

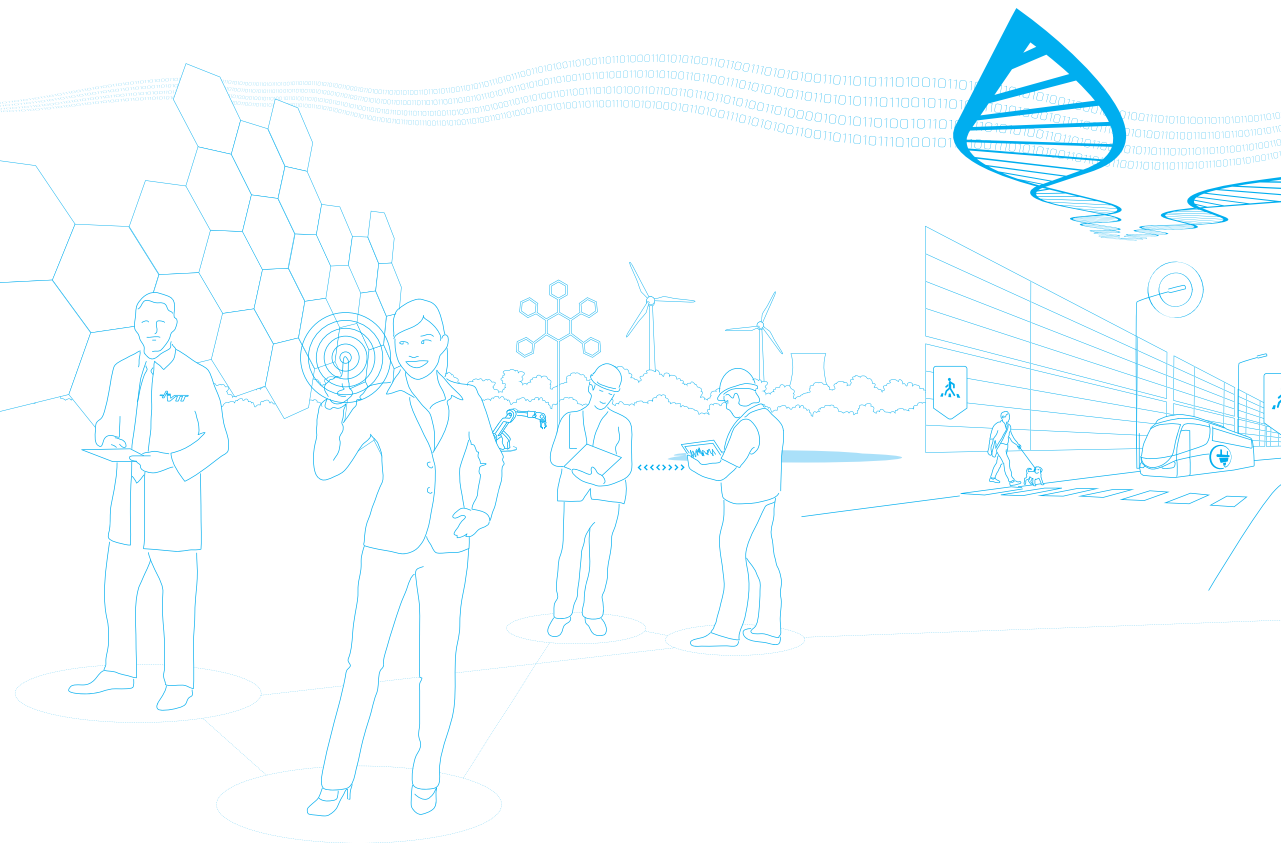


Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus

Toimintamalli ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseen

Ismo Heimonen | Jorma Heikkinen |
Jarmo Laamanen | Sakari Alasuutari | Eerikki Kaila |





Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus

Toimintamalli ilmanvaihdon toimivuuden
varmistamiseen

Ismo Heimonen, Jorma Heikkinen & Jarmo Laamanen

VTT

Sakari Alasuutari & Eerikki Kaila

TTS Työtehoseura



ISBN 978-951-38-8171-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

VTT Technology 183

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

Copyright © VTT 2014

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

Alkusanat

Tämä julkaisu esittää toimintamallin sikaloiden ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseksi. Työ on tehty projektissa ”Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus”.

