudessa 30 minuuttia kerrallaan. Käyttöajat tulisi ajoittaa siten, ettei navetassa ole työntekijöitä ammoniakkipäästöjen vuoksi. Slalom-pumpun toiminnan seuraamisessa on tärkeintä, ettei kuiluihin muodostu tukoksia. Separattorin seulojen ja tiivisteiden kuntoa kannattaisi alkaa seurata sen sähkönkulutuksen avulla, jotta separoitu kuivajae on kuiva-ainepitoisuudeltaan sopivaa. Lisäksi kaikki lietelanta kannattaisi separoida, koska niin pystyttäisiin tehostamaan lannan käyttöä lannoituksessa.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Agricultural and Rural Industries

Author(s): Rauli Koskela

Title of thesis: Manure handling inside the Ollikkala teaching barn – case Kpedu Kannus

Supervisor(s): Mikko Aalto

Term and year when the thesis was submitted: spring 2025

Number of pages: 40 + 0 appendices

The purpose of this thesis was to gather information about three manure handling systems which were slalom manure removal, heat recovery from manure and manure separation. The information was collected through a literature review and by performing measurements on a farm that had all three systems. The goal was to know if these systems affected each other.

It was assumed that manure in the pit would be warmer on the surface than at the bottom, and that the slalom manure removal system could level those differences. It was also assumed that the manure could be divided given enough time. That division of manure could have meant that the separators' input could have been too low in dry matter content. The results of the measurements showed that the slalom manure removal system did not influence heat recovery or manure separation. The slalom system released ammonia from the manure when used.

I recommend that the usage of the slalom system should be at most 30 minutes twice a day. Also, it should be used when there are no humans present because of the emissions of ammonia. The separation of manure should be done for all the manure not just for the amount required for bedding production. That would bring savings by improving the use of manure as a fertilizer. The condition of the separator's screens and seals should be monitored by following its electricity consumption.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 LIETELANNAN KÄSITTELY NAUTAKARJATILOILLA	6
2.1 Lämmön talteenotto lietelannasta	7
2.2 Slalom-lannanpoistojärjestelmän toiminta	9
2.3 Separaattorin toiminta	10
2.4 Järjestelmien tuomat hyödyt	12
3 OPETUSNAVETAN LIETELANNAN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT	13
3.1 Lietteenpoisto	13
3.2 Lämmöntalteenotto lietteestä	14
3.3 Separointi	15
4 LYPSYKARJANAVETAN ENERGIANKÄYTTÖ	17
4.1 Lannanpoistojärjestelmien energiankulutus	17
4.2 Opetusnavetan lietelannan käsittelyn energiankulutus	17
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	19
5.1 Mittaukset lämmöntalteenotosta	20
5.2 Kuiva-ainepitoisuus mittaukset	22
5.3 Mittaukset ilman ammoniakkipitoisuuksista	25
6 TULOKSET	27
6.1 Lämpötilamittaukset	27
6.2 Mittaukset lietelannan kuiva-ainepitoisuuksista	31
6.3 Tulokset navettailman ammoniakkipitoisuuksista	32
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	33
8 POHDINTA	35
LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Navetan lannan käsittelyyn kuluu energiaa, mutta lanta myös sisältää energiaa. Lantaa käsittelemällä voidaan tehostaa sen käyttöä lannoitteena, saada siitä kuiviketta navettaan sekä hyödyntää siihen varastoitunutta energiaa. Kuiviketta tuottamalla ja lietelannan lämpöenergiaa hyödyntämällä pystytään parantamaan tilan omavaraisuutta ja pienentämään ostokustannuksia. Ne ovat myös ympäristöystävällisiä toimia, sillä molemmat järjestelmät voivat olla sähkötoimintaisia.

Maatilojen kannattavuus on alhaista. Karjatilojen kannattavuuskertoimet ovat liha- ja maitopuolella selkeästi alle 1. Lypsykarjatilojen kannattavuuskerroin oli vuonna 2023 0,59 ja muiden nautakarjatilojen 0,48. (Luke 2025.) Kannattavuuskerroin on 1 kun yrittäjät saavat työmääräänsä vastaavan palkan ja korkotuoton pääomalle. Aikoakseen pärjätä tilojen pitää kehittää toimintaansa ja jokainen mahdollisuus kannattaa hyödyntää.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia työn toimeksiantajan Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymän (Kpedun) Kannuksen Ollikkalan opetusnavetan lietelannan käsittelyä, joka tapahtuu navetan sisällä. Navetan sisäiseen lannan käsittelyyn sisältyy lietelannan poisto navetasta, lämmön talteenotto lietelannasta sekä liete- lannan separointi. Opetusnavetalla on käytössä slalom-lannanpoistojärjestelmä, jonka käytön vaikutusta lannasta saatavaan lämmön määrään tutkittiin. Lisäksi seurattiin separaattorin toimintaa tutkimalla separoidun kuiva- ja nestejakeen kuiva-ainepitoisuuksia. Mittauksia varten tarvittavat näytteenotto- ja mittauslaitteisto saatiin toimeksiantajan kautta.

Kpedun opetusnavetta on valmistunut vuonna 2022. Siellä olevien lietelannan käsittelyjärjestelmien toimintaa yksinään tai vaikutusta muihin järjestelmiin ei ole tarkasti kartoitettu. Opinnäytetyön tavoitteena onkin muodostaa toimintamalli Kpedun opetusnavetan lietelannan käsittelylle. Toimintamalli muodostetaan kirjallisen tiedon ja tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella.

2 LIETELANNAN KÄSITTELY NAUTAKARJATILOILLA

Lietelannan käsittely kattaa koko lantaketjun. Lantaketjuun kuuluvat ruokinta, lannan erityys, eläinsuojan tekniset ratkaisut ja lannanpoisto, prosessointi, varastointi ja levitys. (Luostarinen 2016.) Lantaketjun kaikki osat eivät ole jokaiselle tilalle yhtenäiset. Kaikilla tiloilla ei prosessoida lantaa, vaan se voidaan poistaa eläinsuojasta suoraan varastoon, minkä jälkeen se levitetään pelloille.

Lantajärjestelmiä on kahdenlaisia, kuivalantajärjestelmät ja lietelantajärjestelmät (Sahi, Kulmala & Lappalainen 2018). Lanta on eläinten virtsan ja ulosteen sekoitusta. Kuivalannan ja lietelannan ero on niiden kuiva-ainepitoisuuksissa. Kuivalanta on sen verran kuivaa, että sitä voidaan kasata keoiksi. Lietelanta puolestaan voidaan poistaa navetasta painovoimaisesti tai pumppaamalla. (Luostarinen s.a.)

Kuivalantajärjestelmissä käytetään paljon kuiviketta, johon virtsa imeytetään. Tilaratkaisut ja kuivikkeen määrä makuualueella määräävät, kuinka usein kuivalanta poistetaan makuualueilta. Jos eläimillä on makuualueilla paksu kuivikepohja, poistetaan kuivalanta navetasta vain muutaman kerran vuodessa. Pienemmillä kuivikkeen määrillä puhdistaminen puolestaan voi tapahtua muutaman päivän välein. (Luostarinen s.a.)

Lietelantajärjestelmiä on erilaisia. Pihatoissa on yleisesti käytössä rakolattiat tai kiinteälattiaiset lantakäytävät. Rakolattioiden alla on 0,5–2,0 metriä syvä kuilu. Kuilun syvyys vaihtelee lietelannan poistotavan mukaan. Painovoimaiseen valuttamiseen tarvitaan syvät kuilut. Kuilut ovat matalammat, jos lietelantaa ohjataan raappojen avulla. Myös kiinteälattiaisen lantakäytävän puhdistukseen käytetään yleisesti lantaraappoja, mutta myös puhdistusrobottia voidaan käyttää. Rakolattioiden puhdistamiseen käytetään esim. Puuha-Pete puhdistusrobottia. Lietelannan liikuttamiseen voidaan käyttää myös pumppua, kuten esimerkiksi slalom-järjestelmässä. (Manni, Luostarinen, Virkkunen & Grönroos 2023.)

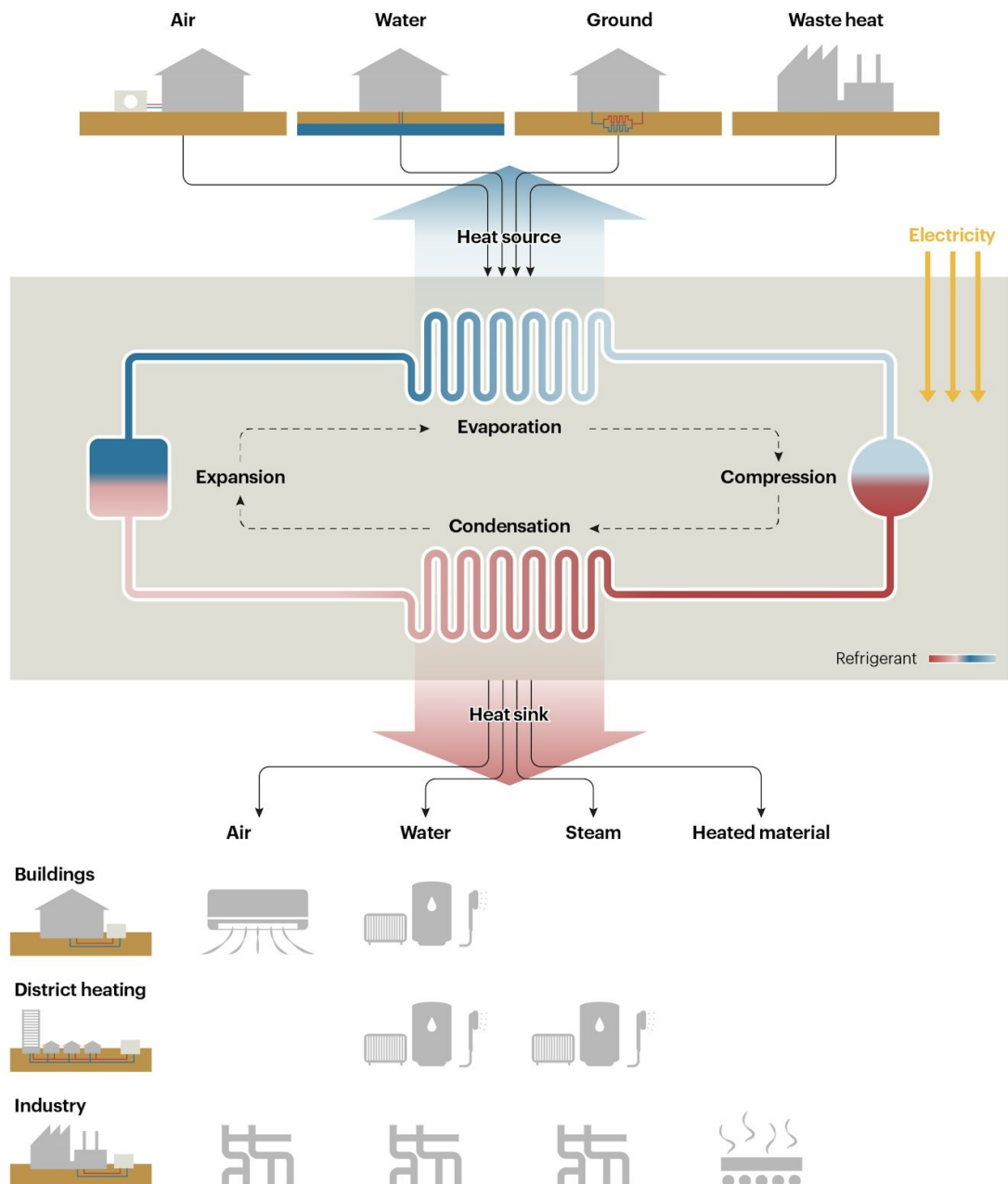
Lannan käsittelyllä ei pyritä ainoastaan taloudelliseen hyötyyn, vaan siihen sisältyy myös ympäristöä hyödyttäviä toimia. Suomessa maatalous, turkistuotanto ja

