



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 16/2016

Nykyaikaisen ympäristötekniikan vaikutus hajun muodostukseen

Kotieläintila kaupungin ja maaseudun vaihettumisvyöhykkeellä
–hankkeen loppuraportti

Maarit Hellstedt ja Hannu Haapala

Nykyaikaisen ympäristötekniikan vaikutus hajunmuodostukseen

Kotieläintila kaupungin ja maaseudun vaihettumisvyöhykkeellä
–hankkeen loppuraportti

Maarit Hellstedt ja Hannu Haapala



ISBN: 978-952-326-197-6 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-198-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-198-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Maarit Hellstedt; Hannu Haapala, Agrinnotech

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Maarit Hellstedt

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Maarit Hellstedt, Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Kampusranta 9 C, 60320 Seinäjoki
 Hannu Haapala, Agrinnotech, Kalevankatu 12 b A26, 60100 Seinäjoki

Kaupunkien laajentuessa taaja-asutus siirtyy yhä lähemmäksi maataloja. Ongelmia syntyy, kun vaihtumisvyöhykkeellä sijaitseva kotieläintila haluaa laajentaa tai muuttaa toimintaansa. Käytäntö on osoittanut, että naapurit kiinnittävät ympäristölupaa koskeissa vastineissaan erityisesti huomiota odotettavissa olevaan hajuhaittaan ja vaativat jopa laajennussuunnitelmista luopumista tämän perusteella.

Jos käytettävissä olisi hyviä hajuhaitan ennakointiin liittyviä keinoja, voitaisiin jo luvanhakuvaiheessa tehdä tarvittavat ennusteet haitan suuruudesta, jolloin vältyttäisiin sekä investoinnin toteutuksen viivytyksiltä että ikäviltä naapuruussuhteita kiristäviltä konfliktitilanteilta.

Kotieläinsuojasta muodostuvan hajun vähentämiseksi on kehitetty erilaisia toimintatapoja ja tekniikoita. Niitä on testattu pääasiassa laboratorio-olosuhteissa ja käytännön toimintaan liittyvää tutkimusta on vähän. Erityisesti tekniikoiden tehosta meidän olosuhteissamme puuttuu tutkittua tietoa.

Hajun suhteen voidaan puhua suojaetäisyydestä, joka riippuu siitä, kuinka voimakasta ja pitkäkestoista hajua pidetään raja-arvona. Hankkeen tavoitteena oli testata käytännöllistä toimintamallia, jota käyttämällä kuhunkin tilanteeseen liittyvä suojaetäisyys voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella.

Suojaetäisyyksien määrittämiseksi hankkeessa käytettiin tutkimuksissa, selvityksissä ja testauksissa kertynyttä tietoa ja tämän tutkimuksen pilottikohteista saatua mittausdataa. Valittua toimintamallia kokeiltiin pilottikohteessa, jossa oli käytössä uutta markkinoilla olevaa ympäristötekniikkaa (ns. BAT-tekniikkaa, engl. *Best Available Technology*).

Tulosten perusteella lannan jäähdytys ja sisäilman korkeapainejäähdytys näyttävät toimivilta haju- ja hajunpoistotekniikoilta. Sama koskee BioSampona. Aineiston suppeuden takia tulokset ovat suuntaantavia. Pilottikohteen hajuemissio on matala, mikä vaikeutti hajun leviämisen toteamista. Valituissa kahdessa verrokko-kohteessa hajun leviäminen oli hieman helpommin havaittavissa, ja tuulensuunnalla havaittiin olevan hajun leviämiseen huomattava vaikutus.

Tavoiteltava haju on myös laadullinen kysymys. ”Hyökkäävä” haju on epämiellyttävä jo pieninä pitoisuuksina. Siksi BioSampon vaikutus hajun ”pehmenemiseen” on merkittävä tekijä. Tämän vaikutuksen varmistamiseksi tarvitaan vielä lisätutkimuksia.

Hankkeessa käytetty kannettavaan olfaktometriin perustuva mittausmenetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi. Hajupaneelin laatu on kuitenkin tärkeää, jotta tulokset olisivat luotettavia. Mittausteknisesti laitteisto oli luotettava ja helppokäyttöinen.

Hajuhaitan hallinnan talousvaikutusten määrittäminen voidaan supistaa muutamiksi alkeistapauksiksi. Käytännön tilanteissa laskentaa on kuitenkin tarpeellista räätälöidä, jotta tulos olisi riittävän tarkka.

Asiasanat: kotieläntuotanto, hajuhaitta, hajunmääritys

Sisällys

Alkusanat	5
1. Hankkeen tausta	6
2. Hankkeen tavoite	7
3. Kirjallisuuskatsaus hajusta ja sen mittauksesta	8
4. Koejärjestelyt	10
4.1. Hajua vähentävät ympäristötekniikat.....	10
4.1.1. Lannan jäähditys ja veden korkeapainesuihkutus.....	10
4.1.2. BioSampo	11
4.2. Hajun leviäminen	13
5. Tulokset	16
5.1. Tekniikoiden vaikutus hajuun ja ammoniakkin haihtumiseen tuotantorakennuksen sisätiloissa	16
5.2. Hajun voimakkuuden ja luonteen muutokset BioSampon mekaanis-biologisessa prosessissa	21
5.3. Lannan käsittelyn vaikutus hajun muodostukseen peltolevityksessä	23
5.4. Hajun leviäminen	25
6. Hajuhaitan arviointi käytännössä	28
7. Tekniikoiden talous	29
8. Johtopäätökset	30
9. Hankkeen tulosten julkaisu ja hyödyntäminen	31

Alkusanat

Suomen maataloudessa on EU-jäsenyyden aikana tapahtunut merkittävä rakennemuutos. Maatilojen lukumäärä on supistunut ja jäljelle jääneet maatilat ovat kasvaneet huomattavasti. Kotieläinten lukumäärä on pysynyt lähes liittymistä vastaavalla tasolla, joten eläinmäärä/tuotantoyksikkö on kasvanut. Tämä kehitys näyttää edelleen jatkuvan. Kun samalla kasvukeskuskaupungit ovat laajentuneet, on taaja-asutus siirtynyt lähemmäksi toimivia kotieläintiloja.

Kotieläintilat tarvitsevat toimintaansa ympäristöluvan. Taaja-asutuksen siirtyessä lähemmäksi tiloja, niistä mahdollisesti aiheutuvaa viihtyvyyshaittaa tarkastellaan entistä perusteellisemmin. Viihtyvyyshaitan yhdeksi merkittäväksi arviointitekijäksi on muodostunut hajuhaitta.

Hajuhaitan arviointiin ei ole kotieläintilojen ympäristöluvituksessa käytössä vakiintuneita menetelmiä. Myöskään kotieläintuotannossa käytettävän tuotantotekniikan vaikutuksesta hajuhaittaan tai sen vähentämiseen ei ole meillä tutkittua tietoa. Kyseistä tietoa tarvitaan kuitenkin kipeästi, jotta ympäristölupiin liittyvät konfliktitilanteet ja valitukset pystytään selvittämään nopeasti ja kaikkia osapuolia tyydyttävällä tavalla.

Tätä hanketta ovat rahoittaneet Teknillisyyhteiskunnallinen säätiö ja Maatilatalouden kehittämisrahasto. Hankkeen tutkijat kiittävät rahoittajia taloudellisesta tuesta, jota ilman tätä hanketta ei olisi voitu toteuttaa. Hanketta on valvonut ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet puheenjohtajana yliarkkitehti Raija Seppänen Maa- ja metsätalousministeriöstä ja jäsenenä ympäristöjohtaja Liisa Pietola Maatalousyrittäjien keskusliitosta, erikoistutkija Juha Grönroos Suomen ympäristökeskuksesta, Seija Virolainen Etelä- ja Länsi-Suomen aluehallintovirastosta, Matti Punkari Seinäjoen kaupungilta, Juha Taka Pellon Group Oystä ja Antti Pasila Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oystä. Hankkeen tutkijat kiittävät ohjausryhmää asiaan paneutumisesta sekä rakentavista huomioista ja kommentteista työn edetessä.

1. Hankkeen tausta

Kaupunkien laajentuessa taaja-asutus siirtyy yhä lähemmäksi maataloja. Ongelmia syntyy, kun vaihtumisvyöhykkeellä sijaitseva kotieläintila haluaa laajentaa tai muuttaa toimintaansa. Käytäntö on osoittanut, että naapurit kiinnittävät ympäristölupaa koskeissa vastineissaan erityisesti huomiota odotettavissa olevaan hajuhaittaan ja vaativat jopa laajennussuunnitelmista luopumista tämän perusteella.

Jos käytettävissä olisi hyviä hajuhaitan ennakointiin liittyviä keinoja, voitaisiin jo luvanhakuvaiheessa tehdä tarvittavat ennusteet haitan suuruudesta, jolloin välttyttäisiin sekä investoinnin toteutuksen viivytyksiltä että ikäviltä naapuruussuhteita kiristäviltä konfliktitilanteilta.

Kotieläinsuojasta muodostuvan hajun vähentämiseksi on kehitetty erilaisia toimintatapoja ja tekniikoita. Niitä on testattu pääasiassa laboratorio-olosuhteissa ja käytännön toimintaan liittyvää tutkimusta on vähän. Erityisesti tekniikoiden tehosta meidän olosuhteissamme puuttuu tutkittua tietoa.



Kuva: Maarit Hellstedt

2. Hankkeen tavoite

Hankkeessa on tutkittu kehittyneitä ympäristötekniikoita, joita hyödyntämällä kotieläintila voi toimia kannattavasti ja laajentaa toimintaansa vaihettumisvyöhykkeellä ilman, että naapureiden asumisviihtyvyys ja alueen virkistyskäyttömahdollisuudet heikentyvät.

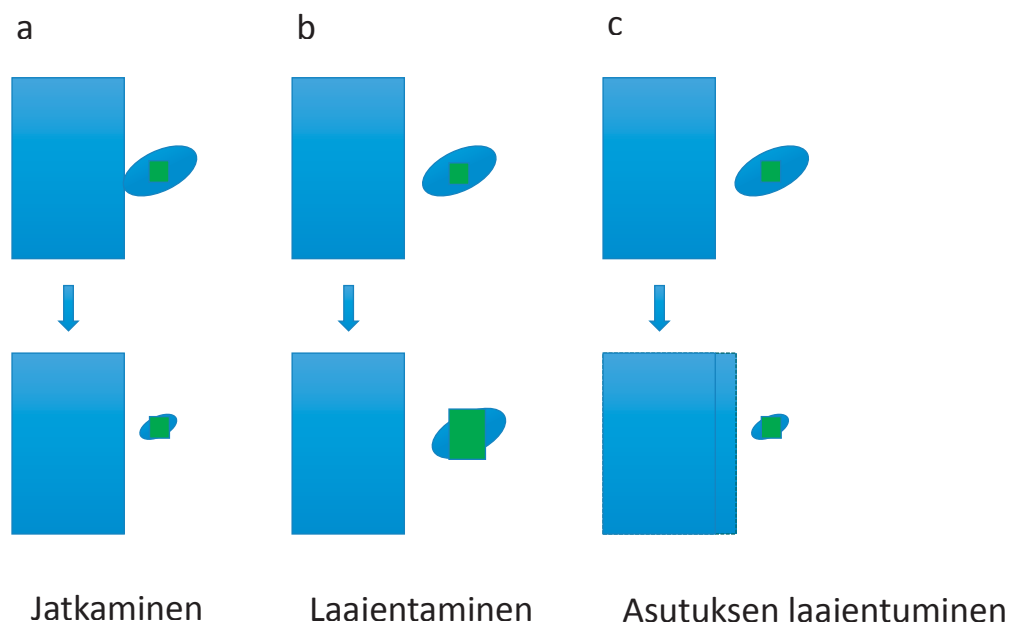
Hankkeessa käsiteltäviä hajuhaittaan liittyviä alkeistapauksia olivat (Kuva 1):

- Ympäristöluvassa edellytetään hajua vähentävän tekniikan käyttöönottoa vaihtoehtona kotieläinrakennuksen sijoittamiselle etäämmälle asutuksesta. Hajun pieneminen antaa mahdollisuuden jatkaa tuotantoa nykyisessä paikassa.
- Kotieläintila haluaa laajentua nykyisessä paikassaan kaupungin kupeessa. Hajun pieneminen antaa mahdollisuuden rakentaa samalla ”hajukuormalla” isomman yksikön. Tämä on kotieläintilan kannalta ratkaisevaa, koska kannattavuus usein edellyttää nykyistä suurempia yksiköitä.
- Olemassa olevan tilan hajukuormaa pienennetään ja asutus voi silloin tulla lähemmäksi.

Kaikissa tapauksissa hajun pieneminen tulee pystyä osoittamaan. Tämä edellyttää mahdollisuutta ennustaa ja/tai mitata hajua. Koska maatalouden yritystoiminnan arvo on suhteellisen pieni, pitää menetelmien olla edullisia. Teollisuusmittakaavaan tai julkisiin isoihin kohteisiin käytetyt nettelyt eivät tule kysymykseen.

Hajun suhteen voidaan puhua suojaetäisyydestä, joka riippuu siitä, kuinka voimakasta ja pitkäkestoisista hajua pidetään raja-arvona. Hankkeen tavoitteena oli testata käytännöllistä toimintamallia, jota käyttämällä kuhunkin tilanteeseen liittyvä suojaetäisyys voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella.

Suojaetäisyyksien määrittämiseksi tässä hankkeessa käytettiin tutkimuksissa, selvityksissä ja testauksissa kertynyttä tietoa ja tämän tutkimuksen pilottikohteesta saatua mittausdataa. Valittua toimintamallia kokeiltiin pilottikohteessa, jossa oli käytössä markkinoilla olevaa uutta ympäristötekniikkaa (ns. BAT-tekniikka, engl. *Best Available Technology*, Mikkola ym. 2002).