Tutkimuksen edistymistä ja tulosten hyödyntämistä ohjasi ja valvoi ohjausryhmä, johon kuuluivat Raija Seppänen (yliarkkitehti, maa- ja metsätalousministeriö, ohjausryhmän puheenjohtaja), Anna-Maija Kirkkari (tutkimusjohtaja, TTS Työtehoseura), Mari Heinonen (professori, Helsingin yliopisto), Ilkka Pohjamo (hankekoordinaattori/Sika- ja siipikarjasektori, ohjausryhmässä 2/2013 saakka), Markku Virtanen (Teknologian tutkimuskeskus VTT, vastuullinen johtaja) ja Erik Lindroos (työturvallisuusagronomi, Mela, ohjausryhmässä 6/2013 alkaen). Ohjausryhmän sihteerinä toimi Ismo Heimonen (erikoistutkija, VTT).

Tutkimusprojektia ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriö (MAKERA-rahoitus) ja Maatalousyrittäjien eläkelaitos (Mela). Lisäksi tutkimukseen osallistuneet sikayrittäjät tukivat hanketta antamalla kohteen tutkimuksen käyttöön ja avustamalla mittauksen järjestämisessä. Teurastamoiden ilmanvaihtoasiantuntijat antoivat arvokkaita kommentteja ilmanvaihtojärjestelmien nykytilasta, toimintaperiaatteista ja kehitystarpeista.

Tutkimuksen toteuttivat VTT ja TTS Työtehoseura, ja toteutukseen osallistuivat VTT:ltä erikoistutkijat Ismo Heimonen (projektipäällikkö) ja Jorma Heikkinen sekä teknikko Jarmo Laamanen. Työtehoseurasta toteutukseen osallistuivat tutkijat Sakari Alasuutari ja Eerikki Kaila.

Tutkimusryhmä kiittää ohjausryhmää, rahoittajia sekä tutkimukseen osallistuneita maatiloja hankkeen ohjauksesta, rahoituksesta ja koekohteiden järjestämisestä.

Espoossa 30.6.2014

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	3
1. Johdanto	7
2. Sikaloiden olosuhdetavoitteet ja ilmanvaihdon perusratkaisut	9
2.1 Sikaloiden olosuhdetavoitteet.....	9
2.2 Olosuhteiden vaikutus tuottavuuteen ja hyvinvointiin.....	10
2.3 Ilmanvaihdon perusratkaisut ja niiden toimintaperiaatteet.....	11
2.4 Ilmanvaihdon toimivuusnäkökohtia ja tyypillisiä ongelmia.....	12
3. Ilmanvaihdon katselmusmallit	14
3.1 Yleistä sikaloiden katselmuksista ja vastaanottotarkastuksista	14
3.2 Katselmusmenettely	15
3.3 Itsearviointi.....	16
3.4 Tekninen katselmus.....	19
3.4.1 Yleiset tiedot kohteesta.....	19
3.4.2 Ilmanvaihdon ja olosuhteiden mittaukset.....	20
3.4.3 Eläinten käyttäytymisen havainnointi	22
4. Ilmanvaihdon tekninen katselmus neljässä sikalassa.....	24
4.1 Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto	24
4.1.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto	24
4.1.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus.....	25
4.1.3 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä	26
4.1.4 Kasvattajan havaintoja ilmanvaihdosta ja sisäolosuhteista	29
4.1.5 Mittaustulokset.....	30
4.1.6 Toimenpide-ehdotukset.....	35
4.1.7 Yhteenvedo – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja tuloilmakaton järjestelmästä	35
4.2 Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut.....	36
4.2.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut.....	36
4.2.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus.....	36