porotalous aiheuttavat noin 90 % ammoniakkipäästöistä, joista 62 % on peräisin nautakarjataloudesta. Ammoniakki reagoi ilmakehän molekyyliden kanssa muodostaen sekundaarisia pienhiukkasia, jotka vaikuttavat ihmisten terveyteen. Ammoniakin laskeumat aiheuttavat ympäristöjen rehevöitymistä, sekä epäsuorasti happamoitumista. Suuret ammoniakkipitoisuudet eläinsuojissa altistavat eläimet ja niiden hoitajat esimerkiksi silmien, ihon ja hengitysteiden ärsytykselle ja vakaville ylähengitysteiden vaurioille. Ammoniakkipäästöjä voidaan vähentää rakennusteknisillä ratkaisulla, ruokinnalla sekä lannan pH:ta ja lämpötilaa säätelemällä. (Manni ym. 2023.)

Tässä työssä käsitellään Kpedun opetusnavetan sisällä tapahtuvaa lannan käsittelyä, johon kuuluvat slalom-lannanpoisto, lietelannan separointi sekä lämmön talteenotto lietelannasta.

2.1 Lämmön talteenotto lietelannasta

Lämpöä voidaan ottaa talteen lietelannasta lämpöpumpun avulla. Lämpöpumppu ottaa lämpöä lähteestä, joka voi olla ilma, maaperän lämpö, vesi tai jätteet kuvan 1 mukaisesti. Lämpöpumpussa on kylmäainetta, joka kiertää lämmönkeruuputkistossa. Keruuputkisto kulkee lämmön lähteessä, josta lämpöä halutaan ottaa. Tällöin kylmäaine on höyrystynyt. Höyrystynyt kylmäaine kulkee kompressoriin, jossa paineistuksen avulla nostetaan sen lämpötilaa. Kompressorista kylmäaine kulkee lauhduttimeen, joka luovuttaa lämmön kylmäaineen tiivistyessä nesteeksi. Lämpö varastoidaan lämmönvaraajaan, josta se kuljetetaan käyttökohteeseen. Nestemäinen kylmäaine kulkee takaisin höyrystimeen, jossa kylmäaine muutetaan takaisin höyryksi painetta laskemalla. (Ehpa s.a.)



Kuva 1. Lämpöpumpun toimintakaavio (Iea s.a.).

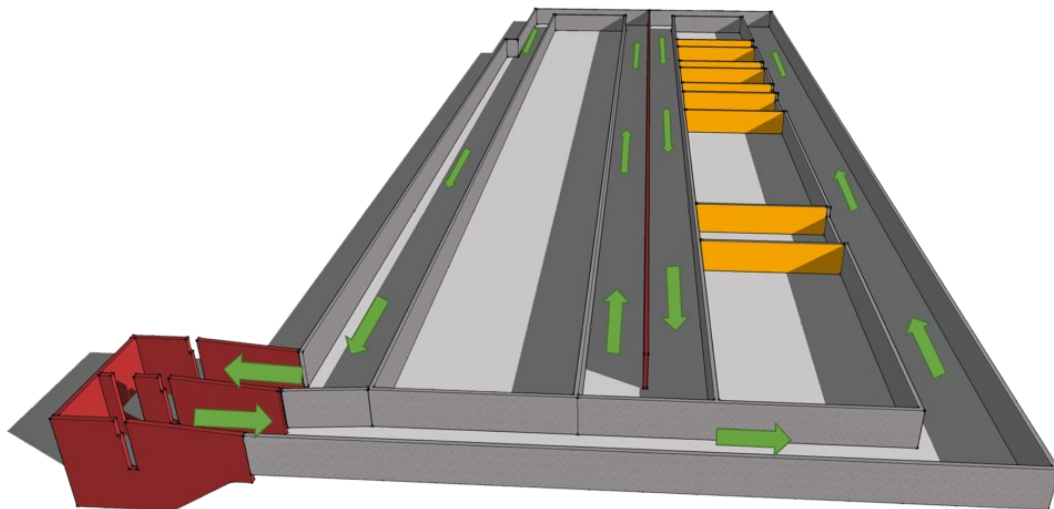
Saavuttaakseen parhaan hyötysuhteen lämpöpumpun ja lämmitysjärjestelmän tulee toimia oikeilla lämpötilaeroilla. Lämmitysjärjestelmässä eli lämmityspattereiden tai käyttöveden lämmityksessä meno- ja paluulämpötilan eron tulee olla 5–8 °C. Keruupiirissä meno- ja paluulämpötilaeron tulee olla 3–4 °C. (Gebwell s.a.)

Se kannattaako lämmön talteenotto lietalannasta, riippuu tilalla olevista lämmön käyttökohteista. Eläinten juomaveden ja tilan käyttöveden lämmittäminen lämpöpumpulla on kannattavaa, koska veden lämmittämiseen sähköllä tai polttoaineilla

kuluu paljon tilan ulkopuolelta ostettavaa energiaa. Lämmön talteenottojärjestelmän takaisinmaksuaika voi vaihdella suuresti. Se voi olla 2–21 vuotta lämmönkäyttökohteen mukaan, minkä vuoksi investointi tulisi suunnitella huolella. (Slys, Pochwat & Czarniecki 2020.)

2.2 Slalom-lannanpoistojärjestelmän toiminta

Kehäkanavajärjestelmässä eli Slalom-lannanpoistojärjestelmässä on kuilusto, joka on rakennettu yhteen navetan ulkopuolella sijaitsevan pumppaamokaivon kanssa. Slalom-järjestelmän rakenne havainnollistetaan kuvassa 2, jossa pumppukaivo on punainen rakennelma.



Kuva 2. Slalom-lannanpoistojärjestelmä (NHK Group 2024).

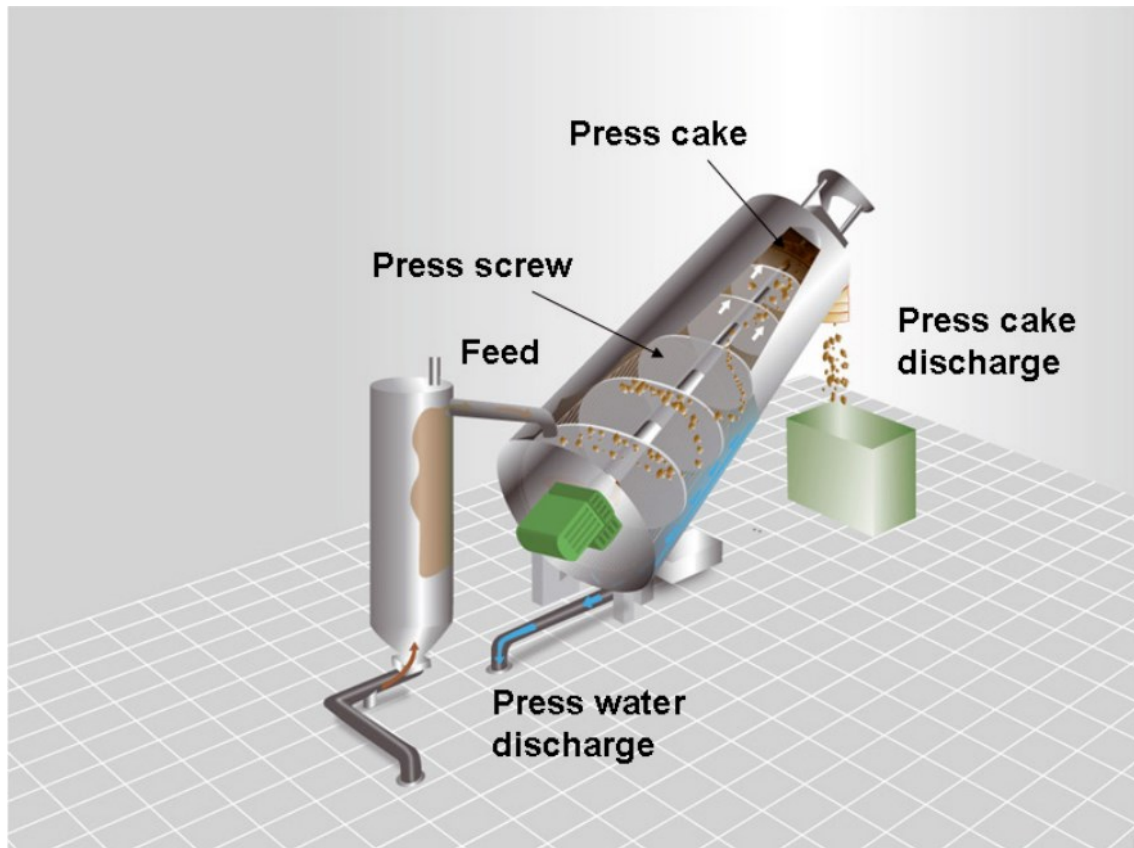
Navetassa kuiluston päällä on rutiläpalkisto. Rutiläpalkit ovat navetassa käytävillä, joita pitkin lehmät liikkuvat. Lehmien lanta valuu rutiläpalkkien läpi slalom-kuilustoon. Pumppukaivossa on slalom-pumppu, jonka avulla lanta saadaan liikku-
maan ja varmistetaan myös kuivalietteen poistuminen navetasta. (NHK Group 2024.) Lannanpoisto slalom-järjestelmästä tapahtuu pumppukaivosta tai sen yhteydessä olevasta kerääjäkaivosta. Se voi tapahtua erilaisten pumppujen avulla tai valuttamalla riippuen lietealtaan ja pumppukaivon korkeuserosta.