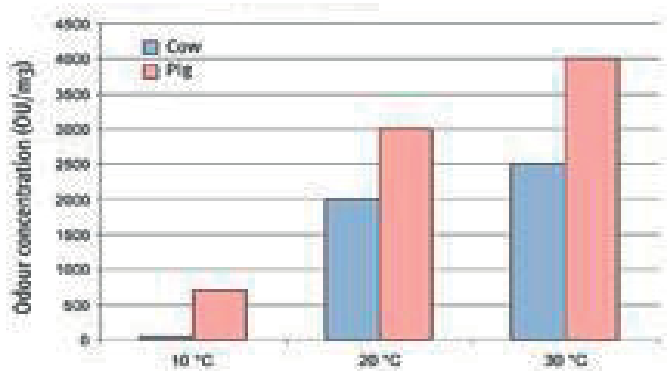
Kuva 1. Käsiteltävät alkeistapaukset. Maatila = vihreä nelikulmio, asutus = sininen nelikulmio, hajupäästön vaikutusalue = sininen ellipsi. Tapaus a: Maatila haluaa jatkaa olemassa olevalla paikalla, joten se vähentää hajupäästöään, jolloin se kohdentuu pienemmälle alueelle. Tapaus b: Maatila haluaa laajentaa toimintaansa, joten se vähentää eläinyksikköä kohti tulevaa hajupäästöään, ja hajun leviämisaikaa ei laajene. Tapaus c: Asutus haluaa laajentua kohti maatilaa, joka onnistuu kun maatila pienentää hajupäästöään.

3. Kirjallisuuskatsaus hajusta ja sen mittauksesta

Tutkimus aloitettiin kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdyttiin aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin, selvityksiin ja testauksiin. Tietoa kerättiin hajun muodostumisesta ja leviämisestä sekä aiemmin käytetyistä menetelmistä.

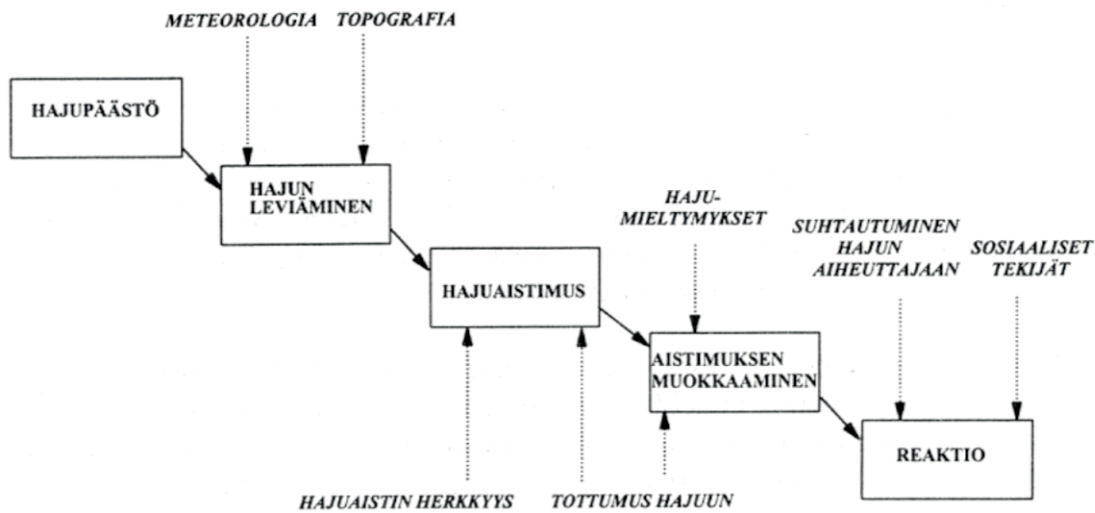
Kotieläintiloilla hajun pääasiallinen lähde on lanta. Lannan lämpötila vaikuttaa oleellisesti siihen, miten paljon hajua lannasta muodostuu, kuva 2. Lannan lämpötilan noustessa siitä muodostuva haju lisääntyy voimakkaasti. Siten lannan lämpötilan alentamisella on mahdollista vähentää hajunmuodostusta. Myös lannan prosessoinnilla on merkittävä vaikutus lannasta aiheutuvaan hajuun.

Kirjallisuuden perusteella haju johtuu sikalan ilman sisältämistä yhdisteistä, joita on tunnistettu runsaasti (Mackie, Stroot & Varel 1998). Mittausteknologian kehittyessä yhdisteitä havaitaan yhä enemmän. Hajun muodostuksen ja kemiallisten yhdisteiden yhteys ei kuitenkaan ole kovinkaan selvä ja lisäksi sikaloiden ilmassa on runsaasti tunnistamattomia yhdisteitä. Sikalailman hajuyhdisteille on tyypillistä hyvinkin matalat hajukynnykset, joten pienetkin pitoisuudet voivat olla hajunmuodostukselle merkittäviä (Arnold 2002).



Kuva 2. Lannan lämpötilan vaikutus siitä aiheutuvaan hajuun lehmän ja sianlannalla. Hügler & Andree 2001

Käytännön hajuhaitan arvioinnissa aistinvarainen mittaus on siten käyttökelpoisempi, varsinkin, kun yhdisteitä mittaavat mittalaitteet ovat kalliita ja varsin heikosti kenttäkelpoisia. Lisäksi hajusta tehtävät valitukset perustuvat *aistittuun* hajuun, joten aistinvaraisuus on useissa tapauksissa looginen valinta mittausmenetelmäksi. Aistinvaraisella mittauksella on kuitenkin rajoituksensa. Eri henkilöt aistivat hajun hyvinkin eri tavoin. Hajukynnys, hajun epämiellyttävyys ja olosuhdetekijöiden vaikutus vaihtelevat yksilöittäin. Hajuaistimuksen aiheuttamaan reaktioon vaikuttavat hajumieltymykset, tottumus hajuun ja suhtautuminen hajun aiheuttajaan. Sosiaalisilla tekijöillä on myös vaikutusta reaktioon (Arnold 1995, Kuva 3).



Kuva 3. Hajupäästöstä aiheutuva hajuhaitta (Arnold 1995).

Edellä mainituista syistä aistinvaraisessa hajunmittauksessa käytetään useista henkilöistä muodostettuja hajupaneeleita ja henkilöt testataan erojen havaitsemiseksi. Siten on mahdollista kalibroida saadut tulokset yksilöllisesti. Mittauksen luotettavuuden lisäämiseksi olosuhdetekijöitä vakioidaan ja panelistit motivoidaan. (Delahunty, Eyres & Dufour 2006, Osmonen 2012).

Tutkimukseen valittiin kannettavaan olfaktometriin perustuva mittausmenetelmä, jonka avulla mitataan hajun voimakkuutta ja häiritsevyyttä. Valittu olfaktometri, Nasal Ranger® (Kuva 4), on ulkomailla laajalti tutkimuksissa ja tarkastuksissa käytetty hajuhaitan mittauslaite, joten sen käytöstä on runsaasti kokemusta. Nasal Rangerin mittausperiaatteena on laimentaa hajun lähteestä tulevaa ilmaa aina vain vähemmän, kunnes koehenkilö havaitsee hajun. Laimennussuhde on mittausulos. Olfaktometria on sinänsä vanha mittausmenetelmä, jota on käytetty yli 50 vuoden ajan hajun määrittämiseen (Delahunty, Eyres & Dufour. 2006).

Kannettavaa olfaktometriä voidaan käyttää monella tavalla, esim. prosessin toiminnan tarkkailuun, hajulähteiden etsimiseen tai hajuun liittyvissä valituksissa (Nasal Ranger 2013). Paitsi hajun voimakkuus, mittauksiin liittyy yleensä myös hajun kuvailu liitteen 1 mukaisia termejä käyttäen.



Kuva 4. Hankkeessa käytetty kannettava olfaktometri. Hajua laimennetaan aktiivihiilen läpi johdetulla ilmalla aina vain vähemmän, kunnes haju havaitaan. Laitteella saatava tulos on siis laimennussuhde. (Kuvat: Hannu Haapala)

4. Koejärjestelyt

4.1. Hajua vähentävät ympäristötekniikat

Hajun muodostumista vähentäviä ympäristötekniikoita pilotoitiin käytännön olosuhteissa kahdella eri maatilalla, jotka sijaisivat Seinäjoella ja Forssassa. Molemmissa piloteissa testattiin BioSampo –laitteiston prosessin vaiheiden vaikutusta lannan hajuun. Seinäjoen pilotissa testattiin myös lannan jäähdytystä ja veden korkeapainesuihkutusta, kuva 5.

4.1.1. Lannan jäähdytys ja veden korkeapainesuihkutus

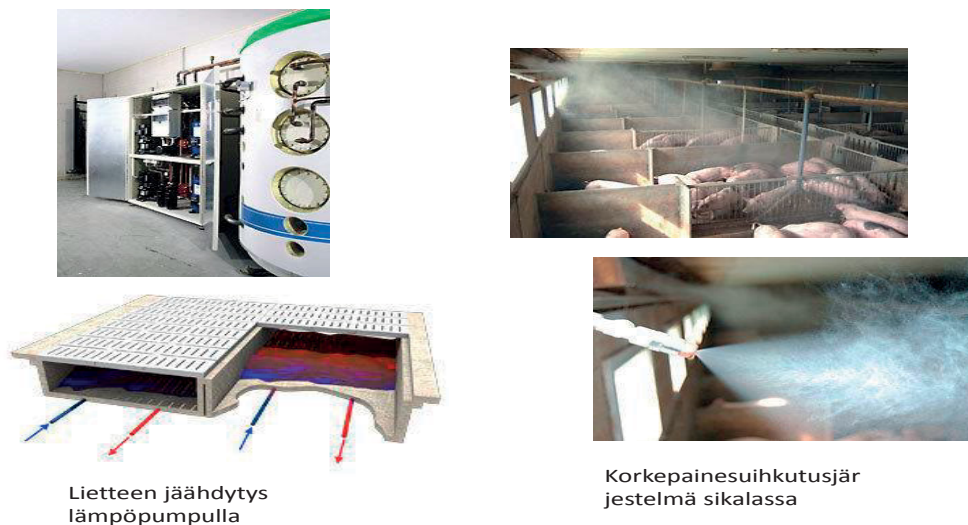
Seinäjoen pilottikohde on kertatäyttöinen lihasikala, jossa mittauksiin oli käytettävissä kaksi identtistä kasvatusosastoa, osastojen periaatekuva on liitteenä 2. Kummassakin osastossa oli noin 210 sikaa. Tutkimuksessa oli ajalla 08.2013 – 07.2015 yhteensä 6 seurantajaksoa, joista kukin oli yhden kasvatusjakson mittainen.

Sikalan pihalle pystytettiin sääasema (kuva 6), jotta kasvatusosastojen ilmanvaihdon taso pystyttiin sitomaan ulko-olosuhteisiin. Molemmissa osastoissa oli jatkuva olosuhdemittaus (lämpötila ja suhteellinen kosteus) kaikkien seurantajakosojen ajan TinyTag –laitteella (kuva 6) kuudesta kohdasta, neljä 1,8 m korkeudella kasvatuskarsinoiden päällä ja kaksi 1 m korkeudella hoitokäytävällä.

Toisessa osastossa oli lannan jäähdytys päällä ja toisessa pois koko tutkimuksen ajan. Lannan jäähdytyksen tehokkuutta selvitettiin mittaamalla lannan lämpötilaa kuilun pohjalta, 15 cm:n korkeudelta pohjasta ja pinnalta. Lannan sisältä lämpötila mitattiin termoelementillä ja pintalämpötila mitattiin infrapunälämpömittarilla.

Osastojen sisäilman ammoniakkipitoisuutta mitattiin Dräger PAC7000 dataloggereilla, kuva 6. Kummassakin osastossa oli kaksi loggeria hoitokäytävän päällä noin 1,8 m korkeudella. Mittaus tehtiin samanaikaisesti hajumittausten kanssa ja kunkin mittaussektion pituus oli noin 45 min. Osastojen sisäilman hajupitoisuuksia mitattiin kannettavalla Nasal Ranger -olfaktometrillä. Jokaiseen mittaukseen osallistui kolme koehenkilöä. Kaikkien mittausten osalta mittauskohta oli kaikilla mittauskerroilla sama.

Veden korkeapainesuihkutuksen vaikutusta sikalan hajunmuodostukseen selvitettiin mittaamalla Nasal Ranger -olfaktometrillä osaston hajupitoisuus ennen korkeapainesuihkutuksen käynnistämistä ja toisen kerran suihkutuksen aikana. Jokaiseen mittaukseen osallistui kolme havainnoijaa.



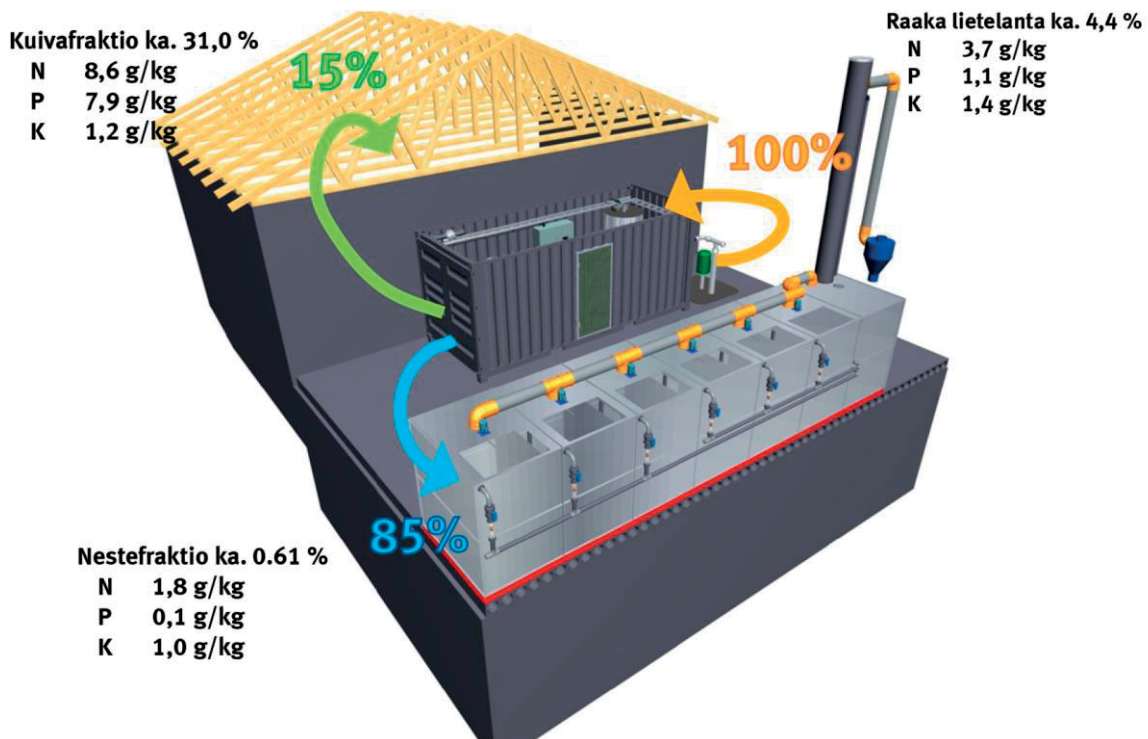
Kuva 5. Seinäjoen pilotissa oli käytössä kaksi teknistä ratkaisua, lannan jäähdytys lietekuilujen pohjalta (vas) ja veden korkeapainesuihkutus (oik).