4.2.3	Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä	36
4.2.4	Kasvattajan havainnot ilmanvaihdosta ja sisäolosuhteista	38
4.2.5	Mittaustulokset.....	38
4.2.6	Toimenpide-ehdotukset.....	43
4.2.7	Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja tuloilmaluukkujen järjestelmästä	43
4.3	Koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto poistoilmasta.....	44
4.3.1	Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto	44
4.3.2	Tarkastelukohteen yleiskuvaus.....	44
4.3.3	Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä	45
4.3.4	Mittaustulokset.....	48
4.3.5	Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton järjestelmästä.....	51
4.4	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	52
4.4.1	Ilmanvaihdon toimintaperiaate -koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	52
4.4.2	Tarkastelukohteen yleiskuvaus.....	53
4.4.3	Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä	53
4.4.4	Mittaustulokset.....	56
4.4.5	Toimenpide-ehdotukset.....	59
4.4.6	Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon järjestelmästä	59
5.	Sikalan ilmanvaihdon kehitystarpeita.....	61
5.1	Säätöjärjestelmän vaatimat mittaukset ja anturin paikan valinta.....	61
5.2	Säädön asetusarvojen muuttaminen kasvatusjakson aikana	61
5.3	Automaatiikan hyödyntäminen	62
5.4	Jäähdytyskaudesta lämmityskauteen siirtyminen	63
5.5	Talven ääriolosuhteiden hallinta – lämmön riittävyys, veto, laitteiden jäätyminen ja sulattaminen	63
5.6	Kesän ääriolosuhteiden hallinta – ylläampeminen	64
5.7	Ilmanvaihdon dokumenttien hallinta.....	64
5.8	Mittaukset käytännössä	64
6.	Asetusarvojen muutosten vaikutus olosuhteisiin ja energiankulutukseen.....	65
6.1	Laskentasikala ja laskentamenettely.....	65
6.2	Laskentatulokset tunti tunnilta	66
6.3	CO ₂ -pitoisuuden oikean asettelun vaikutus energiankulutukseen	70
6.4	Poistoilman lämmön talteenotto.....	72
6.5	Lämpötilan ja ilmanvaihdon säätö	73
6.6	Sikasuihkun käyttö viilennykseen	74
6.7	Ruokinta-ajan vaikutus sisälämpötilaan	75
6.8	Ilmavirran asetusten korjaaminen pitoisuusmittausten perusteella	76

7. Yhteenveto ja suositukset.....	78
--	-----------

Lähteet.....	84
---------------------	-----------

Liitteet

Liite 1: Sikalan eri osastojen olosuhteiden tavoitearvoja

Liite 2: Ilmanvaihdon teknisen katselmuksen lomakepohjia.

1. Johdanto

Eläinsuojan ilmanvaihdon on oltava sellainen, että ilman virtausnopeus, ilman kosteus, pölyn määrä ja haitallisten kaasujen pitoisuudet eivät kohoa haitallisen korkeiksi. Lämpötilan on oltava eläinsuojassa pidettäville eläimille sopiva (Valtioneuvoston asetus sikojen suojelusta, 2012/629). Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän tehtävänä on tuottaa nämä olosuhteet eläinten oleskelualueelle. Jotta olosuhteet hallitaan jatkuvasti, on päivittäin varmistettava, että ilmanvaihto toimii. Varmistusta voidaan tehdä monella tavalla. Päivittäisessä toiminnassa havainnoidaan, onko ilmanvaihtokone tai puhallin ylipäättänsä päällä. Toisinaan tehdään laajempaa arviointia, kuinka hyvin ilmanvaihto toimii. Tarkimpana varmistuskeinona voidaan tehdä tekninen katselmus ja mittauksia.

Tutkimushankkeessa (Heimonen ym., 2009) käytiin noin 15 kohteessa selvittä-mässä ilmanvaihtojärjestelmien nykytila ja toimivuus. Yhdessäkään ei ollut esittää ilmanvaihdon vastaanottotarkastuksesta dokumenttia, ja osassa ei varmuudella ollut tehty minkäänlaista vastaanottotarkastusta. Toisaalta muutamat muutkin tutkimukset (Louhelainen, 2005) ovat osoittaneet, että ilmanvaihtojärjestelmien toimivuudessa olisi parannettavaa, mikä viittaa myös siihen, että järjestelmiä ei ole suunniteltu oikein, toteutettu oikein, niitä ei ole viritetty toimimaan suunnitellulla tavalla ja/tai tätä ei ole varmistettu vastaanottotarkastuksen tyypisesti.

Hankkeen (Heimonen ym., 2009) tutkimuskohteina olleissa rakennuksissa kaikissa oli tarpeen tehdä korjaustoimenpiteitä ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmiin. Muutostarpeet tutkituissa kohteissa olivat kuitenkin yleensä vähäisiä ja liittyivät esimerkiksi mittausantureiden sijoituspaikkoihin tai ohjauslaitteiden säätöihin ja asetuksiin, mutta näillä vähäisillä muutoksilla saavutettiin huomattavasti parempi toimivuus ja sisäilmasto. Useat korjaustoimenpiteet edellyttivät kuitenkin vastaanotto-tarkastuksen tyypisiä mittauksia, ennen kuin toimimattomuus havaittiin.