Slalom-pumppua tulee käyttää riittävän usein, jotta vältetään lietteen kuiva-aineen ja nesteen erottuminen sekä lauttojen muodostuminen lietteen pintaan. Lautat eivät kulje hyvin mutkissa ja voivat aiheuttaa tukoksia. (Agrartechnik Lot-har Becker s.a.)

2.3 Separaattorin toiminta

Separoinnilla lietelannasta erotetaan kuiva-aine ja neste tai tarkoituksena voi olla myös erottaa ravintoaineet toisistaan. Separaattoreita on erilaisia ja niiden kyky erottaa kuiva-aine ja neste sekä ravinteet toisistaan vaihtelevat. Kuiva-aineen ja nesteen erottamiseen on olemassa useita menetelmiä, kuten sedimentaatio, dekantterisentrifugi, painovoimaa hyödyntävät järjestelmät sekä ruuviseparaattori. (Hjorth, Christensen, Christensen & Sommer 2010.) Maatiloilla on yleisimmin käytössä ruuviseparaattoreita (Jääskeläinen 2019).

Ruuviseparaattori on hyvä valinta, kun tarkoituksena on tuottaa kuivajaetta, jonka kuiva-ainepitoisuus on korkea. Ruuviseparaattorin toiminta on havainnollistettu kuvassa 3. Ruuviseparaattori hyödyntää paineistettua suodatusta. Siinä syöte ohjataan sylinterimäiseen seulaan, jossa ruuvi työntää sitä eteenpäin muodostaen paineen. Neste lävistää seulan ja se kerätään seulaa ympäröivään putkeen. Syöte puristuu vielä akselin päädyssä levyä vasten, jolloin siitä puristuu vielä lisää nestettä. Kuiva-aine tipahtaa levyn ja seulan välistä. (Hjorth, Christensen, Christensen & Sommer 2010.)



Kuva 3. Tyypillinen ruuviseparaattori (Hjorth ym. 2010).

Maatilakäytössä olevat separaattorit voidaan jakaa kahteen luokkaan: kiinteisiin ja liikuteltaviin separaattoreihin. Kiinteät separaattorit, joiden voimanlähteenä on sähkömoottori, asennetaan kokoojakourun tai välikaivon yhteyteen. (Ympäristökioski s.a.) Liikuteltavia separaattoreita on traktorikäyttöisiä sekä omalla voimanlähteellä varustettuja. Liikutettavan separaattorin kanssa tarvitaan varastotilaa separoiduille neste- ja kuivajakeille sekä raakalietteelle. (Ympäristöministeriö 2010.)

Lietelannan tulee olla tasalaatuista ja kuiva-ainepitoisuudeltaan noin 8–9-prosenttista, jotta separaattori toimii mahdollisimman tehokkaasti. Kaikkea separoinnissa muodostuvaa nestejätettä ei tulisi ohjata takaisin separoitavan lietelannan sekaan, koska se laskee lietelannan kuiva-ainepitoisuutta ja pidentää siten separointiaikaa. (Pulkka & Virkkunen 2023.)

2.4 Järjestelmien tuomat hyödyt

Lämmöntalteenotto vähentää haitallisten kaasujen muodostumista navetassa. Lämpöpumppu ottaa lämmön lietelannasta, jolloin sen lämpötila laskee. Ammoniakin haihtuminen on vähäisempää viileässä (Luke s.a.). Myös metaanin haihtuminen lisääntyy lämpötilan noustessa (Qingbo & Keqiang 2021).

Lämpöpumput ovat perinteisiin lämmitysjärjestelmiin verrattuna paljon energiatehokkaampia, koska ne siirtävät lämpöä sen tuottamisen sijaan. Lämpöpumput toimivat sähköllä ja niiden tuottama lämpöenergian määrä on moninkertainen niiden käyttämään sähkömäärään verrattuna. (Iea s.a.) Lämmön talteenotolla pystytään parantamaan tilan energiaomavaraisuutta ja vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä.

Suomessa tehtyjen mittauksien mukaan slalom-järjestelmä vähentää navettaan kertyvien lantakaasujen määrää. Koska järjestelmä poistaa lietteen nopeasti, ei kaasuja pääse muodostumaan yhtä paljon kuin muissa pihatoissa. Slalom-järjestelmä on myös kustannustehokas rakennusvaihteen vähäisemmän maansiirron tarpeen ansiosta. (NHK Group 2024.) Slalom-lannanpoisto sopii hyvin separoimisen yhteyteen (Pulkka & Virkkunen 2023).

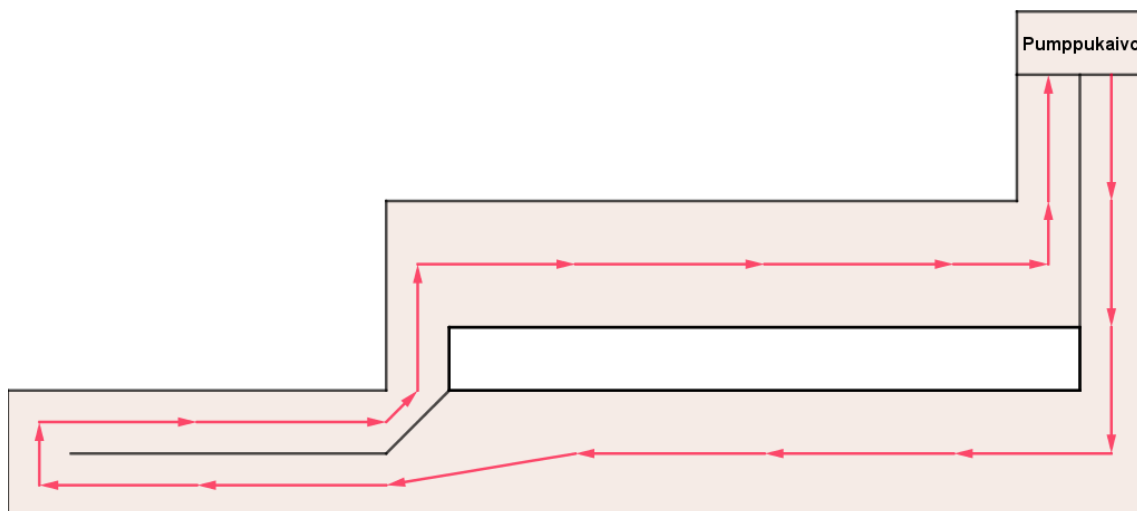
Separoidussa kuivajakeessa on suuri osa lannan fosforista ja nestejakeessa on suuri osa lannan typestä. Lannan fosfori on yleensä lannoituksessa rajoittava tekijä. Separoinnissa syntyvän nesteen typpi-fosfori-suhde on parempi kuin separoimattoman lannan, minkä ansiosta lannoitus pystytään kohdentamaan paremmin. Nestejakeetta pystytään levittämään enemmän hehtaaria kohden ja nopeammin kuin raakalietettä. (Ympäristökioski s.a.) Suurimmat taloudelliset hyödyt tulevat, kun separoitujen jakeiden parempi kuljetettavuus helpottaa peltolohkojen lannoitusta tai kun kuivajae hyödynnetään eläinten kuivikkeena (Manni ym. 2023.)

3 OPETUSNAVETAN LIETELANNAN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT

Opetusnavetan sisäinen lietelannan käsittely koostuu kolmesta osa-alueesta. Ne ovat slalom-lannanpoisto, lämmön talteenotto lietelannasta ja lietelannan separointi. Lämmöntalteenotto lietelannasta ja lietelannan separointi eivät ole tavanomaisia tai välttämättömiä lypsykarjatilalle. Niiden avulla pyritään saamaan taloudellista ja käytännöllistä hyötyä.

3.1 Lietteenpoisto

Opetusnavetan lietteenpoistojärjestelmän slalom-kuilusto kiertää navetassa ritiläpalkkikäytävän alla. Lehmät ulostavat käytäville, jonne myös parsissa oleva liikainen kuivike kolataan. Käytävät puhdistaa puhdistusrobotti, joka tiputtaa ritiläpalkin päälle jääneen lian slalom-kuilustoon. Liete virtaa kuilustossa kuvan 4 näyttämällä tavalla. Kuvassa lietteen kulkusuunta on kuvattuna punaisilla nuolilla.



Kuva 4. Opetusnavetan slalom-kuiluston havainnollistus.

Kuilusto on yhteydessä navetan ulkopuolella olevaan pumppukaivoon. Pumppukaivon takaseinä erottaa sen kerääjäkaivosta. Kerääjäkaivo ei ole kokonaan erillään pumppukaivosta, vaan kaivojen väliseinän yläosassa on reikä, josta liete

pääsee virtaamaan kerääjäkaivoon, kun lietteen pinta nousee reiän tasolle. Pumppukaivossa on kairapumppu, joka kuljettaa lietettä separaattorille. Separoinnista ylijäävä neste ohjataan kerääjäkaivoon.

Kerääjäkaivossa on kairapumppu, jolla pumpataan lietettä lietealtaaseen tai takaisin slalom-kuilustoon. Kierrättämällä lietettä takaisin slalom-kuilustoon varmistetaan sen riittävä notkeus, jotta kuivaa lantaa ei jäisi kiinni kuiluston pohjaan tai reunoihin.

Molempien kairapumppujen toimintaa ohjaavat pintavahdit. Pumppukaivossa oleva kairapumppu käynnistyy, kun separaattori alkaa separoimaan. Jos lietteen pinta on kuitenkin laskenut liian alas, pintavahti aktivoituu ja lietettä ei pystytä separoimaan. Kerääjäkaivon kairapumppu käynnistyy, kun lietteen pinta nousee kaivossa pintavahdin tasolle. Sille asetetaan erikseen pumppausaika lietealtaaseen sekä takaisin slalom-kuilustoon. Pumppausajat asetetaan sovelluksen kautta ja niitä voidaan muuttaa tarvittaessa.