Kuva 6. Käytetyt mittausanturit; vasemmalla TinyTag lämpötila ja suhteellinen kosteus -anturi, keskellä Dräger Pac 7000 NH₃ -anturi ja oikealla A-Lab-sääasema tuulen nopeuden ja suunnan, lämpötilan, sademäärän ja suhteellisen kosteuden mittaukseen.

4.1.2. BioSampo

BioSampon, kuva 7, prosessin vaikutusta lannan hajuun selvitettiin ottamalla näytteet (näytteiden koko 1-2 litraa) raakalannasta, erotetusta nestefraktiosta ja kuudesta eri prosessisäiliöstä. Näiden näytteiden hajupitoisuus mitattiin olfaktometrilla opiskelijoista muodostetun hajupaneelin avulla, kuva 8. Panelistit arvioivat myös hajun luonnetta.

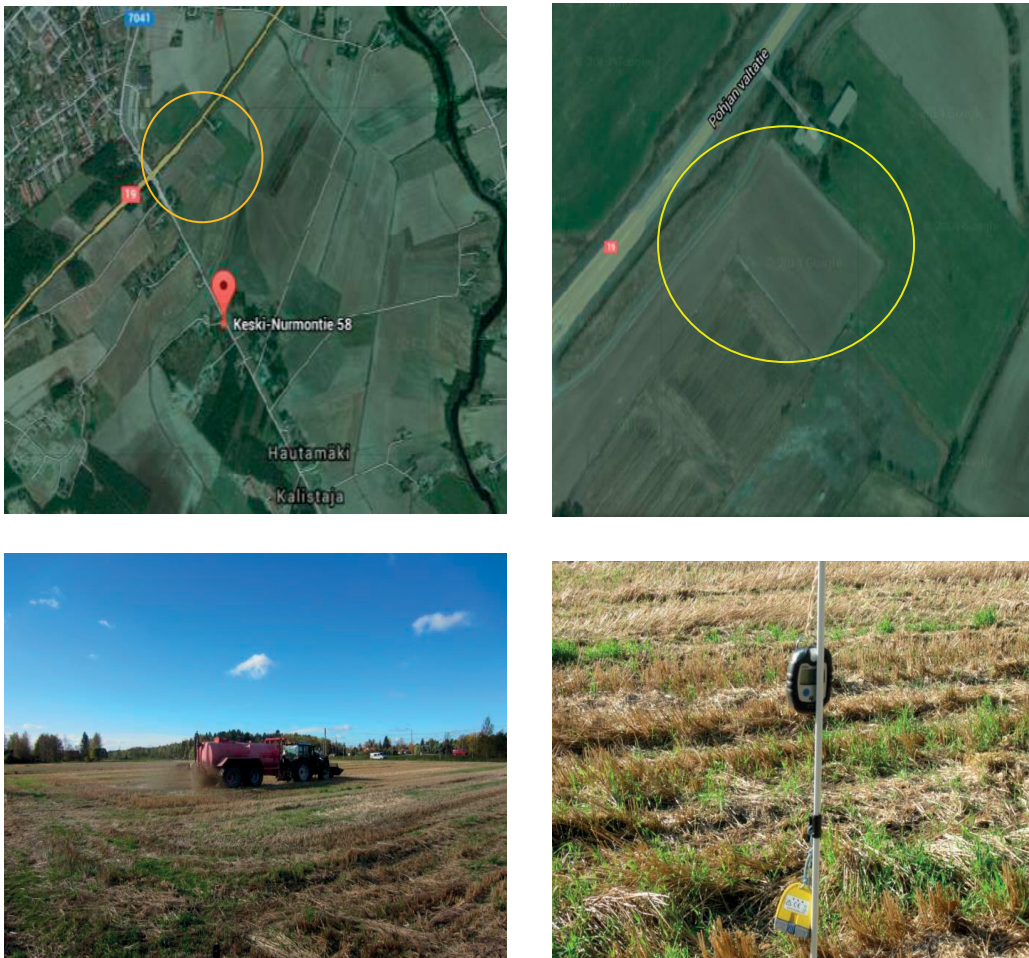


Kuva 7. BioSampo-laitteiston prosessikaavio sekä esimerkikiluvut lannan jakautumisesta eri fraktioihin ja lannan ominaisuuksien muutoksesta prosessissa.



Kuva 8. Hajupaneeli arvioimassa BioSampon prosessin vaikutusta hajuun.

Alkuperäisestä tutkimussuunnitelmaan tehtiin lisäys, koska haluttiin testata myös BioSampon vaikutusta levitettävän lannan hajuun. Levitys tehtiin hajalevittimellä. Testiä varten levitysalue instrumentoitiin ammoniakki-, lämpötila-, suhteellinen kosteus-, tuulen suunta- ja olfaktometrimittauksin (Kuva 9). Levitys aloitettiin käsitellyllä nestefraktiolla (otettu BioSampon viimeisestä prosessisäiliöstä), joka on prosessin nestemäinen lopputuote. Hajua mitattiin tuulen alapuolelta kunnes hajua ei enää voitu havaita. Sen jälkeen levitettiin raakalietettä, jonka hajun kehitystä seurattiin samalla tavalla.



Kuva 9. Nestejakeen ja raakalietteen levityskoealueen sijainti, levityslaitteisto ja mittausanturit.

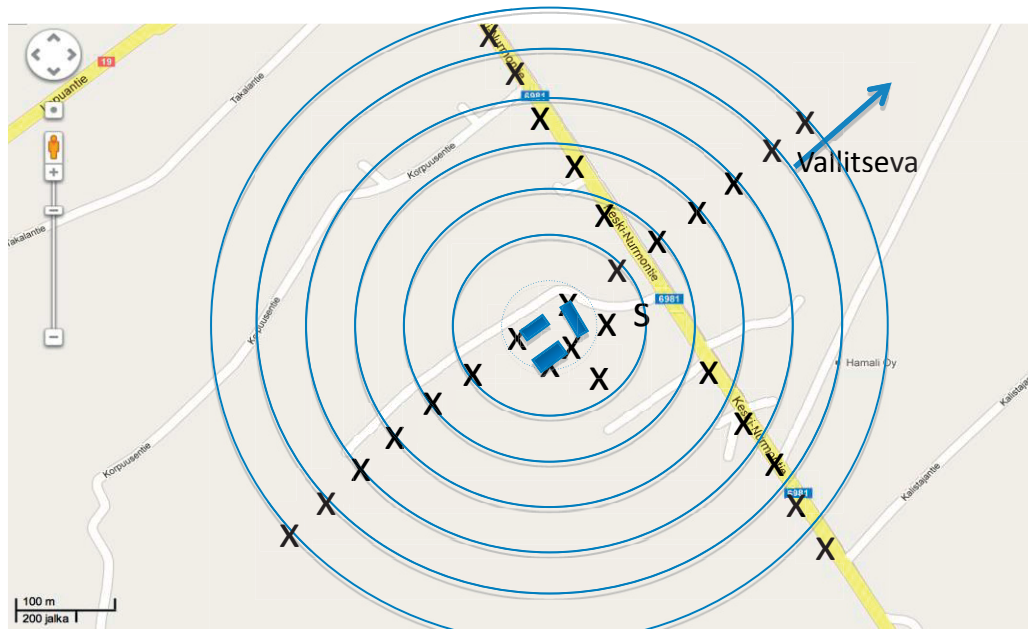
4.2. Hajun leviäminen

Kaiken kaikkiaan nykyaikaisessa ja hyvin hoidetussa Seinäjoen pilottikohteessa hajun muodostuksen taso oli hyvin alhainen. Tämä sinänsä positiivinen tosiasia ei mahdollistanut hajun leviämisen mittausta sikalan ympäristössä kovinkaan pitkälle. Syyskuun 2013 mittausseisiossa osastosta mitattu hajupitoisuus oli 15, ja tämä sama pitoisuus mitattiin sikalan katolta, osaston ilmastoinnin poistoputken päältä. Maanpinnan tasolla havaittavissa oleva haju tuntui tuulen alapuolella vain noin 15 metrin etäisyydelle tuotantorakennuksesta, mutta ei tämän etäämpänä. Vähän hajua tuottava uusi tekniikka rajasi häiritsevän hajun pilottisikalan lähimaastoon.

Hajun muodostus oli siten ulkona tehtyjen mittausten mukaan niin alhainen, ettei hajun leviämisen mittaukseen ollut perusteltua mennä. Lisäksi Seinäjoen pilotin naapurissa oli toinen sikala, jolloin sen määrittäminen, mistä havaittu haju etäämpänä pilottisikalasta oli peräisin, olisi ollut mahdotonta.

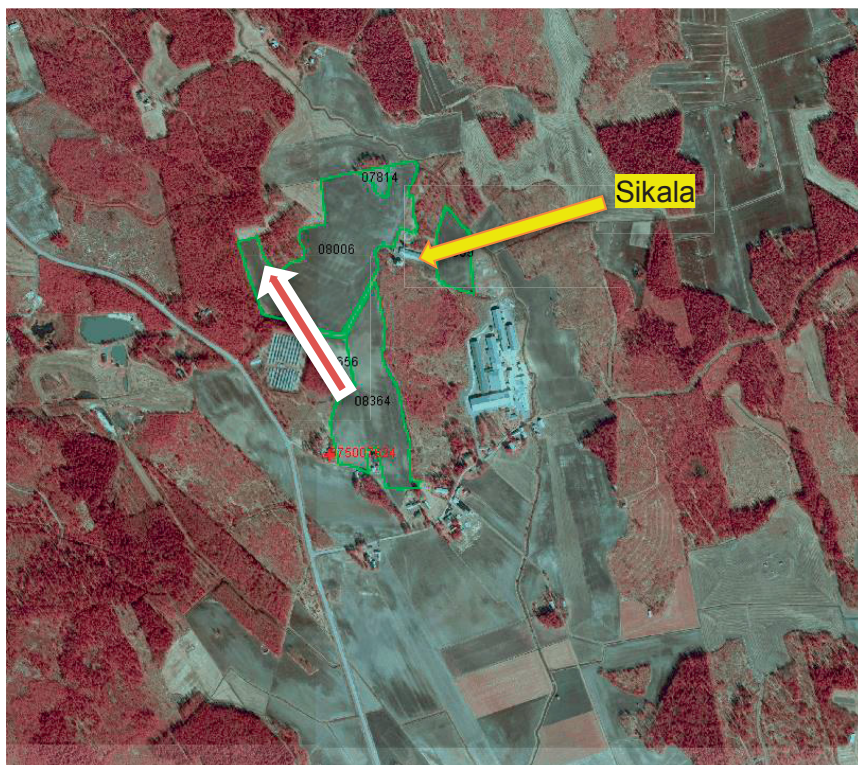
Hajun leviämisen määrittämisen testaamiseksi tutkimussuunnitelmaa jouduttiin muuttamaan siten, että Seinäjoen maataloustoimen avustamana valittiin kaksi verrokisikalaa Seinäjoen Ylistarosta. Tavoitteena oli saada selvemmat havainnot hajun leviämisestä. Näillä tiloilla ei ollut käytettävissä varsinaisia hajua vähentäviä tekniikoita, mutta kummatkin olivat varsin nykyaikaisella tuotantotekniikalla varustettuja.

Hajun leviämistä mitattiin verrokkitaloilta käyttäen hajupaneeleja ja olfaktometrejä. Mittaukset toistettiin kolme kertaa kesä-, heinä- ja lokakuussa, jokaisella kerralla samoista kohdista. Mittauspisteet muodostivat päätuulen suuntaisen ja poikittaisen linjan. Mittausetäisyydet olivat 50, 100, 150, 200 ja 250 metrin etäisyydellä hajua muodostavasta kohteesta. Mittauksen periaate on esitetty kuvassa 10. Liikkeelle lähdettiin kunkin suunnan kauimmaisesta mittauspisteestä. Kustakin pisteestä mitattiin hajun lisäksi tuulen suunta ja nopeus sekä ilman lämpötila.



Kuva 10. Hajun leviämisen mittauspisteet, periaatekuva. Mittauspisteet ovat 50 m etäisyydellä toisistaan. Vallitseva tuulensuunta otetaan huomioon.

Ensimmäisellä Seinäjoen Ylistaron verrokkitalilla (Kuva 11) oli lähistöllä teollisuutta ja toisella (Kuva 12) asutusta. Hajun muodostuksesta ja siitä aiheutuneesta haitasta oli ollut keskustelua. Vallitseva tuulensuunta oli kummallakin alueella selvillä.



Kuva 11. Seinäjoen Ylistaron Verrokkitilan 1 sijainti ja vallitseva tuulensuunta (punavalkoinen nuoli).



Kuva 12. Seinäjoen Ylistaron Verrokkitilan 2 sijainti ja vallitseva tuulensuunta (valkoinen nuoli).