Edellä esitettyä taustaa vasten voidaan todeta, että karjarakennusten ilmanvaihtojärjestelmien vastaanottotarkastukseen tarvitaan ohjeita, jotka kuvaavat menettelyt ja osoittavat esimerkein hyviä tapoja tehdä vastaanottotarkastus. Olemassa olevan rakennuskannan toimivuuden parantamiseksi tarvitaan myös toimivuuden tarkastuksen ohjeistusta.

Sika- ja siipikarjasektorilla on keskeiseksi kehityskohteeksi todettu sikaloissa olevien ruokinta- ja ilmanvaihtolaitteiden toiminnan tehostaminen. Ilmanvaihtolaitteiden toiminnan tehostamisella on merkittävä vaikutus energiankulutukseen ja sisäilmaston laatuun ja näiden kautta kustannuksiin. Energiankäytön tehostamisen

kautta saavutettava säästö voi olla kymmeniä prosentteja ja sisäilmaston paranemisen kautta saavutettava työntekijöiden ja eläinten viihtyisyyden, terveyden ja tuottavuuden kustannusvaikutus tätäkin suurempi.

Edellä esitetyn tarpeen pohjalta käynnistettiin tutkimushanke ”Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus”. Hankkeen tavoitteena oli esittää sikala- ja sikalousrakennusten ilmanvaihtojärjestelmien vastaanotto- ja toimivuustarkastuksen toimintamallit ja ohjeet. Päämääränä oli parantaa sikaloiden ilmanvaihdon toimivuutta.

2. Sikaloiden olosuhdetavoitteet ja ilmanvaihdon perusratkaisut

Tässä luvussa kuvataan sikalatyyppien olosuhdetavoitteet sekä tyypillisimmät ilmanvaihtojärjestelmien tyypit ja niiden toimintaperiaate.

2.1 Sikaloiden olosuhdetavoitteet

Maa- ja metsätalousministeriön selvitys (MMM, 2009) kuvaa, millaisia vaatimuksia Suomessa ja muutamissa muissa EU-maissa on asetettu tuotantoeläinten pidolle yleisissä kansallisissa säädöksissä sekä tuettua rakentamista koskeissa maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa.

Sikalaselvitys (2010) kokosi yhteen sikojen pitoon liittyvät hyvinvointisäädökset jaottelulla EU-direktiivit, kansalliset lait ja asetukset, Suomen tuettua tuotantorakentamista koskevat säädökset ja ei-velvoittavat suositukset.

Kansallinen eläinsuojelulaki (Eläinsuojelulaki 246/1996) kuvaa eläinten pidolle ja pitopaikalle asetettavat yleiset vaatimukset, joille esitetään yksityiskohtaisia arvoja *eläinsuojeluasetuksessa* (Eläinsuojeluasetus 1996/396). *Valtioneuvoston asetus sikojen suojelusta* (2012/629) sisältää säännökset sikojen pidolle asetettavista eläinsuojeluvaatimuksista. Keskeiset eläinsuojan olosuhteille asetetut vaatimukset ovat (kohta 6):

Eläinsuojan ilmanvaihdon on oltava sellainen, että ilman virtausnopeus, ilman kosteus, pölyn määrä ja haitallisten kaasujen pitoisuudet eivät kohoa haitallisen korkeiksi. Lämpötilan on oltava eläinsuojassa pidettävälle eläimille sopiva.

Jos eläinten terveys ja hyvinvointi on riippuvainen koneellisesta ilmanvaihtojärjestelmästä, eläinsuojassa on oltava mahdollisuus eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta riittävän ilmanvaihdon järjestämiseen myös koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän häiriöiden aikana. Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on tällöin oltava hälytysjärjestelmä, joka antaa hälytyksen toimintahäiriön sattuessa. Hälytysjärjestelmän toimivuus on testattava säännöllisesti.

Valaistuksen voimakkuuden on oltava sikojen pitopaikassa vähintään 40 luksia vähintään 8 tunnin ajan päivässä. Kaikissa sikojen pitopaikan osastoissa on oltava myös luonnonvaloa. Siat eivät saa olla jatkuvasti alttiina melulle, joka ylittää 65 desibeliä (dB(A)).