3.2 Lämmöntalteenotto lietteestä

Lämmöntalteenotto lietteestä tapahtuu lämpöpumpun avulla. Tilalla on käytössä Nibe F1155-lämpöpumppu. Nibe F1155:een kuuluu lämpöpumppu, lämmitysvasetus, kiertokaivo ja ohjausyksikkö. Lämpöenergian se kerää talteen suljetulla keruuputkella. Jos lämmöntarve ylittää kompressorin kapasiteetin, kytkeytyy sähkövastus päälle. (Nibe 2016.) Valmistajan mukaan F1155 kuluttaa energiaa vuodessa käyttökohteesta ja ilmaston lämmöstä riippuen enimmillään 9 434 kWh (Nibe s.a.).

Lämpöpumpun lämmönkeruuputkisto kiertää slalom-kuiluston pohjan alla. Lämmönkeruuputkisto on kiinnitetty kuilunpohjan rauditusverkkoihin. Kuilujen pohjalla lämmönkeruuputkia on neljä rinnakkain. Niiden välit ovat noin metrin pituiset. Itse lämpöpumppu on sijoitettuna navetan ulkopuolella sijaitsevaan tekniseen tilaan. Järjestelmän tuottama lämpö hyödynnetään navetan käyttöveden sekä sisiaali- ja toimistotilojen lämmittämiseen. (Saarikettu s.a.)

3.3 Separointi

Opetusnavetassa on käytössä Eko-erotus 120 -separaattori, joka näkyy kuvassa 5. Se saa voimansa 4 kW:n sähkömoottorista. Moottorilta voima välitetään kulmavaihteen avulla ruuvikuljettimelle. Koneessa on 350 litran syöttösäiliö. Siihen liete syötetään pumppukaivossa olevalla kairapumpulla. Ruuvikuljetin työntää syötteen seulaa vasten. Seulan alla on keruusäiliö nesteelle. Seulan läpäistytään syöte kulkeutuu kuiva-ainetulpan lävitse. Kuiva-ainetulppa on luonnonkumia. Sen jälkeen kierteenjatkokuljetin kuljettaa kuivajakeen haluttuun paikkaan. (Eko-erotus.)



Kuva 5. Eko-Erotus 120 separaattori opetusnavetalla (Kärki s.a.).

Separaattori on sijoitettu omaan tilaansa, joka on osa navetan rehukeskusta. Separattorin tilassa lämpötila on päässyt laskemaan pakkasen puolelle talvella. Kaikkea navetan lietettä ei separoida, vaan separoitua kuivajakea käytetään ainoastaan parsien kuivittamiseen. Kuivikekäytössä separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla 35–38 %.

Parsien kuivituksen hoitaa Renki-kuivituslaite, joka näkyy kuvassa 6. Renki käy täyttämässä itsensä ennen kierrokselle lähtöä, jolloin separaattori käynnistyy ja separoitu kuivajae kuljetetaan ruuvikuljettimella Rengille. Separaattori on käynnissä vain rengin täytön aikana ja Renki käy vuorokaudessa 12–15 kierroksella.



Kuva 6. Renki-kuivituslaite.

Eko-erotus 120 tuottaa noin kaksi kuutiometriä kuiva-ainetta tunnissa (Eko-erotus). Rengin kuivikesäiliön tilavuus on 0,8 kuutiometriä (Demeca). Renki ei myöskään ole opetusnavetalla aina tyhjä tekemiensä kierrosten jälkeen, joten separaattori käy kerrallaan reilusti alle puoli tuntia.

4 LYPSYKARJANAVETAN ENERGIANKÄYTTÖ

Lypsykarjatalous oli neljänneksi eniten energiaa kuluttava maatalouden tuotantosuunta vuonna 2020. Sen edellä olivat vain viljanviljely, kasvihuonetuotanto ja muu kasvinviljely. Lypsykarjataloudessa kului tuolloin 1435 GWh energiaa sen eri muodoissa. (Luke s.a.)

Lypsykarjatilalla energiaa kuluu suoraan sähköinä ja polttoaineena. Epäsuoraa energiaa on tilan kaluston ja aineiden valmistukseen käytetty energia. Sähkön avulla toimii navetan laitteisto, ja lämmityskin voi olla sähköinen. Polttoaineita käytetään koneissa ja mahdollisesti tilojen lämmityksessä. Tilalla suoraan energiaa kuluttavat toimet voidaan jakaa viiteen kategoriaan. Ne ovat energian kulukseltaan suurimmasta pienimpään: ruokinta, lypsy ja maidonkäsittely, ilmanvaihto, valot ja lannanpoisto. Näiden lisäksi on vielä muu energiankulutus, joka on lannanpoistoa, valoja ja ilmanvaihtoa suurempi kokonaisuus. (Ahokas 2013.)

4.1 Lannanpoistojärjestelmien energiankulutus

Lannanpoistojärjestelmien energiankulutus vaihtelee 0–250 kWh/eläin/vuosi. Ne ovat sitä energiatehokkaampia mitä enemmän niissä hyödynnetään painovoimaa. Lannan käsittelyssä, kuten separoinnissa, energiankulutus vaihtelee suuresti käytettyjen järjestelmien välillä. Se voi olla painovoimaisilla menetelmillä lähellä nollaa, mutta koneellisilla menetelmillä kulutus voi nousta useisiin satoihin kWh:hin/eläin/vuosi. (Ahokas 2013.)

4.2 Opetusnavetan lietelannan käsittelyn energiankulutus

Opetusnavetalla lietteenpoisto tapahtuu slalomjärjestelmällä. Slalompumpun lisäksi energiaa kuluu lietteen pumppaamiseen lietesäiliöön ja separaattorille. Muita energiaa kuluttavia lannanpoistoon liittyviä toimintoja ovat lietelannan separointi kuivikkeeksi ja lämmön talteenotto.

Slalom-lannanpoiston energiankulutus vaihtelee 18–76 kWh/eläin/vuosi (Ahokas 2013). Järjestelmä on sähkökäyttöinen. Eniten slalomin energiankulutukseen vaikuttaa sen käyttöaika. Slalomin käyttökerrat vuorokaudessa vaihtelevat tilakoh-
taisesti, kuten myös käyttökertojen pituus. Opetusnavetalla slalomin käyttöaika vuorokaudessa on ollut kaksi tuntia.

Opetusnavetalla käytössä oleva Eko-Erotus 120 separoi lietettä vain kuivikkeeksi. Kaikki kuivikkeeksi separoitu kuivajae kuljetetaan suoraan kuivitusrobotille, minkä takia separaattori käy vain kuivitusrobottia täytettäessä. Separaattorin käyttökertojen määrää pystytään säätämään kuivitusrobotin toiminnan perusteella. Puolestaan jokaisen täyttökerran kestoon eli separoinnin nopeuteen vaikuttaa lietteen laatu ja haluttu separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus. Lietteen laadulla tarkoitetaan sen tasaisuutta ja sopivaa kuiva-ainepitoisuutta.

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena olevan opetusnavetan lietelannan käsittelyn toimintamallin suunnittelua varten suoritettiin mittaukset slalom-järjestelmän käytön vaikutuksista lietteestä saatavaan lämpöenergiaan. Toinen tutkittu asia oli lietelannan ja separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuudet, joiden avulla arvioitiin separaattorin toimivuutta sekä slalomin käytön vaikutusta separointiin. Lisäksi työterveyslaitos kävi suorittamassa helmikuussa 2025 lietekaasumittauksia, joiden tulokset kertoivat slalomin käytön vaikutuksesta navettailman ammoniakkipitoisuuksiin.

Lietelannan lämpötilassa oletettiin olevan ero kuilun pinnan ja pohjan välillä. Koska lämpöpumpun lämmönkeruupiirin putket kulkevat navetan lietekuilun alla, oletettiin kuilun pohjalla olevan lietelannan jäähtyneen ja pinnassa olevan tuoreen lannan olevan lämpimämpää. Samalla oletettiin, että slalompumppua käytämällä saataisiin tasattua lietelannan lämpötilaeroja sen sekoittuessa ja tehostettua lämmön talteenottoa.

Mittaukset separoitavaksi menevästä lietelannasta tehtiin, jotta saatiin tietää, onko lietelanta separaattorille sopivaa. Oletuksena oli, että tarpeeksi pitkän slalom-pumpun käyttövälin aikana lietelannan pintaan muodostuisi luonnollinen kuorettuma. Lietelannan luonnollinen kuorettuma muodostuu, kun siinä olevat kuidut nousevat lietelannan pinnalle (Manni ym. 2023). Sen seurauksena separaattorille pumpattava lietelanta olisi kuiva-ainepitoisuudeltaan liian alhaista, mikä johtaisi pitkiin separointiaikoihin.

Mittaukset separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuudesta tehtiin separaattorin seulojen ja tiivisteiden kunnon arvioimiseksi. Kuluneet seulat ja tiivisteet aiheuttavat liian kostean separoidun kuivajakeen. Haluttua kosteampi kuivajae on hygieniariski, kun sitä käytetään parsien kuivikkeena.

Opinnäytetyön teon aikana 19.2.2025. työterveyslaitos kävi suorittamassa mittauksia ilman ammoniakkipitoisuuksista opetusnavetalla. Mittauksiin kuului ajanjakso, jonka aikana slalom-pumppu oli ollut päällä. Työterveyslaitoksen

mittausten tulosten perusteella pystytään arvioimaan slalom-pumpun käytön vaikutusta navetan ilmanlaatuun.

5.1 Mittaukset lämmöntalteenotosta

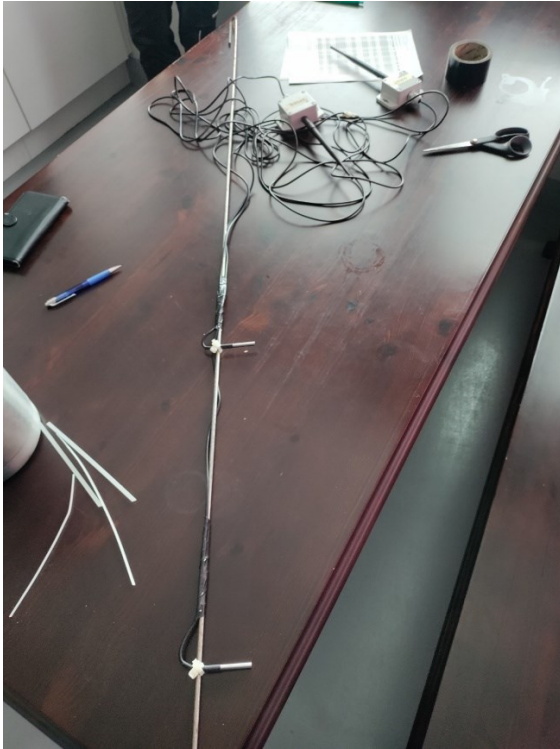
Taulukkoon 1 on merkitty slalomin käytön suunnitelma eri mittausjaksoilla. Mittausjaksojen pituudeksi valittiin viisi päivää, jotta suurempien lämpötilan vaihtelujen vaikutukset saatiin poissuljettua. Slalomin käyttökertoja lisättiin mittausjaksoja edeltävästä käytöstä, mutta käytön kokonaisaika pysyi samana.