Hajun leviämisen mittaukset tehtiin verrokkitiloilla kolme kertaa: heinäkuussa, syyskuussa ja lokakuussa. Toisella tilalla hajupaneelissa oli 8 osallistujaa ja toisella 6. (Kuva 13)



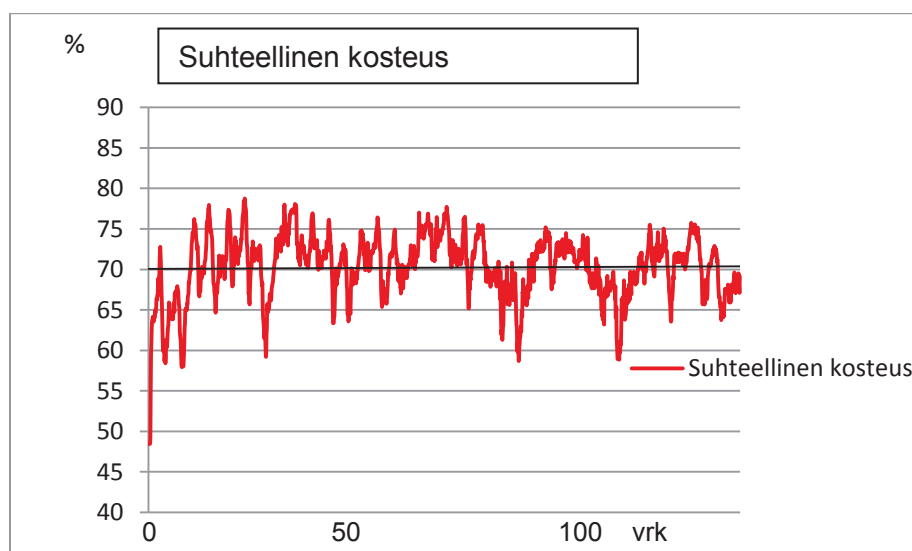
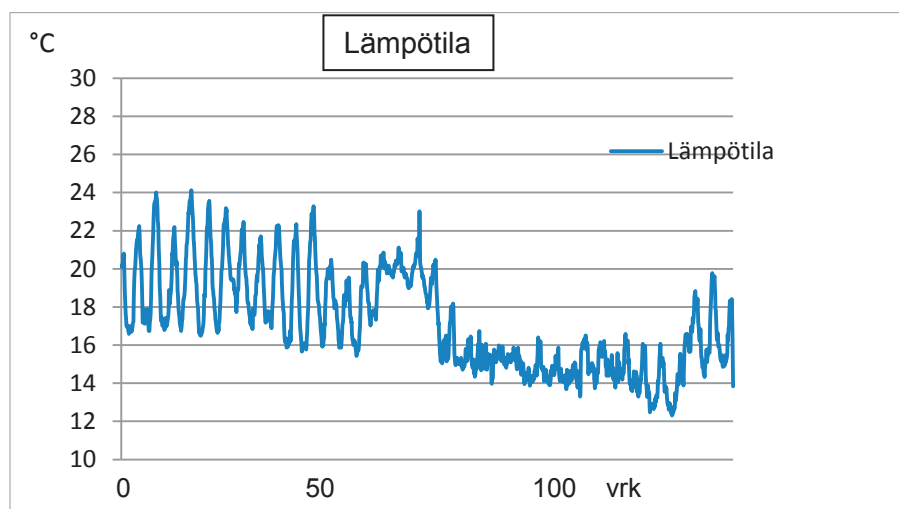
Kuva 13. Hajupaneelin jäseniä haistelemassa lokakuussa 2014 Seinäjoen Ylistaron verrokkiviljalla 1.

5. Tulokset

5.1. Tekniikoiden vaikutus hajuun ja ammoniakin haihtumiseen tuotantorakennuksen sisätiloissa

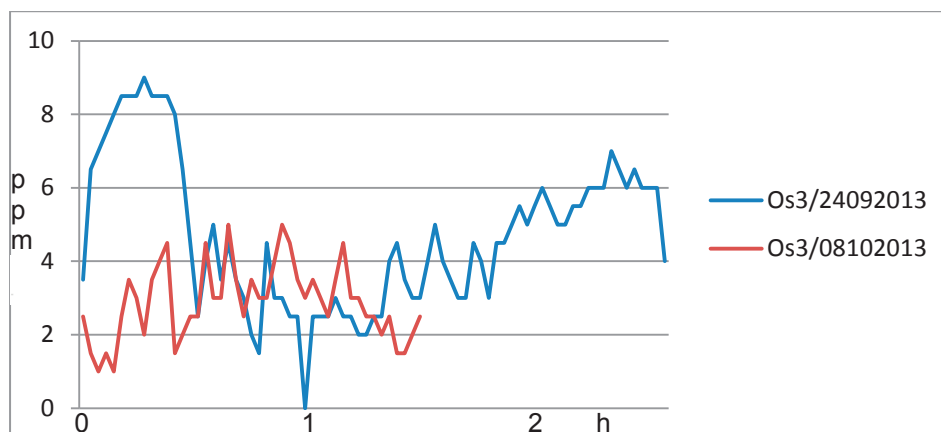
Heinäkuussa 2014 Seinäjoen pilottitilalla ukonilma aiheutti ruokintalaitteen vaa'an rikkoontumisen. Korjauksen yhteydessä vaaka työnnettiin epähuomiossa kiinni seinään, jolloin se ei enää toiminut oikein ja rehukomponenttien määrät rehussa eivät siten olleet ruokintasuunnitelman mukaisia. Ongelma rehusekoituksessa havaittiin v. 2014 syksyllä, mutta sen syy saatiin selville vasta keväällä 2015, joten aikavälillä 07.2014 – 06.2015 tehdyt kasvatusosastojen olosuhdemittaukset eivät vastaa normaaliolosuhdetta, eikä niitä siten ole sisällytetty tulosten analysointiin.

Seinäjoen pilotin kasvatusosastojen sisäolosuhteita kuvaavien lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelut ensimmäiseltä kasvatusjaksolta on esitetty kuvassa 14.



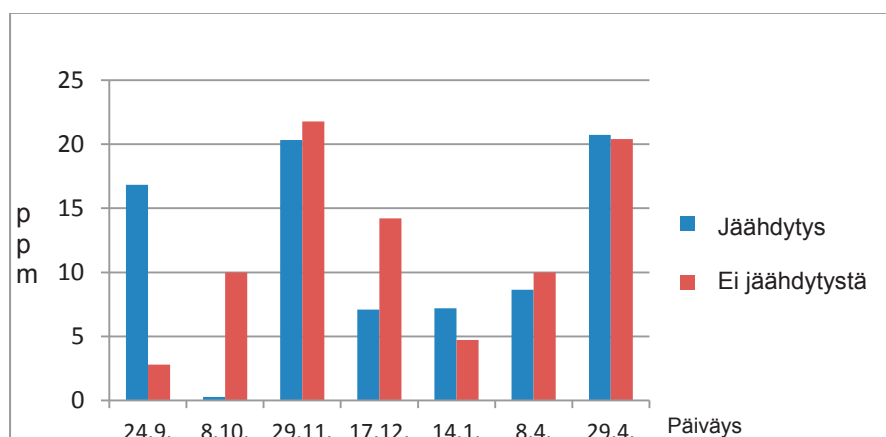
Kuva 14. Yhden kasvatusjakson (kesä – elokuu) aikana kasvatusosastolta mitattu keskimääräinen lämpötila ja suhteellinen kosteus. Mittaus neljästä 1,8 m korkeudella sikalan lattiasta hoitokäytävän molemmin puolin ja kahdesta noin 1 m:n korkeudella hoitokäytävällä sijainneesta pisteestä.

Tuloksista voidaan nähdä, että sikalan säätöjärjestelmän olosuhdeohjelma toimii. Lämpötila laskee alun (pienet porsaas) 20°C:sta loppuvaiheen 15°C:een, ja suhteellinen kosteus pysyy keskimäärin tavoitellussa 70 %:ssa. Ammoniakkipitoisuutta on osastoilta mitattu hajunmittausseksioiden yhteydessä, koska Dräger-loggerit tallentavat vain suhteellisen lyhyen ajanjakson kerrallaan. Kahden eri mittausseksioiden ajalta saadut tulokset on esitetty kuvassa 15. Tulos on laskettu molemmissa osastoissa kahden loggerin, joiden sijainti osastoilla on esitetty liitteessä 2, mittausten keskiarvona. Syyskuun mittausjaksolla ammoniakkipitoisuus vaihteli huomattavasti ja keskimääräinen pitoisuus oli noin 5 ppm. Lokakuun mittausjaksolla pitoisuudet olivat selvästi pienempiä ja keskimäärin noin 3 ppm. Tämä ero selittyy osin osaston alemmalla lämpötilalla, mutta myös ulkolämpötilalla (=ilmanvaihdon voimakkuudella) ja osaston siisteydellä on vaikutusta asiaan.

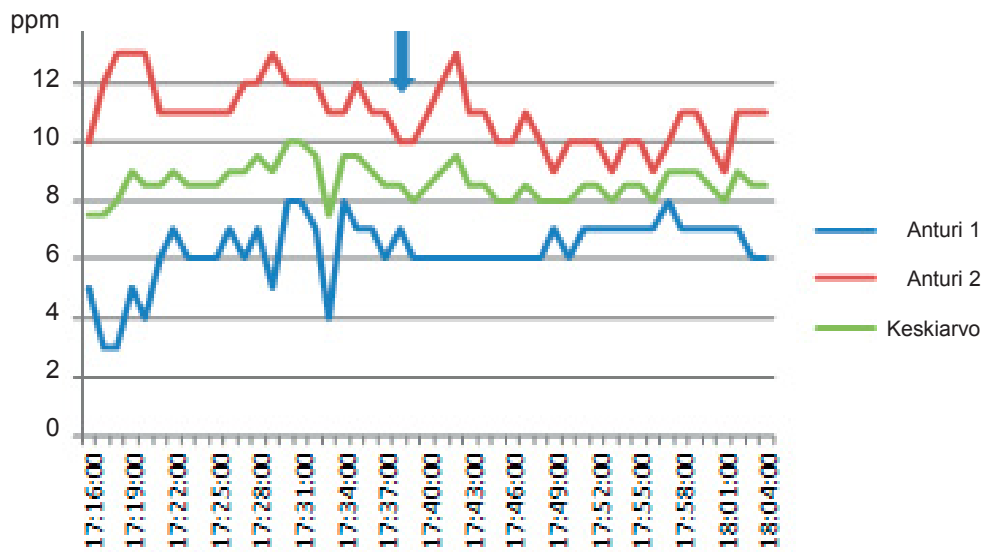


Kuva 15. Hajunmittausseksioiden yhteydessä havaitut osaston 3 ammoniakkipitoisuudet Seinäjoen pilottisikalassa. Syyskuun mittausjakson pituus noin 2 tuntia ja lokakuun runsas tunti. Ammoniakkipitoisuuden huippu syyskuun mittauksen alussa johtui todennäköisesti ruokinnoista, jolloin siat aktivoituivat.

Kuvassa 16 on esitetty syys-huhtikuun ajalta mitatut keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet sekä jäädytetyltä että jäädyttämättömältä osastolta. Mittaukset tehtiin kasvatusosastoilla kaikkina kyseisinä päivinä klo 17 -19 välillä peräkkäin siten, että ensin käytiin osastolla 2 ja sen jälkeen osastolla 3. Jäädytyksen vaikutus ammoniakkipäästöihin oli kahdessa mittauksessa (24.9., 14.1.) selkeästi päinvastainen kuin oli aikaisemmin tehtyjen selvitysten perusteella odotettavissa, mikä johtunee pilotin vaatimattomasta lannanjäädytyskäytännöstä. Sen sijaan veden korkeapainesuihkutuksella ei havaittu olevan merkitystä ammoniakkipitoisuuteen (Kuva 17).



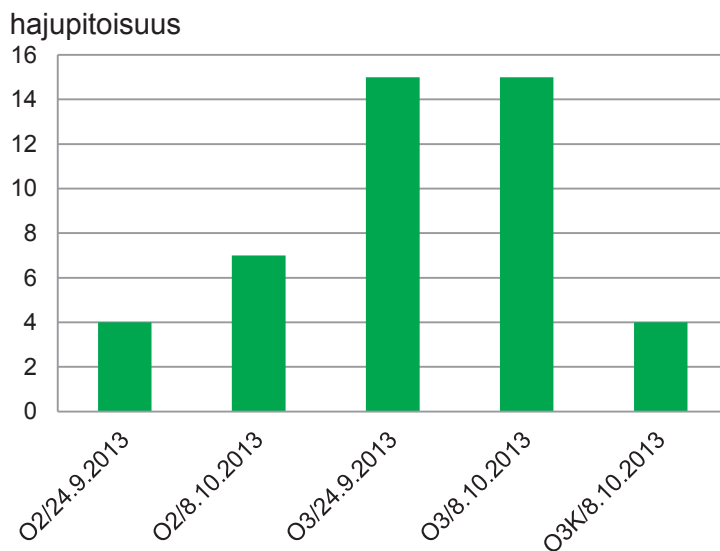
Kuva 16. Keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet Seinäjoen pilottitilan jäädytetyltä (sininen) ja jäädyttämättömältä identtiseltä kasvatusosastolta. Lihasiat olivat tulleet osastoille samaan aikaan ja osastojen tyhjennystä ei oltu mittaushetkillä vielä aloitettu.



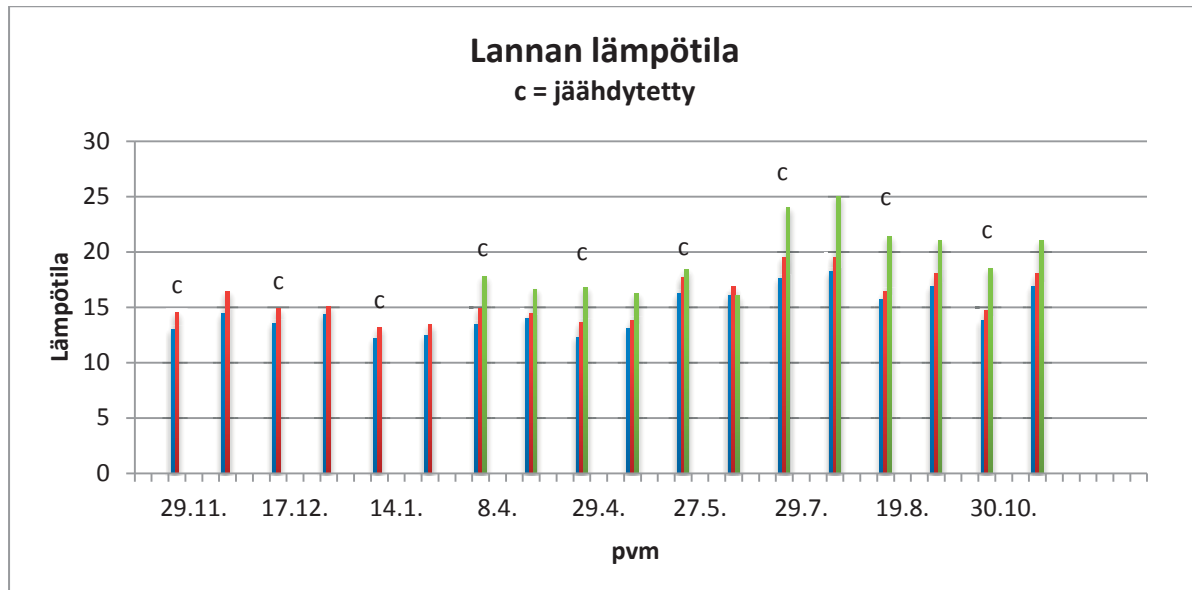
Kuva 17. Veden korkeapainesuihkutuksen vaikutus Seinäjoen pilottisikalan kasvatusosaston sisäilman ammoniakkipitoisuuteen. Suihkutuksen aloitus merkitty sinisellä nuolella.