Edellisessä valtioneuvoston asetuksessa sikojen suojelusta (2002) oli kurssiivilla esitetty suosituksia mm. ilmanvaihdon tavoitearvoista, mutta uudessa asetuksessa (2012) niitä ei enää ole. Suosituksena oli esitetty seuraavaa:

Eläinsuojan suhteellinen ilmankosteus on 50–80 %, eikä ilman virtausnopeus sikojen korkeudella ylitä 0,2 m/s.

Eläinsuojan ilman haitalliset kaasut ja epäpuhtaudet eivät ylitä seuraavia raja-arvoja:

*Ammoniakki 10 ppm**
*Hiilidioksidi 3 000 ppm**
*Hiilimonoksidi 10 ppm**
*Rikkivety 0,5 ppm**
Orgaaninen pöly 10 mg/m³

**ppm = aineen pitoisuus miljoonasosina ilmaistuna.*

Mikäli parempaa tietoa ei ole, näitä voi edelleen pitää hyvinä suositusarvoina.

Tavoite- ja suositusarvoja sikalan olosuhteille löytyy mm. seuraavista lähteistä:

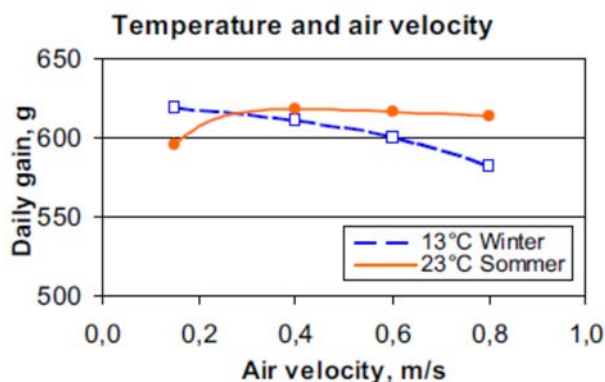
- Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja ohjeet MMM RMO C2.2. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. (MMM RMO C2.2)
- ProAgrian opas Nauta- ja sikatilan olosuhdeopas (ProAgria, 2002)
- Lihatalojen oppaat, esim. AtriaSika, tuotanto-ohjeet (AtriaSika, 2012)
- Vastuullinen sikatalous -sivusto (www.vastuullinensikatalous.fi)
- CIGR:n julkaisut (CIGR, The International Commission of Agricultural Engineering)

Liitteessä 1 on esitetty sikalan eri osastojen olosuhteiden tavoitearvoja (Vastuullinen sikatalous -hanke, 2014).

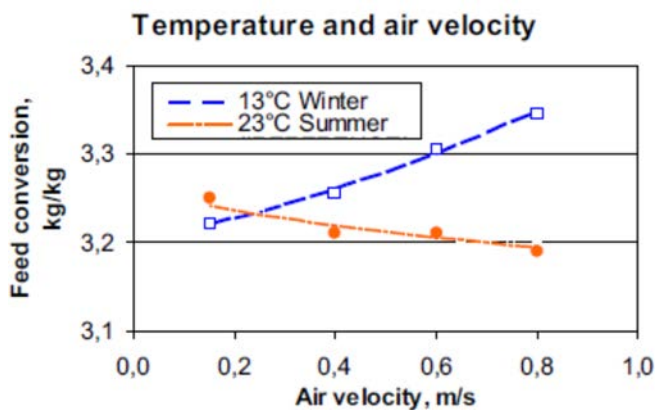
2.2 Olosuhteiden vaikutus tuottavuuteen ja hyvinvointiin

Tanskassa 1970–1985 tehtyjen tuottavuustutkimusten mukaan lämpötila- ja vetoisuusolosuhteilla on vaikutusta sikojen päiväkasvuun ja rehun käytön hyötysuhteeseen (Pedersen, 2005, Poulsen & Pedersen, 2005). Kuvissa 1 ja 2 on esitetty ilman lämpötilan ja ilman nopeuden vaikutus päiväkasvuun ja rehun käytön hyötysuhteeseen talvi- ja kesäkaudella. Lämpötilalla ja vetoisuudella todettiin olevan 3–6 % vaikutus päiväkasvuun samalla kun vaikutus rehun hyötysuhteeseen oli

maksimissaan 2 %. Huonosti toimivan ilmanvaihdon taloudellisen vaikutuksen suuruusluokkaa voidaan karkeasti arvioida näiden lukuarvojen perusteella.