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin 10.-27.9.2024. Silloin slalomia käytettiin kahdesti vuorokaudessa tunnin ajan kerrallaan. Tämä mittausjakso toimi mallina opetusnavetan siihenastisesta slalomin käytöstä, kuin myös lämpimän sään mittausjaksona. Seuraavat kaksi mittausjaksoa olivat 12.-30.11.2024. Ne ovat merkittyinä alla olevaan taulukkoon mittausjaksoina 1 ja 2.

TAULUKKO 1. Lietelannan lämpötilan mittausjaksot.

Mittausjakso	Jakson pituus (vrk)	Käyttökerrat/vrk	Käytön kesto (min)
1	5	4	30
2	5	6	20
Koejaksoja edeltänyt käyttö	-	2	60

Mittausjaksojen aikana navetan lietekuilussa oli kaksi lämpömittaria mittaamassa lietteen lämpötilaa. Lämpömittarit olivat kiinnitettynä harjateräkseseen nippusiteiden avulla kuvan 5 mukaisesti. Toinen mittareista oli 5 cm harjateräksen päädystä ja toinen 50 cm. Koska harjateräksen pääty laskettiin kuilun pohjaan, olivat mittarit myös näillä korkeuksilla kuilussa.



Kuva 7. Lämpötilamittarit kiinnitettynä harjateräkseen.

Jotta osattiin valita oikeat korkeudet mittareille, mitattiin ennen niiden asettamista lietteen syvyys kuilussa. Se oli syyskuussa 2024 ensimmäisen kerran mitatessa 63 cm. Koska ei tiedetty kuinka paljon lietelannan määrä vaihtelee kuilustossa, valittiin ylemmäksi sijoitettavan mittarin korkeudeksi 50 cm kuilun pohjasta. Lietelannan korkeus mitattiin myös ennen marraskuun mittausjaksoja. Se oli myös silloin 63 cm.

Mittarit olivat sijoitettuna kuvassa 6 näkyvälle paikalle, jossa eläimiä ei kulkenut, eivätkä ne muutenkaan yltäneet koskemaan niihin. Mittareiden päädyissä oli varsinaiset mittauksen suorittavat osat, jotka eivät osuneet harjateräkseen, vaan ainoastaan lietteeseen. Harjateräs laskettiin ritiläpalkin välistä aina kuilun pohjaan saakka. Ritiläpalkin yläpuolelta se kiinnitettiin nippusiteiden ja teipin avulla esteiden rautoihin.



Kuva 8. Lämpötilamittareiden paikka navetassa.

Opetusnavetalla oli myös seuranta lämpöpumpun meno- ja paluulämmöille ja samalla myös niiden erotukselle. Lämpöpumpun meno- ja paluulämpöerojen avulla arvioitiin lämpöpumpun toimintaa.

Lietteen lämpötilaerojen lisäksi seurattiin koulun sääaseman avulla ulkolämpötilaa. Ulkolämpötilan kehitystä verrattiin kuilun lietteen lämpötilaan, jotta saatiin erotettua slalomin käytön vaikutus ulkolämpötilan vaikutuksesta lietteeseen. Navetassa oli myös sisälämpötilan mittausta.

5.2 Kuiva-ainepitoisuus mittaukset

Kuiva-ainepitoisuuksia selvitettiin navetan kuilustossa olevasta lietteestä sekä separoidusta kuivajakeesta. Jotta saavutettaisiin separaattorin paras tehokkuus, ei liete saisi olla liian notkeaa eikä paksua. Liian notkean lietteen separointi kestää pitkään. Liian paksu liete puolestaan vaatii enemmän tehoa, kuluttaa laitteistoja enemmän ja voi aiheuttaa tukoksia. Separointia varten optimaalinen lietelangan kuiva-ainepitoisuus on 8–9 % (Pulkka & Virkkunen 2023).

Kuiva- ja nestejakeen erottumisen nopeutta selvitettiin mittaamalla lietelannasta kuiva-ainepitoisuudet pumppukaivon pohjasta, 70 cm:n korkeudelta pohjasta ja 5 cm:n syvyydestä pinnan alta. Näytteidenottopaikaksi valikoitui navetan lietekuulun sijaan pumppukaivo, koska lietelannan separaattorille kuljettava kairapumppu on pumppukaivossa ja ottaa lietettä sisäänsä noin 70 cm:n korkeudelta pumppukaivon pohjasta. Läheltä pintaa ja pumppukaivon pohjaa otettiin näytteet, jotta saatiin selville, kuinka paljon kuiva-aineen ja nesteen erottumista ehtii tapahtua.

Näytteet otettiin 18.2.2025. Tuolloin oli kulunut 24 tuntia slalom-pumpun edellisestä käyttökerrasta. Samana päivänä pidettiin slalom-pumppua käynnissä 30 min ensimmäisten näytteiden ottamisen jälkeen, jotta saatiin otettua näytteet lietelannasta heti sekoituksen lakattua vertailua varten. Näytteenottoa varten oli valmistettu kuvassa 7 näkyvä väline. Siinä vanhan rasvaprässin mäntään on tehty uusi mäntää kapeampi suuaukko. Männän kylkeen on kiinnitetty pitkä varsi ja varteen kiinnitettyjen korvakoiden läpi kulkee rauta, jolla liikutetaan mäntää. Tämä väline pystyttiin laskemaan pumppukaivoon eri syvyyksille ja imaisemaan näytteet mäntään.



Kuva 9. Näytteenottoväline.

Näytteet säilöttiin kierrekannellisiin muovirasioihin, jotka nimettiin. Näytteistä tehtiin mittaukset halogeenikuivaimella ajan säästämiseksi, sillä halogeenikuivaimella yhdessä näytteessä meni aikaa noin 27 minuuttia. Lämpökaappimenetelmällä näytteiden kuivaaminen kestäisi puolestaan noin 12 tuntia. Ennen näytteiden käsittelyä halogeenikuivaimella, jokaista näytepurkkia ravistettiin, jotta näyte-erä olisi tasalaatuinen. Halogeenikuivaimessa käytettiin appeen kuivausohjelmaa, jossa lämpötila nousee aluksi 60 °C ja oltuaan siinä 5 minuuttia se

kohoa 105 °C. Jotta saatiin selville halogeenikuivaimen luotettavuus, tehtiin yhdestä näytteestä mittaukset myös lämpökaapissa. Vertaavat mittaukset tehtiin Oulun Yliopiston Kajaanin mittaustekniikan yksikössä.

Lopullinen mittausten suunnitelma esitetään taulukossa 2. Mittauksia suunniteltiin tehtävän enemmän kuin kaksi. Niillä olisi ollut lyhyemmät odotusajat kuin 24 tuntia. Niistä päätettiin kuitenkin luopua, koska erot eri syvyyksiltä 24 tunnin odotuksen jälkeen sekä välittömästi slalom-pumpun käytön jälkeen otettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuuksissa olivat pienet.

TAULUKKO 2. Lietelannan kuiva-ainemittausten suunnitelma.

	Aika slalom-pumpun käytöstä (h)	Näyte kaivon pohjasta	Näyte 70 cm korkeudesta	Näyte 5 cm syvyydestä
Ensimmäiset näytteet	24			
Toiset näytteet	0			

Separoidusta kuivajakeesta mitattiin kuiva-ainepitoisuus vain kerran. Näytteenotto ja mittaus tapahtuivat samoina päivinä, kuin näytteenotto ja mittaukset liotelannan kuiva-ainepitoisuuksista.

5.3 Mittaukset ilman ammoniakkipitoisuuksista

Työterveyslaitoksen mittaukset navetan ilman ammoniakkipitoisuuksista tehtiin 19.2.2025. Mittaukset tehtiin Dräger Pac 8000 mittarilla. Mittausjakson aikana navetan verhoseinät olivat kiinni ja poistoilmakanavat olivat osittain auki. Slalom-pumpun käytön aikana kaasumittari oli asennettuna navettaan lypsyrobotin lähelle kävelytasolle. Slalom-pumppu käynnistettiin klo 11:30 ja se oli käynnissä

noin 20 minuuttia. Ulkolämpötila oli mittausten aikana noin -9 °C. (Mäittälä 17.4.2025.)