Olfaktometrimitausten perusteella (kuva 18) lietekuilujen jäähdytyslaitteisto vähensi aistittavaa hajua selvästi. Ilman jäähdytys korkeapaineisella vesisuihkulla toimi samaan suuntaan.

Lannan jäähdytyksen toiminnan testaamiseksi lannan lämpötilaa mitattiin kuilun pohjalta, 15 cm:n korkeudelta ja pinnasta (Kuva 19).



Kuva 18. Keskimääräinen hajupitoisuus (tarvittava laimennussuhde) Seinäjoen pilottitilalla eri mittauspäivinä. O2=osasto 2, jossa lantakourujen jäähdytys. O3=osasto 3, jossa ei jäähdytystä. O3K=osasto 3, jossa mittaushetkellä ilman jäähdytys korkeapainevedellä. (Hellstedt & Haapala 2014a) Tulopainon ja kasvatuspäivien mukaan laskettu keskimääräinen sikojen elopaino oli 24.9. 89 kg ja 8.10. 103 kg.

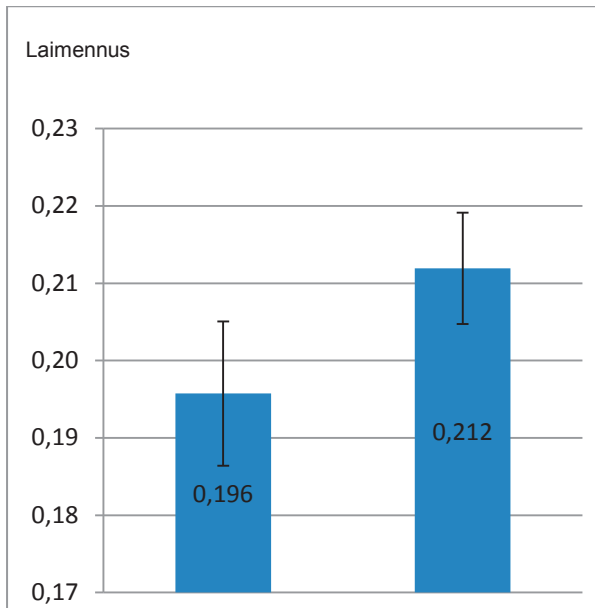


Kuva 19. Lannan lämpötila Seinäjoen pilotissa kuilun pohjalla (sin), 15 cm:n korkeudella (pun) ja pinnalla (vihr). Jäähdytetyt kuilut on merkitty "C" (Hellstedt & Haapala 2014c). Tulopainon ja kasvatuspäivien mukaan laskettu keskimääräinen sikojen elopaino oli mittauspäivinä seuraava: 29.11. 30 kg, 17.12. 47 kg, 14.1. 74 kg, 8.4. 42 kg, 29.4. 62 kg, 27.5. 89 kg, 29.7. 52 kg, 19.8. 72 kg ja 30.10. 58 kg. Lantapatjan paksuus kuiluissa vaihteli mittauksissa 20-55 cm.

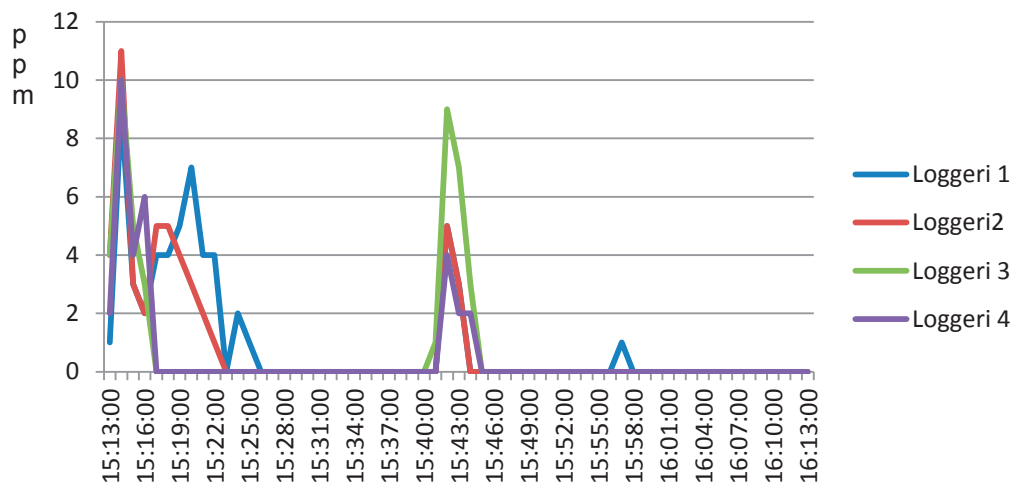
Jäähdytys laskee lannan lämpötilaa erityisesti kuilun pohjalla. Pintalämpötilaan vaikutti osaston lämpötila, ja kesällä lannan pinta olikin useamman asteen lämpimämpää kuin muulloin. Koska ilmanvaihto on kesällä voimakkaampaa, oletettavasti myös hajuemission todennäköisyys on tuolloin suurempi.

Lannan jäähdytyksen ansiosta haju on vähäisempi, ja se havaitaan siten vasta suuremmalla seoksella kohdeilmaa (21,2/100). Ilman lannan jäähdytystä havaitaan jo 19,6/100 seos (Kuva 20). Ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=33\%$). Mittaamassa oli kolme henkilöä, käytössä kaksi mittaria ja havaintokertoja oli 13 kpl.

Seinäjoen pilotin ongelma on se, että siellä on kokonaan perforoitu lattia ja jäähdytystä pidetään varsin pienellä vedon minimoimiseksi. Siksi jäähdytyksen vaikutus sikalan sisäilman ammoniakki- ja hajupitoisuuteen jäi Seinäjoen pilotissa verrattain pieneksi. Tästä syystä päätettiin tehdä asiaa varmentava vertailumittaus Jalasjärvellä 21.11.2014. Verrokkitalalla mittaukset tehtiin kahdesta eri osastosta. Lihasioilla oli osarutilälattia ja maalämmöllä lämmitettävät makuualustat. Tämä johdosta kuiluissa olevaa lantaa voitiin jäähdyttää tehokkaammin. Lannan jäähdytyksen lämpötila-asetuksena oli 8 -10 °C, ja käytännössä lietteen lämpötilaksi kuiluissa mitattiin lietteen keskeltä 11- 12 °C ja lietteen pinnasta 12 – 15 °C. Lihaskaosastolta mitatut sisäilman ammoniakkipitoisuudet on esitetty kuvassa 21. Siitä havaitaan, että kun osastolla käytiin, ammoniakkipitoisuus nousi käynnin ajaksi 5- 10 ppm välille, mutta kun siat olivat levossa, sisäilman ammoniakkipitoisuus oli suurimman osan aikaa 0 ppm. Tehokkaampi jäähdytys vähensi ammoniakkipitoisuutta ja myös hajun muodostusta. Olfaktometrillä (kolme koehenkilöä) osastoilta mitattiin keskimäärin hajun voimakkuudeksi ko. mittarin asteikolla 4, vaihtelu välillä 2-7 koehenkilöstä ja mittaustaikasta riippuen.

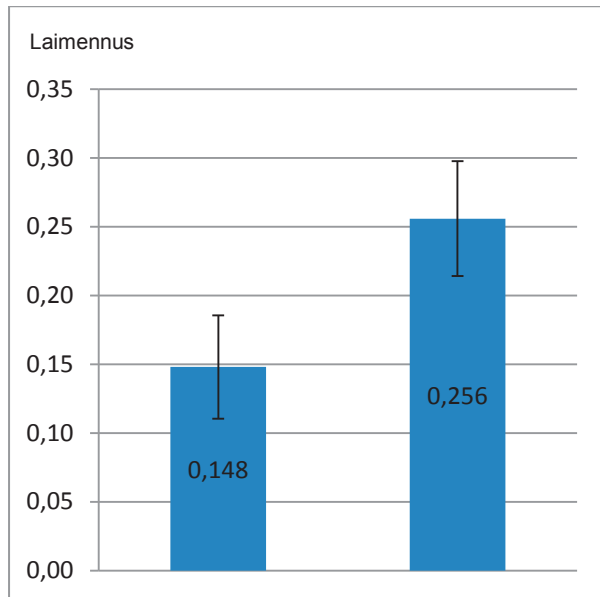


Kuva 20. Lannan jäähtymisen vaikutus Seinäjoen pilotin kasvatusosastoissa havaittuun hajuun. Jäähdyttämätön lanta vasemmalla, jäähdytetty oikealla. (Hellstedt & Haapala 2014c) Laimennus kertoo, kuinka paljon analysoitavaa haisevaa ilmaa on lisättävä suodatettuun ilmaan, jotta haju havaitaan. Ero tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 21. Jalasjärven verrokkitalan kasvatusosaltolta mitatut sisäilman ammoniakkipitoisuudet marraskuussa 2014.

Seinäjoen pilotissa testattiin myös sisäilman korkeapainevesijäähdytyksen vaikutusta hajuun (Kuva 22). Tulosten mukaan ilman korkeapainevesijäähdytyksen ansiosta haju pienenee. Se havaitaan pienemmällä seoksella (25,6/100). Ilman jäähdytystä havaitaan jo 14,8/100 seos. Ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=33\%$). Aineiston pienuuden vuoksi jatkotutkimuksia pitäisi tehdä tuloksen varmistamiseksi.



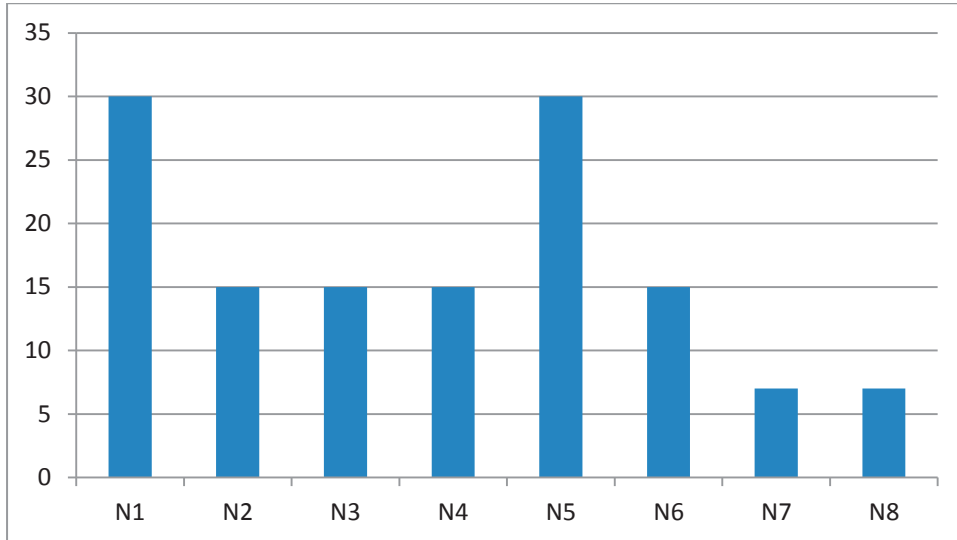
Kuva 22. Korkeapainevesijäähdytyksen vaikutus Seinäjoen pilotin kasvatusosastolla havaittuun hajuun. Jäähdyttämätön ilma vasemmalla, jäähdytetty oikealla. (Hellstedt & Haapala 2014c). Laimennus kertoo, kuinka paljon analysoitavaa haisevaa ilmaa on sisäyttävä suodatettuun ilmaan, jotta haju havaitaan. Ero on tilastollisesti merkitsevä.

5.2. Hajun voimakkuuden ja luonteen muutokset BioSampon mekaanis-biologisessa prosessissa

Seinäjoen pilottitilalta ei aluksi saatu BioSamposta kattavaa mittaustulosta, koska tila sai keväällä 2013 sikadysenteriatartunnan välitysporsaiden kautta. Sikala jouduttiin tyhjentämään ja ensimmäinen tautisaneerauksen jälkeinen kasvatuserä saatiin tilalle vasta elokuussa. Prosessin ylösajo saneerauksen jälkeen kesti pitkälle talveen. Sitä vastoin Forssassa olevan toisen BioSampon toiminta oli vakaata, ja siksi päätettiin siirtää prosessin mittaus sinne. Mittaus tehtiin joulukuun 2013 alussa. Paneelisteja oli 17.

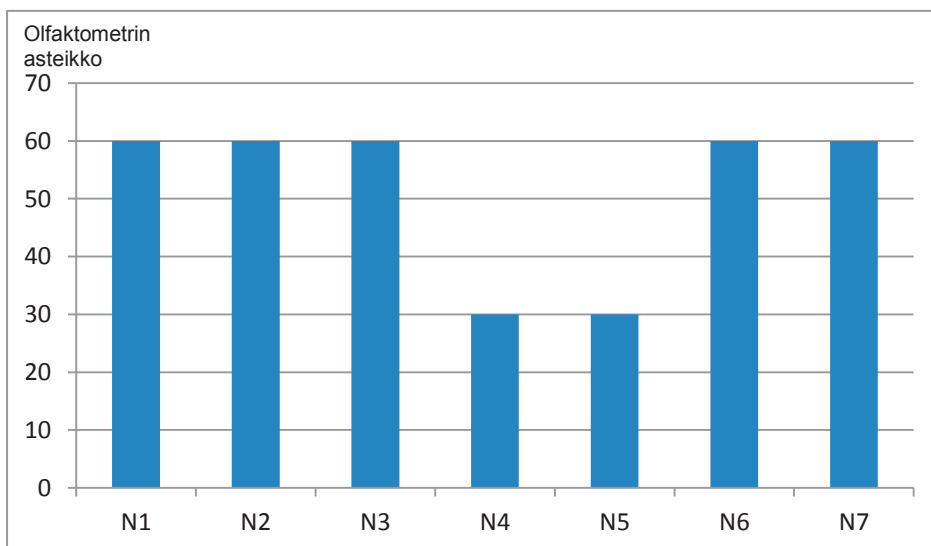
Seinäjoen BioSampon suunniteltiin päästävän testaamaan syksyllä 2014, jolloin ilmastusjärjestelmä saatiin toimintakuntoon ja prosessin toiminta alkoi vakaantua. Prosessin toiminta oli kuitenkin edelleen epävakaa, joten prosessin mittausta ei toteutettu, koska tulosten luotettavuus olisi ollut varsin huono.