Kuva 1. Lämpötilan ja ilman nopeuden vaikutus päiväkasvuun (Pedersen, 2005).



Kuva 2. Lämpötilan ja ilman nopeuden vaikutus rehun hyötysuhteeseen (Pedersen, 2005).

2.3 Ilmanvaihdon perusratkaisut ja niiden toimintaperiaatteet

Sikaloissa käytetään yleensä koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää tai koneellista tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmää. Poistojärjestelmässä (puhutaan myös alipainejärjestelmästä) ilma saadaan liikkeelle poistoilmapuhaltimilla, joilla imetään ilmaa pois sikalaosastosta, jolloin osasto alipaineistuu ulkoilmaan nähden. Ilman sisään johtamisen reitteinä käytetään kattokanavia tai luukkuja, seinäluukkuja, tuloilmakattoa (diffuusiokatto) tai alajakoisia tuloilmasäleikköjä. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä (puhutaan myös tasapainejärjestelmästä) on

puhaltimet sekä tulo- että poistokanavissa. Tulo-poistojärjestelmässä tila on yleensä hieman alipaineinen mutta ei niin paljon kuin koneellisen poiston järjestelmässä. Järjestelmässä voi olla myös lämmönsiirrin lämmön talteenottoon poistoilmasta.

Ilmanvaihtoon voidaan yhdistää jäähdytysratkaisuna kostutus eli tuloilmaan sumutetaan kosteutta, joka jäähdyttää tuloilmaa ja edelleen sisäilmaa. Yleensä sikaloissa jäähdytys tehdään sumuttamalla vettä suoraan huoneilmaan (nk. sikasuihku).

Luvussa 4 esitetään tyypillisten ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa tarkemmin.

2.4 Ilmanvaihdon toimivuusnäkökohtia ja tyypillisiä ongelmia

Hankkeen alussa selvitettiin lihatalojen asiantuntijoiden näkemyksiä sikaloiden ilmanvaihdon nykytilasta ja kehitysnäkymistä. Myöhemmin kohdekäyntien aikana saatiin kasvattajien kommentteja ilmanvaihdesta ja koottiin tyypilliset kehitystarpeet (luku 5).

Näkemyksiä lihatalojen ilmanvaihtoasiantuntijoiden haastatteluiden ja kohdekäyntien perusteella:

- Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuutta osaavia asiantuntijoita on vähän.
- Ilmanvaihtoasennukset jätetään usein osittain kesken.
- Sähköasentajat tekevät asennuksen loppuvaiheen (sähkö ja automaatiikka).
- Sähkömiehen rooli ilmanvaihdon toimivuuden toteutumisessa on merkittävä, ja toimivuutta voi haitata esim. valaisimien väärä asennus suhteessa tuloilmaluukkuihin.
- Joillakin lihataloilla on omia ilmanvaihtokonsepteja, joita suositellaan (esimerkiksi tuloilmakatto poistoilmanvaihdon kanssa).
- Yleensä mitataan osaston lämpötilaa (tyypillisesti 1–2 anturia) ja ulkolämpötilaa. Harvemmin mitattuja tekijöitä ovat ilman kosteus ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂). Alipainetta voidaan mitata osastolta tai ilmanvaihtokoneelta ja ilmavirtaa ilmanvaihtokoneelta.
- Joissakin kohteissa jäähdytetään sumuttamalla ilmaan vettä (nk. sikasuihku). Sikasuihkulla voidaan myös ohjata sikojen käyttäytymistä ja opettaa karsinan ulostusalue.
- Sähkön kulutusta voidaan arvioida puhaltimen ohjauksen kautta.
- Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon järjestelmiä ei enää juurikaan rakenneta vaan toteutetaan koneellisen poiston järjestelmiä. Syynä tähän ovat tulo-poistojärjestelmän suuremmat investointikustannukset.

- Ilmanjako muuttuu ulkolämpötilan mukaan melkoisesti ja asettaa haasteita tuloilmalaitteiden sijoittelulle. Tähän tarvittaisiin ohjeistusta.
- Käyttöönottovaihetta voitaisiin parantaa sitouttamalla toimittaja vastaanototarkastukseen.
- Usein ilmanvaihdon dokumentaatio on puutteellista tai sitä ei ole lainkaan.
- Käyttöohjeisiin ja neuvontaan tulisi panostaa.
- Sikaloiden ympäristöön aiheuttama hajuongelma nousee usein esiin.