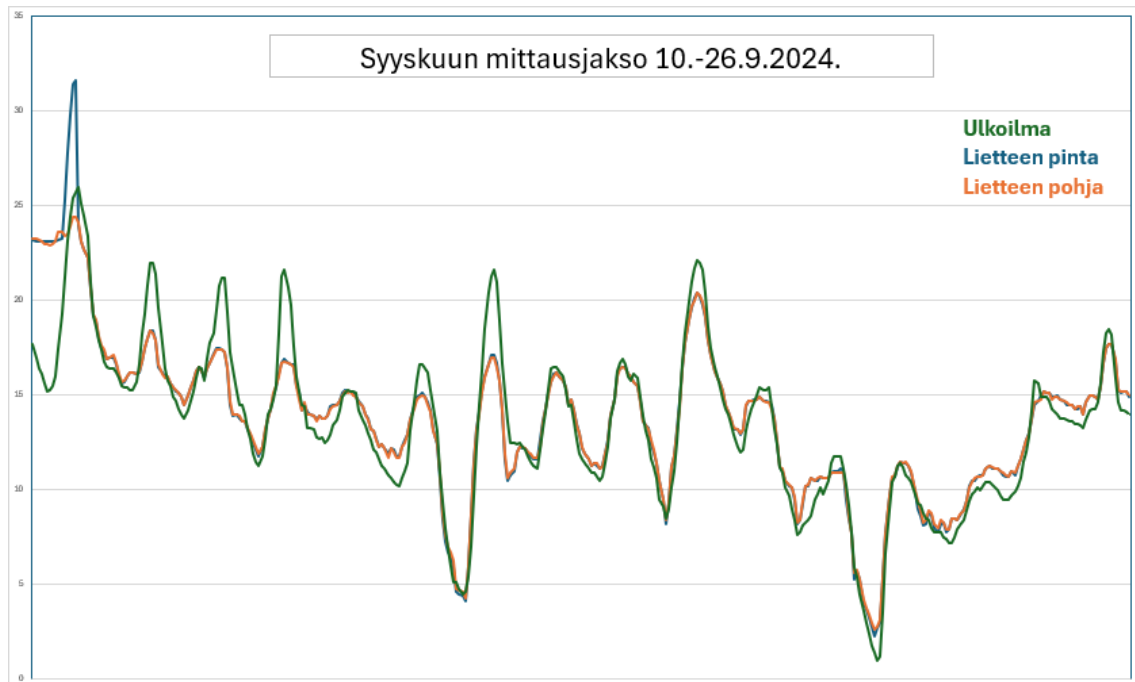
6 TULOKSET

Mittaustulokset lämpötiloista ja lämpöpumpun lämpötilaerosta tallentuivat suoraan Fidera Flow-palvelimelle, josta niitä pystyi havainnoimaan koko ajan etänä. Tulokset pystyttiin lataamaan CVS-tiedostoina ja käsittelemään Excel-taulukkolaskennan avulla. Mittaustulokset lietelannan ja separoidun kuivajakeen kuivaainepitoisuuksista luettiin mittauslaitteesta aina näyte-erän valmistuttua ja kirjattiin muistiin.

6.1 Lämpötilamittaukset

Ensimmäiset mittaukset syyskuussa 2024 olivat suurimmaksi osaksi ulkolämpötilassa 10–20 °C ja lietelannan lämpötila oli suurimmaksi osaksi 5–20 °C, kuten kuvasta 8 näkee. Lietelannan syvyys kuilustossa oli 63 cm ja slalom-pumppu oli päällä kaksi kertaa vuorokaudessa aina yhden tunnin kerrallaan.

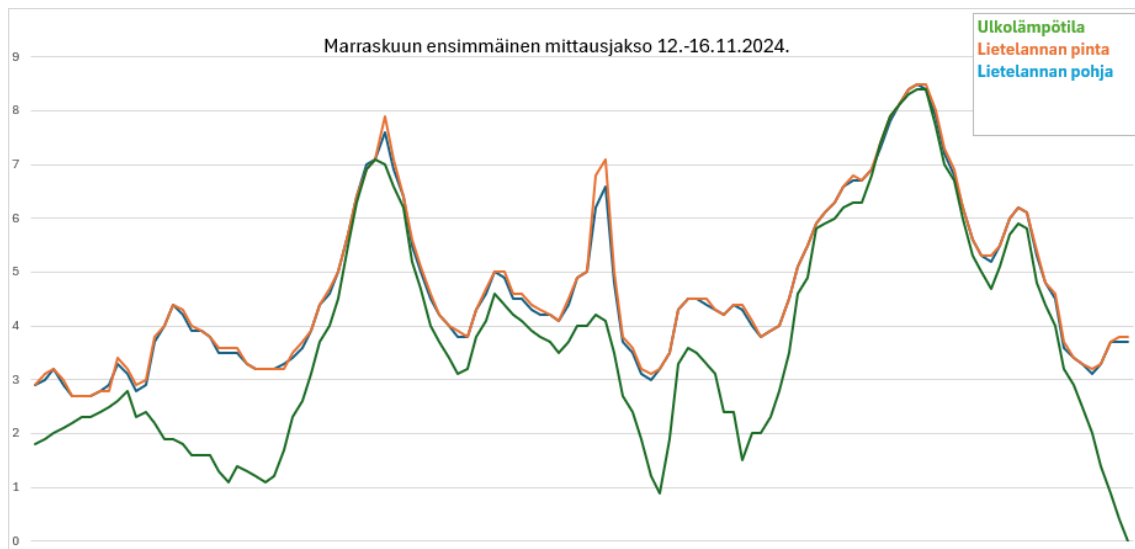
Lietelannan pinta- ja pohjalämpötilat seurasivat tarkasti ulkolämpötilan muutosta. Niiden arvot olivat keskenään todella lähellä toisiaan koko mittausjakson ajan. Slalom-pumpun käyntiaikoina tai niiden jälkeisillä mittaushetkillä ei havaittu muutoksia lietteen lämpötilassa lietteen pinnan ja pohjan välillä.



Kuva 10. Mitatut lämpötilat ulkoilmasta ja liotelannasta 10.9.–25.9.

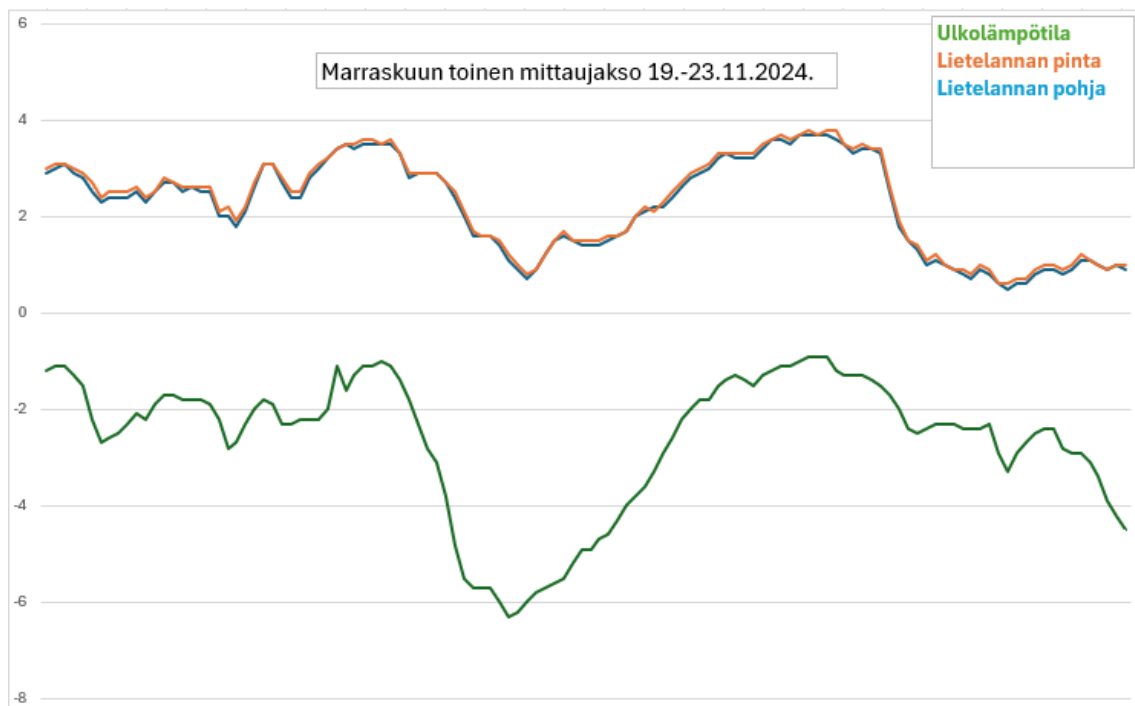
Marraskuun ensimmäisellä mittausjaksolla ulkolämpötila oli suurimmaksi osaksi 0–5 °C ja lietteen lämpötila kuilun pohjassa ja pinnalla 3–7 °C kuvan 9 mukaisesti. Slalom-pumppu oli käynnissä neljä kertaa vuorokaudessa, tasaisin väliajoin ja aina puoli tuntia kerrallaan kello 00:00-00:30, 06:00-06:30, 12:00-12:30 ja 18:00-18:30.

Toisin kuin syyskuussa tällä mittausjaksolla liotelannan lämpötila pysytteli ulkolämpötilaa korkeampana, mutta seurasi edelleen sen muutoksia tarkasti. Liettelannan pintalämpötila oli hieman korkeampi kuin pohjalämpötila.



Kuva 11. Mitatut lämpötilat lietteestä ja ulkolämpötilasta 12.-16.11.2024.

Marraskuun toinen mittausjakso oli ensimmäistä kylmempi. Ulkolämpötila pysyteli koko mittausjakson ajan pakkasella. Muutokset lietelannan lämpötilassa seurasivat edelleen tarkasti ulkolämpötilan muutosta. Lietelannan pinta- ja pohjalämpötilojen välillä ei ollut merkitsevää eroa kuvan 10 mukaisesti.

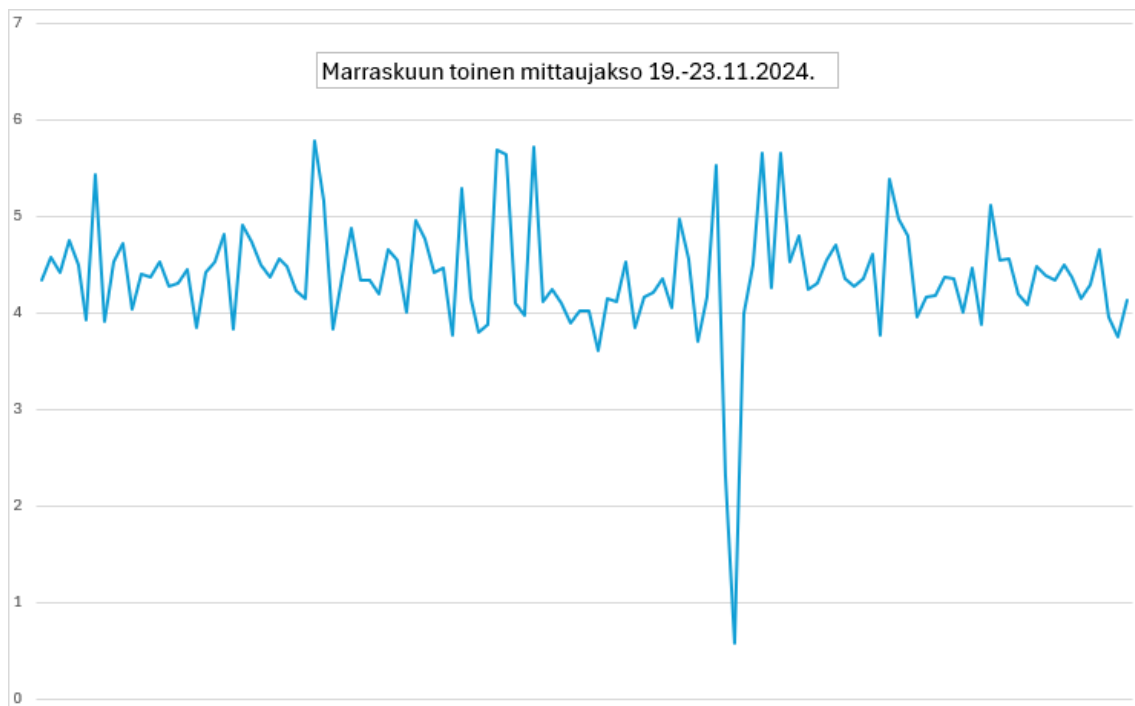


Kuva 12. Mitatut lämpötilat lietteestä ja ulkolämpötilasta 19.-23.11.2024.