Ensimmäisen Forssassa tehdyn BioSampon mittaussession tulosten perusteella (kuva 23) näytti siltä, että BioSampon prosessi toimi ja lietteen haju vähenee odotetusti. Prosessisäiliössä 3 (N5) oli selkeä hajun lisäys, jonka syynä arveltiin olevan pH:n muutos prosessin aikana. Tästä ei voitu olla varmoja, koska pH-mittausta ei oltu tehty, siksi tämä mittaus päätettiin sisällyttää seuraavan prosessimittaukseen. Myös hajupaneelin tekemät hajunkuvailut indikoivat muutosta. Raakalietteen, separoidun nesteen sekä prosessisäiliöiden 1-4 (N3-N6) hajun kaikki panelistit määrittivät luokkaan "hyökkäävä" kuuluvaksi (hajujen kuvailussa käytetyt erittelyt liitteessä 1). Prosessisäiliössä 5 (N7) hajun kuvaus oli muuttunut puolella panelisteista, ollen maanläheinen tai kalamainen, ja vain puolet piti sitä edelleen hyökkäävänä.

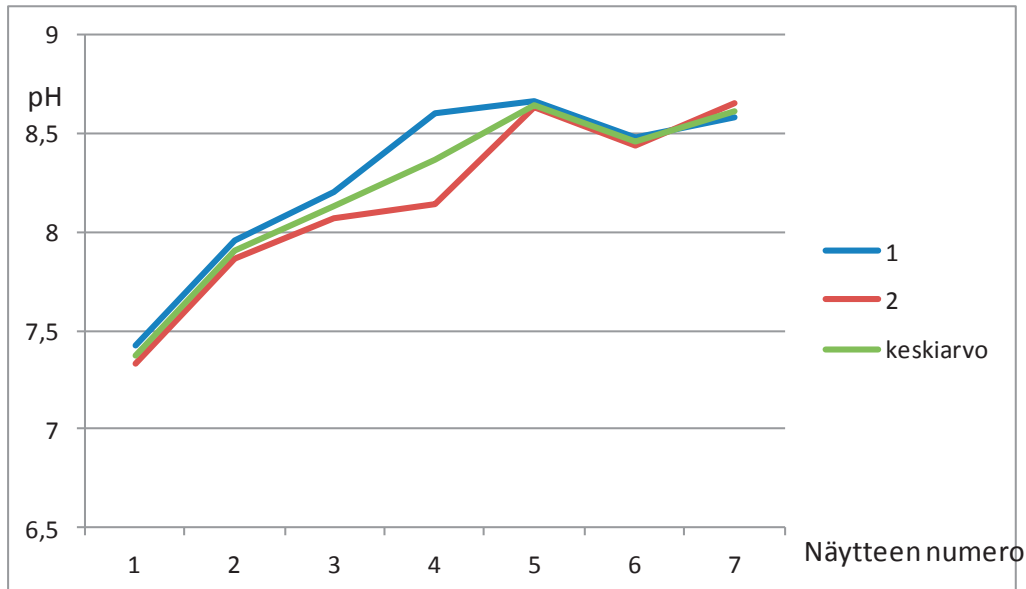
Olfaktometrin
asteikko

Kuva 23. BioSampostasta Forssan pilotista mitatut hajupitoisuudet hajupaneelin (17 jäsentä) perusteella, esitettynä olfaktometrin asteikolla. Näytenumerointi; N1 raakaliete, N2 käsittelemätön separoitu liete, N3-N8 prosessisäiliönesteet prosessin etenemisjärjestyksessä. (Hellstedt & Haapala 2014b). Olfaktometrin asteikko kertoo kuinka paljon analysoitavaa, haisevaa ilmaa on suodatettuun puhtaaseen ilmaan lisättävä, jotta se laitteella havaitaan (30 = 1/30 on analysoitavaa ilmaa, 29/30 on suodatettua ilmaa).

Prosessin hajumittauksen tulosten varmentamiseksi toistomittauksia oli tarkoitus tehdä sekä Forssan että Seinäjoen pilotissa. Forssan pilotissa meni syksyllä 2015 polymeeripumppu rikki, joten prosessi ei toiminut oikealla tavalla ja sen perusteella toistomittauksesta luovuttiin. Toistomittaus tehtiin 11.12.2015 Seinäjoella sijaitsevan laitteen prosessisäiliöistä. Tässä yhteydessä mitattiin myös säiliöissä olevien nestefraktioiden pH. Hajupaneelissa oli 8 jäsentä. Mittauksen tulokset on esitetty kuvassa 24, ja pH:n muutos prosessisäiliöissä kuvassa 25.



Kuva 24. BioSampostasta Seinäjoen pilotista 11.12.2015 mitatut hajupitoisuudet hajupaneelin perusteella, esitettynä olfaktometrin asteikolla ja paneelistien (8 kpl) antamien arvioiden keskiarvona. Näytenumerointi N1 käsittelemätön separoitu lietelanta, N2-N7 prosessisäiliön nesteet prosessin etenemisjärjestyksessä. Olfaktometrin asteikko kertoo kuinka paljon analysoitavaa, haisevaa ilmaa on suodatettuun puhtaaseen ilmaan lisättävä, jotta se laitteella havaitaan (60 = 1/60 on analysoitavaa ilmaa, 59 osaa suodatettua ilmaa).



Kuva 25. Seinäjoen BioSampostasta 11.12.2015 mitatut nesteiden pH:t. Näyttenumerointi: 1 käsittelemätön separoitu lietelanta, 2-7 prosessisäiliön nesteet prosessin etenemisjärjestyksessä.

Seinäjoen prosessimittauksen hajunmääritystulokset poikkesivat merkittävästi Forssan vastaavista. Selkeää hajupitoisuuden alenemista prosessin edetessä ei ollut havaittavissa. Syyinä oli hyvin todennäköisesti se, että laitteisto pysäytettiin edellisenä päivän vaahtoleikkureiden asennusta varten ja lisäksi mittausta edeltävänä yönä toimintahäiriön seurauksena laitteisto oli pysähtynyt. Hajunluonteesta esitetyt arviot olivat pääosin luokassa hyökkäävä. Vain muutama paneelisteista arvioi 5. ja 6. prosessisäiliön hajun luokkaan maanläheinen.

Näytteen 1 mitattu pH-arvo vastaa lietteen normaalia pH-tasoa. Nestefraktioiden pH nousee tasaisesti aina prosessisäiliöön 4 asti, jonka jälkeen on selvä lasku säiliössä 5 ja sen jälkeen paluu takaisin säiliön 4 pH-tasolle. Tämä indikoi prosessin keskeneräisyyttä, mikä on luonnollinen seuraus edellisen päivän ja yön prosessiseisauksista. pH:n muutos ei selitä hajumittauksissa todettua alenemaa, joka oli jossain määrin havaittavissa prosessisäiliöissä 3 ja 4.

Koska kahden hajumittauksen tulokset poikkeavat huomattavasti toisistaan ja jälkimmäistä mitausta edelsi prosessilaitteiston korjaus ja sitä seurannut toimintahäiriö, on tulosten varmentamiseksi myöhemmin syytä tehdä uusia toistomittauksia.

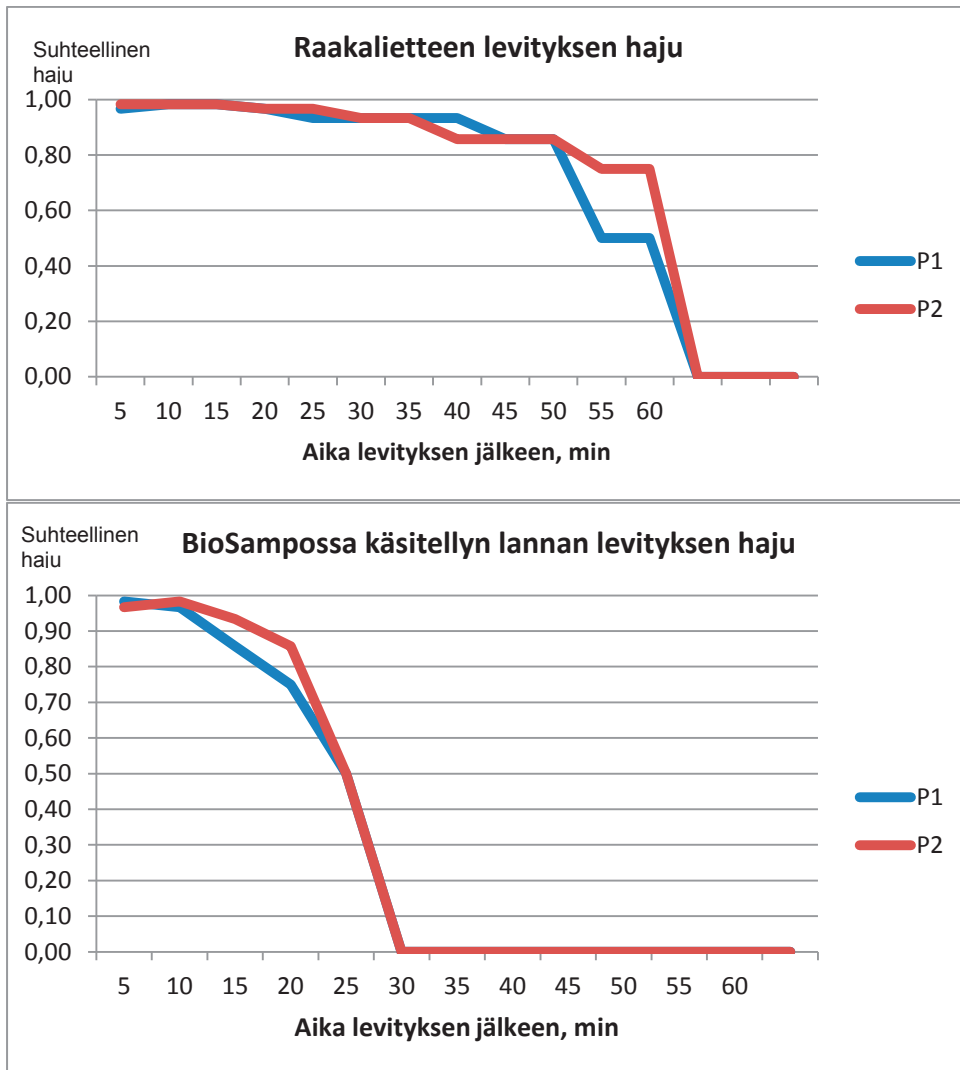
5.3. Lannan käsittelyn vaikutus hajun muodostukseen peltolevityksessä

Prosessoidun nestejakeen ja raakalietteen levityskoe tehtiin Seinäjoella syyskuussa 2014. Ilman lämpötila oli leviksen aikaan 6-8 °C, sää oli aurinkoinen ja tuuli 2-3 m/s. Levitettyjen nestejakeen ja lietteen koostumukset on esitetty taulukossa 1. Levitysmäärä oli molemmilla noin 15 m³/ha.

Taulukko 1. Syksyn 2014 lietteen levityskokeessa käytettyjen prosessoidun nesteen ja raakalietteen ominaisuudet.

	Kuiva-ainepitoisuus, %	Kokonaistyyppi, kg/tonni	Liukoinen tyyppi, kg/tonni	Fosfori, kg/tonni	Kalium, kg/tonni
Prosessoitu nestejae	1,27	2,9	2,2	0,24	1,8
Raakaliete	2,85	4,1	3,1	0,57	2,4

Tulosten perusteella (Kuva 26) havaittiin levityksen aiheuttamassa hajussa suuri ero.



Kuva 26. Seinäjoen pilotin raakalietteen ja BioSampon tuottaman nestefraktion haju vaimeneminen levityksen jälkeen. Kuvassa kahden henkilön (P1 ja P2) havainnot. Asteikkona on suhteellinen haju. (Hellstedt & Haapala 2014c)

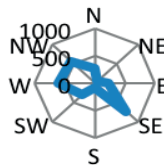
BioSampon käsittely näyttää poistavan tehokkaasti lannan levityksessä muodostuvaa hajua. Lisäksi vuoden 2013 prosessin toimintatestin havaintona oli, että hajuun luonne muuttuu ”hyökkäävästä” (raakalietteellä) ”multamaiseksi” (BioSampon nestefraktio). Aineisto on pieni, joten lisätestejä tehtiin havaintojen varmistamiseksi. Toukokuussa 2015 toistettiin koe sijoituslaitteistolla, kuva 27. Sää oli aurinkoinen, ilman lämpötila 12- 13 °C ja suhteellinen kosteus 35 -40 %. Levitysmäärä oli noin 20 m³/ha. Tuloksena oli, ettei häiritsevää hajua pystytty olfaktometrillä havaitsemaan, vaikka ilman laitetta raakalietteä levitettäessä lievä lietteen haju oli hetken levityksen alussa havaittavissa. Sijoitettu BioSampo-käsitelty nestefraktio imeytyi peltoon nopeasti ilman että hajua ehti levitä ympäristöön.



Kuva 27. Seinäjoen pilotin lannan levitys veitsityyppisellä sijoituslaitteistolla toukokuussa 2015. Heti levityksen jälkeen pellossa oli havaittavissa selkeät lantajuovat (keskellä), mutta lanta imeytyi maahan hyvin nopeasti ja noin 5 min kuluttua nestefraktiota ei enää pellon pinnassa voinut havaita(oikealla).