3. Ilmanvaihdon katselmuksmallit

3.1 Yleistä sikaloiden katselmuksista ja vastaanottotarkastuksista

Tanskassa Danske Svineproducenterin www-sivuilla on esitetty tarkastuslista sikaloille (Danske Svineproducenter, 2013). Tarkastuslista on jaoteltu pääosiin, jotka on luokiteltu kirjaimin A–L, ja näissä on lisäksi alajaottelu numeroin. Tarkastuskohtia on useita satoja. Näistä kohdissa A1 ja A2 käsitellään sisäolosuhteita ja ilmanvaihtolaitteiden toimintaa. Tarkastuslista on esitetty hyvin yleisellä tasolla, ja lähinnä se muistuttaa tarkastettavista asioista. Tarkastuslistan tueksi on tehty vastaavalla kirjain-numerointiluokittelulla kuvaus alakohtaa koskevista määräyksistä ja ohjeista. Tarkastuslistan kohdassa A1 todetaan, että kasvatusolosuhteet eivät saa olla haitallisia eläimelle. Lisäksi esitetään ääniolosuhteisiin ja valaistukseen liittyviä vaatimuksia. Kohdassa A2 todetaan, että kaikkien automaattisten tai mekaanisten laitteiden toimivuus on tarkastettava päivittäin. Mikäli eläinten terveys on riippuvainen ilmanvaihdosta, täytyy olla käytössä myös varajärjestelmä, joka varmistaa ilmanvaihdon toimivuuden. Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tulee olla hälytysjärjestelmä, joka ilmoittaa järjestelmän vioista. Hälytysjärjestelmä on tarkistettava säännöllisesti.

Tanskassa myös useat vakuutusyhtiöt vaativat vuosittaista ilmanvaihtojärjestelmän tarkastusta (MJH Agroteknik, 2014).

Danish Pig Research Centre on julkaissut sikaloiden itsearviointin ohjeen (Danish Pig Research Centre, 2013), ja päivityksiä ohjeisiin ja dokumentteihin on saatavissa myös osaamiskeskuksesta Videncenter for Svineproduktion (www.vsp.lf.dk). Organisaatio tarjoaa myös olosuhteiden mittaupalvelua. Itsearviointin suorittamisen tueksi on kehitetty lomakepohjat (18 eri osa-alueen liitelomaketta), joita käytetään tarkastuksen tukena. Olosuhteita ja ilmanvaihtoa käsitellään liitteessä 6. Climate, ventilation and sprinkling. Liite kertoo lyhyesti määräykset ja ohjeet ja antaa konkreettiset tarkastusohjeet ja suositukset myös tarkastusväleille:

- Päivittäin tarkista, että ilmanvaihto toimii optimaalisesti.
- Kun eläimiä siirretään, tarkista, että ilmanvaihtojärjestelmän asetukset ovat kunnossa.

- Kun uusi kasvatusera tulee (tai muu asetettu aikaväli), tarkista, että järjestelmä toimii (tarkista minimi- ja maksimi-ilmanvaihto).
- Kun uusi kasvatusera tulee, tarkista, että varajärjestelmä ja hälytysjärjestelmä toimivat.
- Kun uusi kasvatusera tulee, tarkista ja tarvittaessa säädä/sijoita uudelleen kostutuksen suuttimet.

Mikäli ilmanvaihto toimii virheellisesti, korjaavat toimenpiteet on tehtävä välittömästi joko itse tai pyydettävä konsulttiapua ilmanvaihdon asiantuntijalta. Dokumentoinnin osalta todetaan, että hälytysjärjestelmän tarkistus on tehtävä joka pesun yhteydessä tai neljännesvuosittain ja tarkistus on dokumentoitava. Liitteessä suositellaan, että säätyöyksiköiden viereen tehdään laminoidut käyttöohjeet, joissa kerrotaan, kuinka ilmanvaihtojärjestelmää käytetään käytännössä.

Edellä esitetyn dokumentin (Danish Pig Research Centre, 2013) liitteessä 13 todetaan, että jos hännänpurentaa esiintyy, syy on selvitettävä. Mahdollinen syy tai osatekijä ilmiöön voi olla ilmanvaihto. Toimenpide-ehdotuksena esitetään, että ilmanvaihto on tarkistettava, ilmanvaihdon melua on rajoitettava ja on pyrittävä välttämään vetoa.