Lämpöpumpun meno ja paluulämpötilojen erotuksessakaan ei huomattu säännöllisiä muutoksia slalom-pumpun käyttöaikojen yhteydessä. Kuvissa 11 ja 12 nähdään marraskuun mittausjaksojen aikaiset Nibe F1155-lämpöpumpun lämönkeruupiirin meno- ja paluulämpötilojen erotus. Kuvissa pystyakselilla on lämpötilojen erotus celsiusasteina. Sininen käyrä on lämpötilaerojen kuvaaja.



Kuva 13. Lämpöpumpun keruupiirin meno- ja paluulämpötilojen erotus 12.-16.11.2024.



Kuva 14. Lämpöpumpun keruupiirin meno- ja paluulämpötilojen erotus 19.-23.11.2024.

Lämpöpumpun keruupiirin meno- ja paluulämpötilojen eron muutoksissa ei havaittu yhtäläisyyttä slalom-pumpun käyttöaikojen kanssa. Marraskuun ensimmäisen mittausjakson keskilämpötila oli 3,7 °C ja toisen mittausjakson -2,6 °C. Lietelannan keskilämpötila marraskuun ensimmäisellä mittausjaksolla oli pinnassa 4,7 °C ja pohjassa 4,7 °C. Marraskuun toisella mittausjaksolla lietalannan keskilämpötila oli pinnassa 2,3 °C ja pohjassa 2,2 °C. Ilman keskilämpötilojen erotus marraskuun ensimmäisen ja toisen mittausjakson välillä oli 6,3 °C ja lietalannan keskilämpötilojen erotus 2,5 °C. Lämpöpumpun keruupiirin meno- ja paluulämpötilojen välinen erotus oli marraskuun ensimmäisen mittausjakson aikana 4,7 °C ja marraskuun toisen mittausjakson aikana 4,4 °C. Lämpöpumpun lietteestä siirtämä lämpöenergian määrä laski vain hieman kun lietteen lämpötila laski 2,5 °C.

6.2 Mittaukset lietalannan kuiva-ainepitoisuuksista

Taulukossa 3 on listattuna tulokset eri näytteistä. 24 tuntia paikallaan seisseessä lietteessä oli odotetusti tapahtunut kuiva- ja nestejakeen erottumista. Tämä erottuminen oli kuitenkin vähäistä.

TAULUKKO 3. Tulokset lietalannan kuiva-ainepitoisuuksien mittauksista.

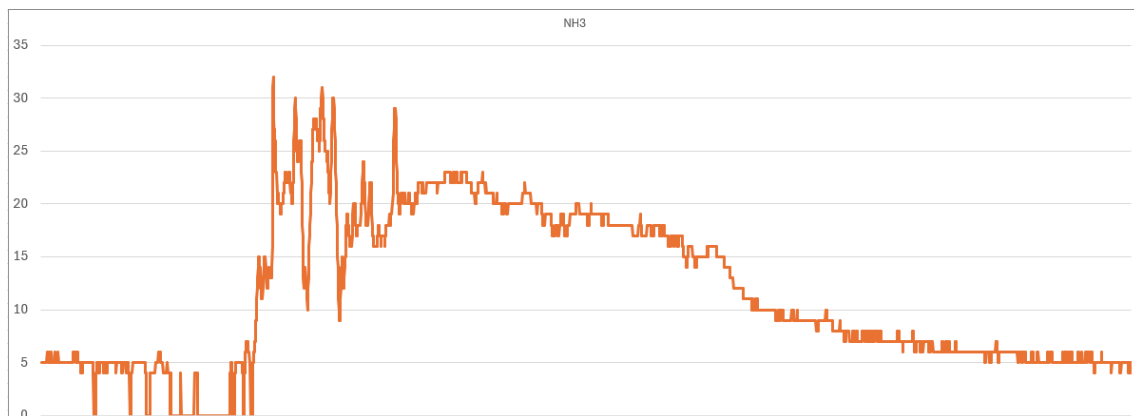
	Aika slalom-pumpun käytöstä (h)	Näyte 5 cm kaivon pohjasta	Näyte 70 cm korkeudesta	Näyte 5 cm syvyydestä
Ensimmäiset näytteet	24	5,83 %	5,73 %	6,19 %
Toiset näytteet	0	5,63 %	5,59 %	5,59 %

Opetusnavetan lietalanta oli hieman notkeampaa kuin ruuviseparaattoreille suositeltu 8–9 % kuiva-ainepitoisuus. Vielä 24 tunnin seisonnan jälkeenkin

lietelannassa ei ollut suuria eroja pinnan ja pohjan kuiva-ainepitoisuuksissa. Tulokset olivat myös todella lähellä suoraan sekoituksen jälkeen otetun näytteen tuloksia. Separoidusta kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus oli 30,97 %..

6.3 Tulokset navettailman ammoniakkipitoisuuksista

Opetusnavetan ilman ammoniakkipitoisuudet nousivat selkeästi slalom-pumppua käytettäessä. Ilman ammoniakkipitoisuuden perustaso navetassa oli noin 5 ppm, kuten kuvasta 13 näkee. Slalom-pumpun liikuttaessa lietettä ammoniakkipitoisuus oli enimmillään 32 ppm. Slalom-pumpun käynnistyttyä ammoniakkipitoisuus nousi nopeasti huippuunsa ja pysyi pitkään yli 20 ppm tasolla. Se oli lähes koko slalom-pumpun käyttöajan yli 15 ppm tasolla. Ammoniakkipitoisuudet laskivat nopeasti slalom-pumpun käytön jälkeen noin 5 ppm tasolle.



Kuva 15. Opetusnavetan ilman ammoniakkipitoisuus slalom-pumpun käytön aikana (Mäittälä 17.4.2025).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Slalomin käytöllä ei havaittu olevan odotetunlaista vaikutusta lietteen lämpötilan tasoittumiseen pinnan ja pohjan välillä. Lietelannan pinta- ja pohjalämpötilojen välillä ei itse asiassa havaittu ollenkaan merkittävää eroa. Koska lämpötila eroja ei syntynyt lietteen pinnan ja pohjan välillä, ei slalom-pumpun käytöllä ollut myöskään vaikutusta lämmön talteenottoon. Itsessään lämpöpumpun toiminta on automatisoitua, eikä sen käyttöön ole esittää muutoksia.

Mittaukset liotelannan kuiva-ainepitoisuuksista osoittivat, ettei Kpedun opetusnavetalla pääse tapahtumaan merkittävää liotelannan kuorettumista aikaisemmillaan slalom-pumpun käyttöajoilla, jolloin käyttökertojen välillä oli aikaa 12 tuntia. Suosittelemme slalom-pumpun käyttöä vähennettävän nykyisestä 2 x 1 h/päivä, koska jo 30 minuutin sekoitus teki liotelannasta erittäin tasaista. Pienemmillä käyttöajoilla säästettäisiin energiaa. Toinen syy vähentää slalom-pumpun käyttöä on sen käytön ilmaan vapauttama ammoniakki. Työterveyslaitoksen mittausten perusteella navettailman ammoniakkipitoisuus nousee slalom-pumppua käytettäessä, mutta palaa nopeasti normaalille tasolle. Siksi sen käyttö olisi hyvä ajoittaa navettatöiden ulkopuolelle, jotta työntekijät eivät altistu kohonneille ammoniakkipitoisuuksille.

Koska tilalla on asennettuna kuljetin, joka voi poistaa separoidun kuivajakeen myös navetan ulkopuolelle, olisi taloudellisesti kannattavaa aloittaa kaiken liotelannan separointi. Näin saataisiin vähennettyä lietteen levityksen kustannuksia ja kohdennettua lannoitusta paremmin.

Muun kuin kuivikkeeksi käytettävän separoidun kuivajakeen ei tarvitsisi olla kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 35 prosentista. Toisen separaattorin asentamista muuta kuin kuivikkeen separoimista varten voisi harkita. Se alentaisi käyttökustannuksia, koska väljemmillä seuloilla varustettu separaattori tarvitsee vähemmän voimaa separointiin ja näin ollen kuluttaa vähemmän energiaa. Voi kuitenkin olla, ettei 60 lehmän karja tuota tarpeeksi lietettä, jotta toisen separaattorin investointi maksaisi itsensä takaisin kohtuullisessa ajassa. Investoinnista kannattaa tehdä kustannusarvio. Jos tilalla siirryttäisiin kaiken liotelannan separointiin,

tarkoittaisi se, että kerääjäkaivoon kertyisi pelkästään separoitua nestejaetta. Sen sopiva pumppaus takaisin slalom-kuilustoon voisi mahdollistaa nykyistä korkeamman lietelannan kuiva-ainepitoisuuden tavoittelemisen. Nykyinen vajaa 6 % kuiva-ainepitoisuus on hieman alhaisempi kuin separaattorille suositeltu 8–9 %. Lietelannan nykyistä korkeampi kuiva-ainepitoisuus lyhentäisi separointiaikoja ja niin ollen toisi säästöjä.