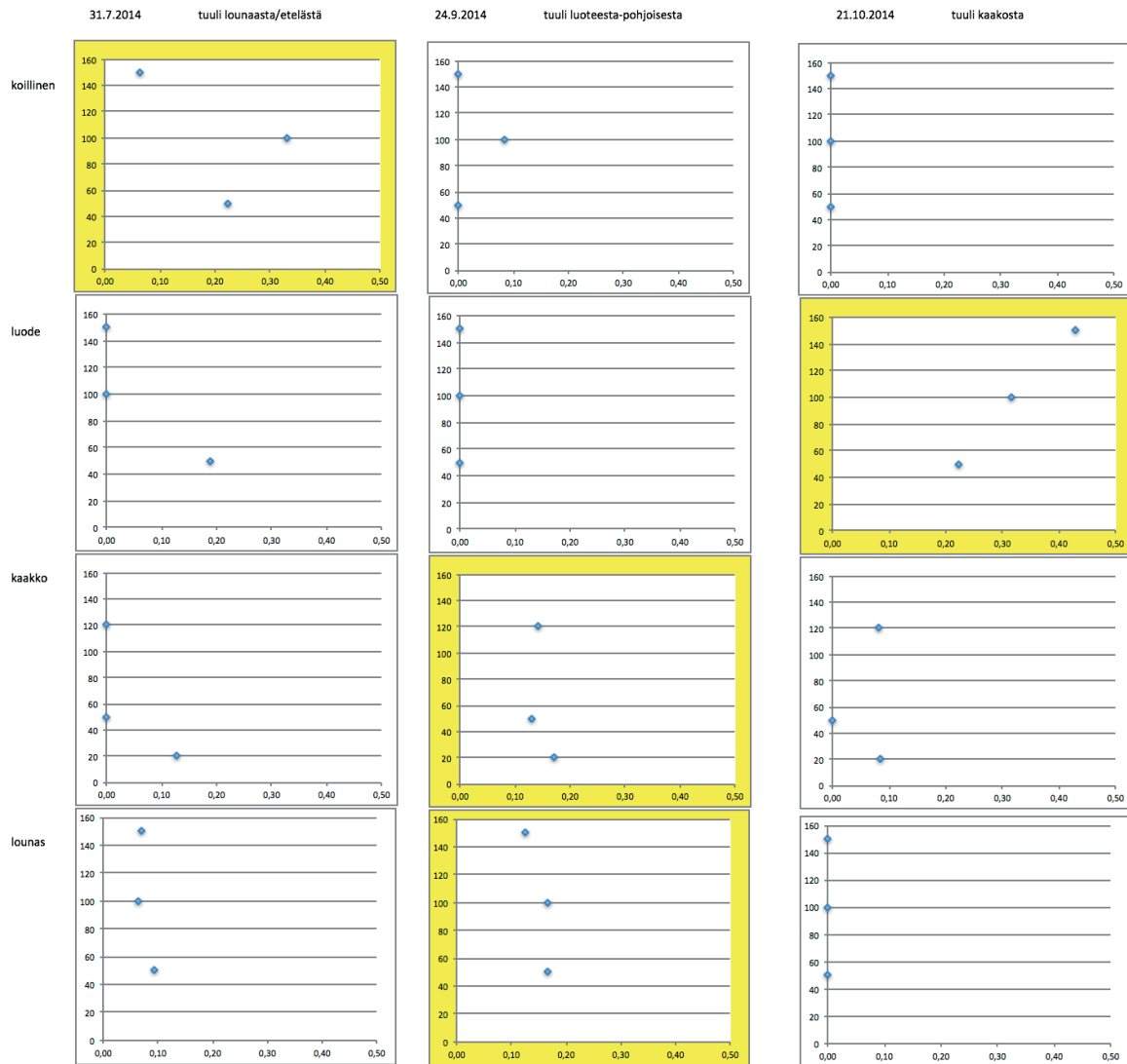
5.4. Hajun leviäminen

Seinäjoen pilottitilalla tuulen suunta keskittyi tiettyihin ilmansuuntiin. Pääasiallinen tuulen suunta oli itä-kaakko ja luode, mikä ilmenee selkeästi kesä-syyskuun 2013 tuuliruusuksista (Kuva 28). Päätuulensuunta vaikuttaa hajun leviämiseen. On oletettavaa, että hajua voidaan havaita enemmän tuulen ala- kuin yläpuolella. Hajua esiintyy, jos hajunmuodostus on tarpeeksi voimakasta.

Kesäkuu -13**Heinäkuu -13****Elokuu -13****Syyskuu -13**

Kuva 28. Tuulen suunta Seinäjoen pilottisikalan alueella kesä-syyskuun 2013 aikana. Tuuliruusu kuvaa kuhunkin ilmansuuntaan liittyvää havaintomäärää. Mitä kauempana käyrä on keskustasta, sitä enemmän siitä suunnasta on tuullut. Tuuli painottui kesä-elokuussa itä-kaakkoon. Syyskuussa esiintyi myös luoteis-länsituulta.

Koska Seinäjoen pilottitilalla hajutaso oli alhainen, valittiin em. kaksi verrokkitilaa ent. Ylistaron puolelta hajun leviämisen mittausta varten. Verrokkitilojen tulokset osoittivat selvästi, miten mittauksen aikainen tuulen suunta vaikuttaa hajun leviämiseen. Tuulen yläpuolella hajua ei havaittu. Tuulen alapuolella hajua havaittiin. Kuvassa 29 on esitetty verrokkitilan 1 tulokset hajun leviämisestä mittauspisteisiin. Aineistosta on helposti löydettävissä suunta, jossa haju tuntuu selvästi. Esim. 31.7. tuulen puhaltaessa etelä-kaakosta haju tuntuu selvimmin koillisessa olevissa mittauspisteissä ja 23.9. tuulen puhaltaessa pohjois-luoteesta haju keskittyy kaakkoon ja lounaaseen.



Kuva 29. Hajun leviäminen Seinäjoen Ylistaron verrokkivilalla 1. Riveillä ovat kolmessa hajuhavainto- ja sisältäneessä ilmansuunnassa olevien mittauspisteiden tulokset erotettuna erikseen tarkasteltaviksi. Sarakkeissa on eri mittauskerrat. Vallitseva tuulensuunta näkyy selvästi hajun voimakkuudessa. Voimakkaammat havainnot on kehystetty keltaisella värillä. Kussakin ruudussa hajun voimakkuus lisääntyy vasemmalta oikealle.

6. Hajuhaitan arviointi käytännössä

Arnoldin (2002) mukaan hajun ja ammoniakkin välillä on monesti selvä positiivinen korrelaatio. Hankkeen tuloksena ehdotetaan hajuhaitan määrittämiseksi seuraavaa *hajunmuodostuspotentiaaliin* perustuvaa periaatetta:

- määritetään NH_3 :n muodostuminen tarkasteltavassa kohteessa (laskenta tai mittaus)
- alentunut NH_3 :n muodostuminen johtaa hajunmuodostuspotentiaalin vähenemiseen ja potentiaalisen leviämisalueen pienenemiseen ja päinvastoin lisääntynyt NH_3 :n muodostus johtaa hajunmuodostuspotentiaalin kasvuun ja potentiaalisen leviämisalueen suurenemiseen.

Hajunmuodostuspotentiaalin ja päätuulensuunnan perusteella voidaan ennustaa hajuhaitan suuruusluokka ja haitta-alue kohteessa. NH_3 :n muodostumista voidaan arvioida mittauksin ja/tai laskemalla eläinmäärään, ruokintaan, perusrakeneratkaisuihin ja käytettyyn tekniikkaan perusten. Laskentaan perustuvan tavan käyttö edellyttää, että saatavilla on tarpeeksi tarkkaa ja eri vaihtoehtot kattavaa kotimaista tutkimustietoa em. parametreista. Leviämisalueen tarkempi määrittäminen edellyttää tietoa alueen topografiasta, kasvillisuudesta ja maankäytöstä. Metsäisellä alueella haju leviää erilailla kuin aukealla, mikä voidaan päätellä esim. muiden maiden laskentamalleihin sisältyvistä maastokerrointen sisällöistä, joita esitellään Arnoldin (2002) raportin liitteissä. Siten puiden istuttamisella rakennuspaikan ympärille voidaan vaikuttaa hajun leviämiseen. Esimerkiksi Brasiliassa kotieläinyksiköiden ympärille istutetaan nopeasti kasvavia puita, jotka vähentävät alueelta haihtuvan ammoniakkin määrää ja samalla myös hajua.

Hollantilaisen tutkimuksen mukaan navetasta leviävä haju koetaan vähemmän häiritseväksi kuin esim. sikalahaju. Tutkimuksessa 90 lypsylehmän navetan ympäristössä todettiin, että vaikka haju on aistittavissa melko laajalla alueella, se arvioitiin häiritseväksi vain navetan lähiympäristössä (AgriHolland 2002). Bongers ym. (2001a) tutkimuksessa siipikarjan ja minkkitarhojen hajun häiritsevyydessä sikalan hajuun verrattuna ei voitu osoittaa eroa. Samalla pitoisuustasolla siipikarjan, minkkitarhan ja sikalan haju koettiin suurin piirtein yhtä häiritseväksi. Tutkimus indikoi lisäksi, että lihakarjasuojien hajua pidetään vähemmän häiritsevänä, vaikka selkeää eroa ei voitukaan osoittaa.

Arnoldin (2002) mukaan hajun muodostus on kuivalantasikaloista pienempää kuin lietalantasikaloissa. Lisäksi Hollantilaisen tutkimuksen mukaan hajupäästö on sitä suurempi mitä suurempi osuus lattiasta on ritilää, taulukko 2 (Klarenbeek ym. 1982). Kuivikkeista turve vähentää parhaiten hajujen muodostumista, sekä absorboi hyvin vettä ja ammoniakkaa. Lisäksi turve estää haitallisten mikrobien kasvua.

Taulukko 2. Sikaloitten erilaisten lattiarakenteiden vaikutus hajun muodostumiseen (Klarenbeek ym. 1982).

Lattiatyyppi	Ritilän osuus koko lattiapinta-alasta, %	Hajupäästö*) OU/h kg eläinmassaa
Kuivikepohja	58	16
Osarakolattia	72	103
Kokorakolattia	100	142

*) 1980-luvun mittausarvot eivät ole lukuarvillisesti verrattavissa uudempiin mittaustuloksiin

Käytännön sovelluksia varten hajuhaitan määritysmenetelmän on oltava yksinkertainen, mutta tarpeeksi tarkka kuhunkin kohteeseen. Hajupaneeliin ja kannettavaan olfaktometriin perustuva määritysmenetelmä näyttääkin käyttökelpoisimmalta, tosin se edellyttää syvällistä perehtymistä menetelmän käyttöön, jotta tulokset olisivat valideja. Positiivinen menetelmän ominaisuus on, että konfliktitilanteissa sillä voidaan todentaa hajuhaitan olemassaolo ja suuruus nopealla vasteajalla.

7. Tekniikoiden talous

Raportin alussa kuvattujen alkeistapausten talous voidaan laskea taulukossa 3 esittyjen periaatteiden mukaisesti. Laskennat ovat tila- ja tapauskohtaisia, joten yleistä arviota kustannuksista eri alkeistapauksissa ei pystytä antamaan. Kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi hankittavan tekniikan hinta ja odotettavissa oleva lisätuotoksen arvo, joka vaihtelee voimakkaasti markkinatilanteen mukaan.

Taulukko 3. Ehdotetut tekniikoiden käytön taloudellisen vaikutuksen laskennan periaatteet

Alkeistapaus	Laskelmat
Tila ei saa laajentaa ilman hajunvähennystekniikkaa	-tekniikan hankinnan ja käytön kustannukset -laajennuksen avulla aikaan saatavan tuloksen arvo
Tila ei saa jatkaa nykyisessä paikassa ilman hajunvähennystekniikkaa*	-tekniikan hankinnan ja käytön kustannukset -lopetuksen aiheuttamat kustannukset ja tulosmenetykset TAI tuotannon siirron aiheuttamat kustannukset -siirretyn tuotannon avulla aikaan saatavan tuloksen arvo
Kunta tai rakennusliike saa lisää rakennusmaata tuotantorakennuksen lähistöltä hajunvähennystekniikan avulla	-tekniikan hankinnan ja käytön kustannukset -vaihtoehdoisen rakennusmaan hankintahinta -rakentamisen avulla saatavan tuloksen arvo

*vaihtoehtona lopettaminen tai tuotannon siirto

Talousvaikutusten laskemiseksi pitää kohteena olevien tekniikoiden olla toimivia ja saatavilla. Niiden tulee siten olla ns. BAT-tekniikoita tai niiden kaltaisia (Mikkola ym. 2002). Laskennoissa on käytettävä kulloisessakin markkinatilanteessa vallitsevia hintoja, jotta tulokset olisivat relevantteja. Tulosvaikutukset ovat tilakohtaisia, ja tuotannon teknis-taloudellinen lähtötaso vaikuttaa tekniikoiden avulla aikaansaataviin muutoksiin.

Talouselaskelmien tarpeellisuus korostuu viranomaiskäytänteiden yhtenäistämässä. Tällä hetkellä viranomaisten vaatimukset eivät kaikin osin perustu taloudellisten mahdollisuuksien huomioimiseen, vaan vaatimuksena voi ääritapauksissa olla kaikkien mahdollisten hajupäästöä pienävien tekniikoiden käyttö. Tämä ei ole ympäristölainsäädännön taloudellisten mahdollisuuksien periaatteen mukaista eikä siten käytännössä mahdollinen vaatimus kotieläinyksiköille.

Kunnan tai rakennusliikkeen saama hyöty on haastava arvoitavaksi. Siinäkin lähtökohtatilanne vaikuttaa tulokseen. Esim. tilanteessa, jossa on olemassa oleva kunnallistekniikka, jota vain laajennetaan, saadaan merkittävästi suurempi hyöty verrattuna tilanteeseen, jossa infra pitää rakentaa alusta asti. Tonttimaan tarve vaikuttaa rakentajan halukkuuteen maksaa viljelijälle hajuhaittaa vähentävän tekniikan kustannuksia, etenkin, kun se ei ole vallitseva käytäntö.

8. Johtopäätökset

Lannan jäähdytys ja sisäilman jäähdytys veden korkeapainesuihkutuksella näyttävät toimivilta hajunpoistotekniikoilta. Sama koskee BioSampoa. Aineiston suppeuden takia tulokset ovat suuntaantavia. Seinäjoen pilottikohteen hajuemissio on matala, mikä vaikeutti hajun leviämisen toteamista. Verrokkikohteiden hajun leviäminen oli hieman helpommin havaittavissa, ja tuulensuunnalla havaittiin olevan leviämiseen huomattava vaikutus. Koska vedon välttämiseksi jäähdytys oli Seinäjoen pilotikohteessa vähäistä, se heikensi lannanjäähdytystekniikan vaikutusta hajunmuodostukseen. Jalasjärven verrokkitalalla tehdyt mittaukset antavat osviittaa siitä, että tehokkaampi jäähdytys vähentää hajua enemmän.