Separattorin tiivisteiden ja seulojen kuntoa voisi arvioida seuraamalla sen sähkön kulutusta. Normaalin sähkönkulutuksen pystyisi määrittämään seuraamalla separattorin sähkönkulutusta, kun separattorin tiedetään tuottavan kuiva-ainepitoisuudeltaan oikeanlaista kuivajaetta. Kun sähkön kulutus laskee, tarkoittaa se, että lietelanta kulkee separattorin läpi helpommin, mikä viittaa tiivisteiden vaihdon olevan ajankohtainen. Huonokuntoiset tiivisteet nostavat separoidun kuivajakeen kosteutta, mikä lisää utaretulehduksen ja muiden tautien riskiä.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia opetusnavetan sisäistä lietelannan käsittelyä, johon kuuluu lämmön talteenotto lietelannasta, lietelannan separointi sekä slalom-lannanpoisto. Jokaisen järjestelmän haluttiin toimivan mahdollisimman hyvin yhdessä. Navetalla tehtiin mittaukset lietelannan lämpötilaeroista lie-
tekuilujen pinnan ja pohjan välillä, sekä mittaukset lietelannan ja separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuksista. Lämpötilamittausten tarkoituksena oli selvittää slalom-lannanpoiston vaikutusta lämmön talteenottoon. Lietelannan kuiva-ainepitoisuuksia mittaamalla haluttiin selvittää slalomin käytön vaikutus separaattorin toiminnan tehokkuuteen ja separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuutta mittaamalla varmistaa separaattorin oikeanlainen toiminta. Mittausten lisäksi opinnäytettä varten kerättiin kirjallista tietoa näiden kolmen lietelannan käsittelyjärjestelmän toiminta periaatteista, oikeanlaisesta käytöstä ja niiden tuomista hyödyistä.

Opetusnavetalla tehdyt lämpötilamittaukset osoittivat, ettei slalom-pumpulla pystytty vaikuttamaan lämmön talteenottoon. On mahdollista, että vain 60 cm lietelannan syvyys ei ole riittävä lämpötilaerojen syntymiseksi. Syvemmissä kuilustoissa, joissa on enemmän lietelantaa, voisi mahdollisesti päästä syntymään lämpötilaeroja. Kylmin mittausjakso oli keskilämpötilaltaan vain hieman pakkasen puolella. On myös mahdollista, että sitä kylmemmällä säällä syntyisi lämpötilaeroja kuilussa olevaan lietelantaan.

Tulokset lietelannan kuiva-ainepitoisuuksista osoittivat sen olevan opetusnavetalla mittaushetkellä kuiva-ainepitoisuudeltaan alhaisempaa kuin ruuviseparaattorille suositellaan. Opetusnavetalla lietelanta ei pääse kuorettumaan merkittävästi edes 24 tunnin mittaisen slalom-pumpun käyttökätkön aikana. Koska slalom-pumppua käytetään päivittäin vähintään kahdesti, saa separaattori varmasti tasaista lietelantaa separoitavaksi.

Työn tulokset ovat tapauskohtaisia ja sovellettavissa suoraan vain opetusnavetalla. Tämä johtuu siitä, että mittaukset suoritettiin opetusnavetalla ja niiden tulokset kertovat juuri sellaisten järjestelmien toiminnasta juuri kyseenomaisissa

rakenteissa ja ympäristössä. Maatilojen välillä on isoja eroja järjestelmissä ja niiden rakenteissa.

Työ eteni aikataulun mukaisesti aina joulukuuhun 2024 asti. Tuolloin opetusnavetalla hajosi slalomin toimintaa ohjannut kellokytkin. Kellokytkintä ei saatu korjattua kylmimpien pakkasjaksojen aikana, joten lopulta marraskuun toinen mittausjakso jäi kylmimmäksi. Tammikuussa 2025 opetusnavetalla ilmeni eläintauti, jonka vuoksi vierailuja rajoitettiin paljon. Tämä esti pääsyn navetalle tammi-helmikuussa, eikä mittauksia kuiva-ainepitoisuuksista päästy tekemään alkuperäisen aikataulun mukaisesti. Kokonaisuudessaan työn tekeminen ja yhteistyö toimeksiantajan kanssa sujuivat hyvin.

Jatkotutkittavana voisi olla syvemmissä kuiluissa olevan lietelannan lämpötilaerot kovilla pakkasilla. Myös tilallisten näkemyksiä lämmön talteenotosta, lietelannan separointijärjestelmistä sekä slalom-lannanpoistojärjestelmästä voisi kartoittaa. Kolmas aihe uudelle tutkimukselle voisi olla kaksi separaattoria sisältävän järjestelmän taloudellinen kannattavuus maatilojen eri kokoluokissa.

LÄHTEET

Agrartechnik lothar becker s.a. Slalom system. Luettavissa: <https://www.becker-seesen.de/en/slurry-technology/slalom-system> Luettu: 14.1.2025.

Ahokas, J. 2013. Energian kulutus ja säästö karjataloudessa. Luettavissa: <https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Energian-kulutus-ja-saasto-karjataloudessa.pdf> Luettu: 22.11.2024.

Demeca s.a. Navetan kuivitus. Luettavissa: <https://demeca.fi/navetankuivitus/> Luettu: 2.11.2024.

Ehpa s.a. About heat pumps. Luettavissa: <https://www.ehpa.org/about-heat-pumps/> Luettu: 24.9.2024.

Eko-erotus s.a. Eko-erotus 120. Luettavissa: <https://ekoerotus.fi/as/616/tiedos-tot/eko-erotus-120-pdf-finnish.pdf> Luettu: 4.1.2025.

Pulkka E.-K. & Virkkunen E. (toim.) 2023. Kuivitustestauksia navetoissa ja laboratorioissa. Savonia ammattikorkeakoulu. Luettavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/817518/Savonian_julkaisu-sarja_2023_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y Luettu: 30.1.2025.

Gebwell s.a. Aries maalämpöpumppu. Asennusohje. Luettavissa: <https://gebwell.fi/app/uploads/2021/09/Aries-asennusohje-v2-5-092023.pdf> Luettu: 9.12.2024.

Hjorth, M., Christensen, K.V., Christensen, M.L. & Sommer, S.G. 2010. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. Agronomy for Sustainable Development. Luettavissa: <https://hal.science/hal-00886497> Luettu: 5.10.2024.

IEA s.a. How a heat pump works. Luettavissa: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/how-a-heat-pump-works> Luettu: 24.9.2024.

Jääskeläinen, A.-M. 2019. Separoinnista hyötyy niin ravinnetalous kuin ympäristökin. Käytännön maamies. Luettavissa:

<https://kaytannonmaamies.fi/separoinnista-hyotyy-niin-ravinnetalous-kuin-ymparistokin/?utm> Luettu: 11.2.2025.

Kärki, M. s.a. Keski-Pohjanmaan ammattiopiston kotieläintuotannon oppimisympäristö Ollikkalan opetusnavetta. Kpedu. Luettavissa: https://www.kpedu.fi/docs/default-source/projektisivustot/navetta/ollikkalan-opetusnavetan-lantaj%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf?sfvrsn=c4572eb2_3 Luettu: 4.10.2024.

Luke 2025. Taloustohtori. Kannattavuuskerroin tuotantosuunnittain. Luettavissa: https://taloustohtori.luke.fi/maa_ ja_ puutarhatalous/aikasarja/kannattavuuskerroin-tuotantosuunnittain/ Luettu: 12.3.2025.

Luke s.a. a. Kaikki irti lannasta. Luettavissa: <https://projects.luke.fi/manurestandards/wp-content/uploads/sites/25/2019/11/Kaikki-irti-lannasta-FINAL.pdf> Luettu: 17.1.2025.

Luke s.a. b. Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus (GWh) muuttujina Vuosi, Tuotantosuunta, Energialähde ja Tieto. Luettavissa: https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_02%20Rakenne_08%20Maa-%20ja%20puutarhatalouden%20energiankulutus/01b_Maa_ ja_ puutarhatal_ energiankulutus_tuot.px/table/table-ViewLayout2/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db Luettu: 13.12.2024.

Luostarinen 2016. Lannan käsittelyn tekniikat ja kannattavuuden edellytyksiä. Luke. Luettavissa: https://www.ymparistotiedonfoorumi.fi/wp-content/uploads/2016/01/Luostarinen-Sari_K%C3%A4sittelytekniikat_110316.pdf Luettu: 22.11.2024.

Luostarinen s.a. Lanta. Luke. Luettavissa: <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/biomassaatlas/biomassaatlaksen-biomassat/lanta> Luettu: 11.3.2025.

Manni, K., Luostarinen, S., Virkkunen, E. & Grönroos, J. (toim.) 2023. Paras käytökelpoinen tekniikka kotieläintaloudessa. Luettavissa:

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164817/YM_2023_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27.1.2025.

Luettu:

Mäittälä, J. 17.4.2025. Työterveyslaitos. Sähköposti.

Nibe 2016. Maalämpöpumppu Nibe F1155. Luettavissa: <https://kymenlampopalvelu.fi/wp-content/uploads/2019/01/M11555-3.pdf> Luettu: 10.1.2025.

Nibe s.a. Asentajan käsikirja. Luettavissa: <https://www.taloon.com/media/attachments/nibe/nibe-f1155-asennusohjeet.pdf> Luettu: 10.1.2025.

NHK Group 2024. Slalom-lannanpoisto ritiläpalkkilattioille. Luettavissa: <https://www.nhk.fi/rakentaminen/lannanpoisto-ja-pumppaus/slalom-lannanpoisto/> Luettu: 16.9.2024.

Qingbo, Q., Keqiang Z. 2021. Effects of pH, Total Solids, Temperature and Storage Duration on Gas Emissions from Slurry Storage: A Systematic Review. Luettavissa: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/9/1156> Luettu: 26.2.2025.

Saarikettu, A. Opetusnavetta tuottaa lämpöä lietteestä. Kpedu.fi. Luettavissa: https://www.kpedu.fi/docs/default-source/projektisivustot/navetta/artikkeli-mp-el%C3%A4in-liite.pdf?sfvrsn=cec451b2_3 Luettu: 7.12.2024.

Sahi, A., Kulmala, A. & Lappalainen, J. 2018. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista ympäristönsuojeluvaatimuksista. Mtk.fi Luettavissa: <https://www.mtk.fi/-/maa-ja-metsatalousministerion-asetus-tuettavaa-rakentamista-koskevista-ymparistonsuojeluvaatimuksista> Luettu: 11.3.2025.

Slys, D., Pochwat, K., Czarniecki, D. 2020. An Analysis of Waste Heat Recovery from Wastewater on Livestock and Agriculture Farms Luettavissa: <https://www.mdpi.com/2079-9276/9/1/3> Luettu: 16.1.2025.

Ympäristökioski s.a. Lietelannan separointi. Luettavissa: <https://www.ymparistokioski.fi/ymparistonhoidon-toimenpiteet/ravinteiden-kierratys/lietelannan-separointi> Luettu: 23.9.2024.

Ympäristöministeriö 2010. Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje. Luettavissa:
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41550/OH1_2010_Kotieläintalouden_ymparistonsuojeluohje.pdf?isAllowed=y&sequence=2&utm Lu-
ettu: 11.12.2024.