Tässä tutkimuksessa mukana oli vain rajallinen määrä päästöjä vähentäviä tekniikoita. Jotta erilaisten ammoniakki- ja hajupäästöjä vähentävien tekniikoiden soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin voidaan luotettavasti arvioida, tarvitaan niiden toiminnasta ja päästövähennyksestä kattavaa meidän olosuhteissamme tuotettua tietoa.

Tavoiteltava haju on myös laadullinen kysymys. ”Hyökkäävä” haju on epämiellyttävä jo pieninä pitoisuuksina. Siksi BioSampon vaikutus hajun ”pehmenemiseen” on merkittävä tekijä. Tämän varmistamiseksi suunnitellut prosessin toiminnan lisämittaukset ovatkin tarpeellisia. Nestefraktion pintalevityksessä hajumuutos oli myös havaittavissa ja sijoittavalla kalustolla tehty levityskoe vahvasti havainnon. Käsitellyn nestefraktion pienempi kiintoainepitoisuus raakalietteeseen nähden vaikutti siihen, että levitetty neste imeytyi nopeasti maahan. Tällä voidaan olettaa olevan vaikutusta ammoniakin haihtumiseen, mutta sitä tässä tutkimuksessa ei ole voitu varmentaa. Paitsi nopea imeytyminen, myös lämpötila vaikuttaa levityksessä syntyvään hajupäästöön, kuva 2. Jatkossa tulisikin selvittää, miten myöhäinen levitysjankohta, jolloin sää on kylmä ja myös peltomaan lämpötila alhainen, vaikuttaa lannanlevityksen ammoniakki- ja hajupäästöön.

Hankkeessa käytetty kannettavaan olfaktometriin perustuva mittausmenetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi. Hajupaneelin laatu on tärkeää, jotta tulokset olisivat luotettavia. Mittausteknisesti laitteisto oli luotettava ja helppokäyttöinen. Jatkossa tulisi laatia ohjeistus siitä, miten ko. panelin tulisi toimia, ja miten panelin perusteella saatuja tuloksia voidaan hyödyntää hajupäästön määrittämisessä erilaisissa tapauksissa.

Hajuhaitan hallinnan talousvaikutusten määrittäminen voidaan supistaa alkeistapauksiksi. Käytännön tilanteissa laskentaa on kuitenkin tarpeellista räätälöidä, jotta tulos olisi tarpeeksi tarkka. Myös markkinatilanteen vaikutukset on otettava huomioon.

Sen lisäksi, että erilaisia päästöjä vähentävien tekniikoiden toiminnasta ja tehosta tuotetaan lisää luotettavaa tietoa, tarvitaan myös toimia, joilla tietoa jaetaan sekä käytännön viljelijöille että ympäristölupia käsitteleville ja valvoville viranomaisille. Tällaisia ovat esim erilaiset koulutustilaisuudet ja oppaat.

9. Hankkeen tulosten julkaisu ja hyödyntäminen

Hanketta on esitelty kesän 2013 Farmari-näyttelyssä Seinäjoella. Tutkimuksesta tehtiin posterit, jotka oli esillä yhteisosastolla Seinäjoen seudun Kaavoituskäytäntöjen kehittäminen -hankkeen kanssa. Seinäjoen pilottikohde oli Farmari-näyttelyn yhteydessä lehdistön tutustumiskohteena.

Hankkeesta on tehty tieteellinen posteriesitys Maataloustieteen Päiville 8.-9.1.2014 ja hankkeen tuloksista pidettiin esitys Maataloustieteen Päivillä 12.-13.1.2016.. Lisäksi hanketta on esitelty AgEng2014-konferenssissa Wienissä kesäkuussa 2014, NJF:n Future Arable Farming -seminaarissa Herningissä Tanskassa marraskuussa 2014, CIGR kongressissa Pietarissa toukokuussa 2015, NJF kongressissa Riikassa kesäkuussa 2015 ja Nordisk Byggträf -seminaarissa Islannissa syyskuussa 2015. Lisäksi hankkeen tuloksista on kirjoitettu ammattilehtijuttuja.

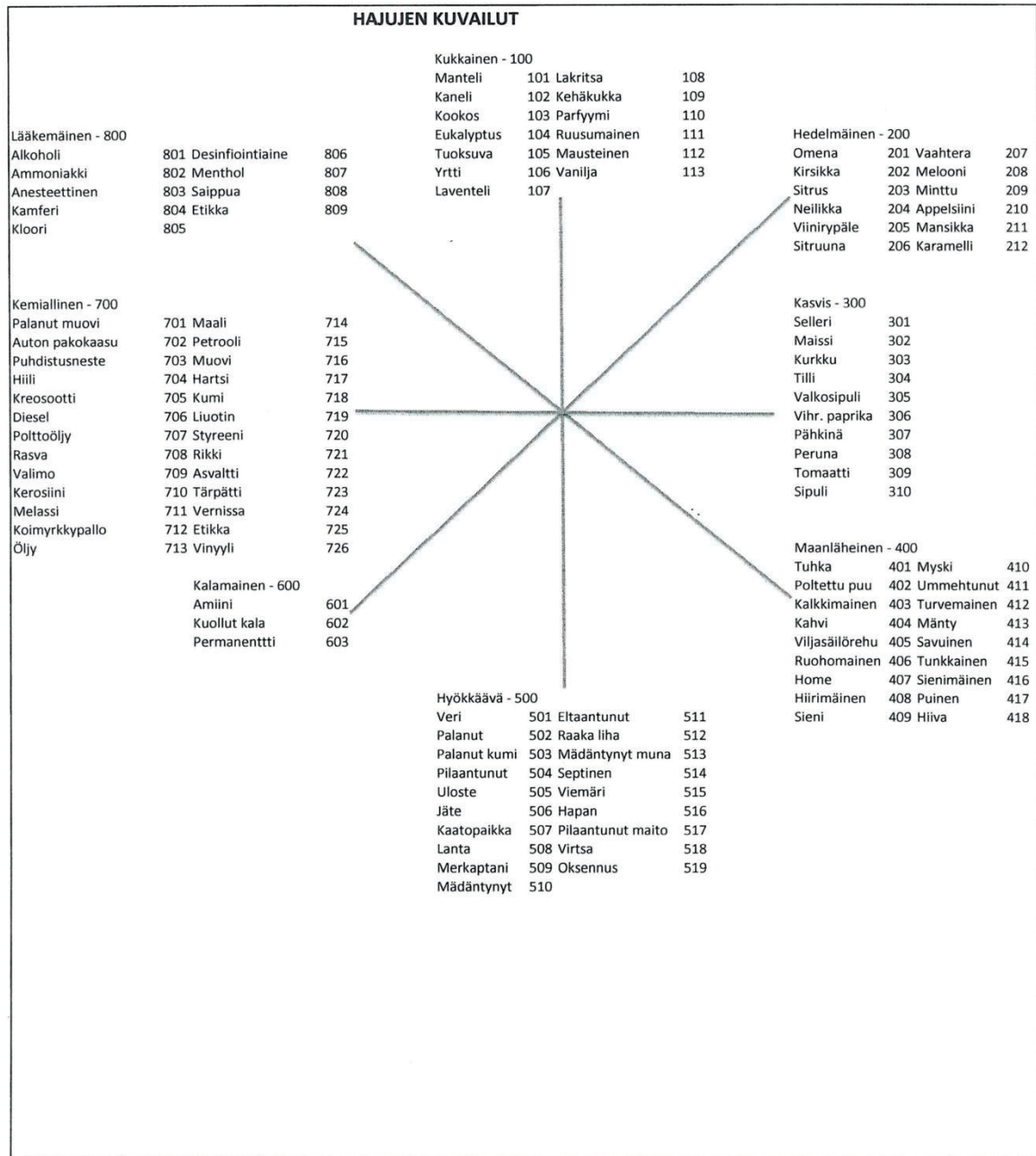
Hankkeen julkaisut:

- Hellstedt, M. & Haapala, H. 2013. Farmari-näyttely 2013, Seinäjoki, posterit + tutustumiskohde.
- Hellstedt, M. & Haapala, H. 2014a. Maataloustieteen päivät, posterit + abstraktit + esittely.
- Hellstedt, M. & Haapala, H. 2014b. AgEng 2014, Zurich, posterit + esitelmä + abstraktit.
- Hellstedt, M. & Haapala, H. 2014c. NJF seminaari 477, Future Arable Farming, Herning, Tanska, esitelmä + abstraktit.
- Hellstedt, M. 2014. Ammattilehtikirjoitus, Sikalan haju hälvenee jäähdytyksen avulla, Maaseudun Tiede 3/2014.
- MTTelo. Haju haihtukoon, MTT:n uutiskirje, lokakuu 2014.
- Hellstedt, M. & Haapala, H. 2014d. Rahoittajaväliraportti, joulukuu 2014.
- Hellstedt, M.. 2015a . XXXVI CIOSTA & CIGR section V conference, esitelmä + full paper + abstraktit.
- Hellstedt, M., Haapala, H. 2015. 25th NJF congress, Riga, Latvia, .esitelmä + full paper.
- Hellstedt, M. 2015b. Nordisk Byggträf, Islanti, esitelmä.
- Hellstedt, M., Haapala, H. 2016. Maataloustieteen päivät, esitys + abstraktit

Viitteet

- AgriHolland 2000. Stankregelgeving te streng voor melkveehouders.
- Arnold, M. 1995. Hajuarvojen perusteet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT. Tiedotteita - Meddelanden – Research Notes 1171. 83 s. + liitt. 14 s.
- Arnold, M. 2002. Eläinsuojien hajuhaitat – ohjeistusmallit, arviointi ja vähentäminen sekä käytäntö eri maissa. Susies – loppuraportti. Alueelliset ympäristöjulkaisut 264.
- Arnold, M., Kuusisto, S., Wellman, K., Kajolinna, T., Räsänen, J., Sipilä, J., Puumala, M., Sorvala, S., Pietarila, H., Puputti, K. 2006. Hajuhaitan vähentäminen maatalouden suurissa eläintuotantoyksiköissä. VTT tiedotteita 2323: 74 p.
- Bongers, M. Vossen, F. & van Harreveld, A. 2001. Geuehinderonderzoek stallen intensieveveerhouderij. Publicatie Vrom 010164/h/04-01 22317/209, Ministerie van Volkhuysvesting, Ruintelijke Ordening en Milieubeheer.
- Delahunty, C., Eyres, G. & Dufour, J.-P. 2006. Review. Gas chromatography-olfactometry. J. Sep. Sci. 2006, 29, 2107 – 2125.
- Hügler, T. & Andree, H. 2001. Temperature and odour emissions from liquid manure. Landtechnik 1/2001. pp. 36-37.
- Klarenbeek, J., Jongebreur, A. & Benner, S. 1982. Geuremissies bij mestvarkenstallen. IMAG Rapport NR48. October 1982.
- Osmonen, R-M, 2012. Kun selvitetään tuotteen virrehajua tai -makua, korvaa ihminen laitteen. http://www.vttexpertservices.fi/news/201212_aistinvarainen_tutkimus.jsp.
- Nasal Ranger 2013. Nasal Ranger operation manual vers 6.2. <http://www.nasalranger.com>.
- Mackie, R.I., Stroot, P.G. & Varel, V.H. 1998 Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. Journal of Animal Science. 1998 May;76(5):1331-42.
- Mikkola, H. J., Puumala, M., Kallioniemi, M., Grönroos, J., Nikander, A., Holma, M. 2002. Paras käytävissä oleva tekniikka kotieläintaloudessa. Suomen ympäristö 564: 166 p.
- Puumala, M. (toim.), Grönroos, J. (toim.) 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen: toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Suomen ympäristö 708: 153 p.

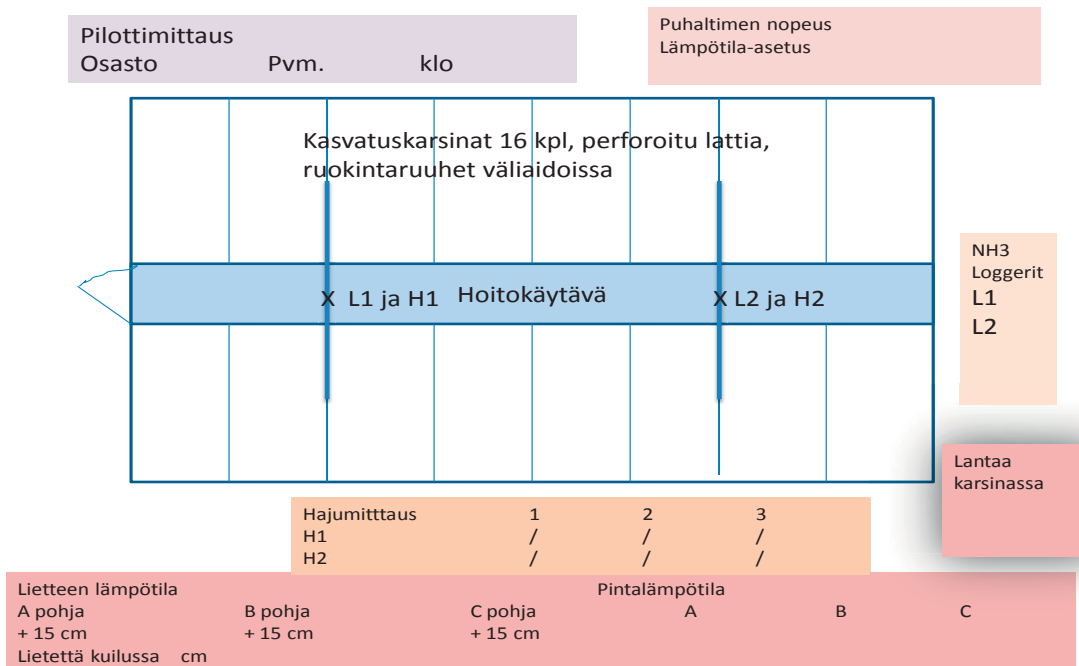
LIITE 1



Käännös ja Suomen oloihin sovitus:
Agrinnotech®
Speeding up innovation in agriculture

Lähde:
Nasal Ranger® Filed Olfactometer - Operation Manual
St. Croix Sensory, Inc. Copyright © 2008

Liite 2





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000