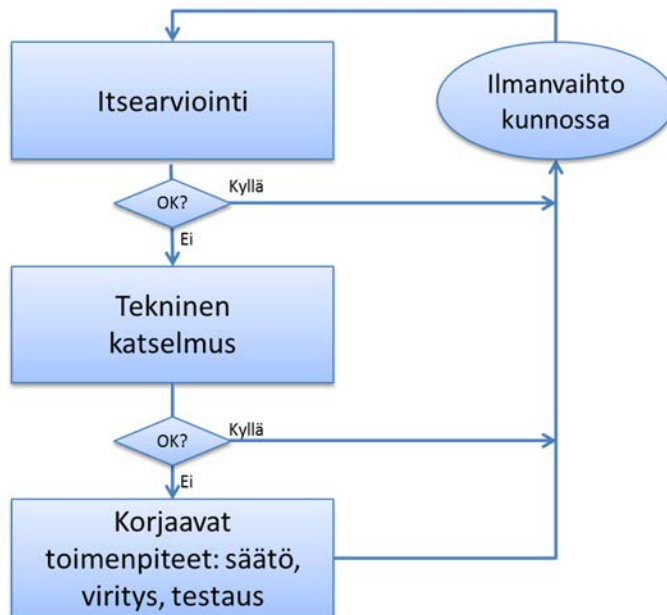
Vastuullinen sikatalous -hankkeessa on kehitetty www-sivut, joissa yhtenä osa-alueena on ilmanvaihto (Vastuullinen sikatalous -hanke, 2014, <http://www.vastuullinensikatalous.fi>). Ilmanvaihdon hyvän toteutuksen viisi perusasiaa esitetään (ilmanottoaukko ulkona, ilmanottoaukko sisällä, ilman liikkuminen, ilman laatu ja ilmanpoistoaukko) ja ilmanvaihdon tarkastukseen esitetään ohjeita. Eri kasvatussuuntien sikaloille (tiineytys- ja joutilasoasasto, porsitusosasto, välikasvatusosasto, lihasikaosasto) esitetään ilmanvaihdon ja lämmityksen asetuservoja sekä minimi- ja maksimi-ilmavirrat eläintä kohti. Lattialämmityksen käytölle ja välikasvatus- ja lihasikaosastojen lämmitykselle ennen porsaiden saapumista annetaan ohjeita. Ilmanvaihdon tarkastukseen esitetään tarkastuskohtina mm. raitisilmalaitteiden koko ja rakenne, tuulen vaikutuksen rajoittaminen, ilmanjakojärjestelmän arviointi, ohjaustietokoneen asetukset sekä lämpötila-antureiden, mittauspiipien ja poistopuhaltimien tarkastus. Sivusto kuvaa hyvin ilmiöitä, joihin ilmanvaihdolla on vaikutusta, ja esittää mahdollisia syitä toimimattomaan ilmanvaihtoon.

3.2 Katselmusmenettely

Tässä hankkeessa on kehitetty menettelytapa ilmanvaihdon toimivuuden katselmointiin, kuva 3. Katselmoinnin toteutus on kaksiosainen koostuen itsearviointista ja teknisestä katselmoinnista. Itsearviointi (luku 3.3) on yksinkertainen isännälle tai eläinten hoitajalle tarkoitettu arviointitapa, jonka avulla voidaan alustavasti selvittää ilmanvaihdon nykytila. Teknisen järjestelmän katselmointiin on kehitetty kolmiosainen katselmusmalli, jossa kootaan yhteen yleiset tiedot kohteesta, määritellään kohteessa tehtävät mittaukset ja kuvataan eläinten käyttäytymisestä tehdyt havainnot (luku 3.4). Näiden tietojen perusteella arvioidaan ilmanvaihdon toimivuutta ja parannustarpeita. Tarvittaessa tehdään korjaavat toimenpiteet, esimer-

kiksi säädetään ja viritetään järjestelmää ja tehdään toimintakokeet, joilla varmistetaan toimivuus. Itsearviointia tulee toistaa säännöllisin väliajoin, vähintään kerran jokaisen kasvatusjakson aikana. Lisäksi päivittäin tulee varmistaa, että ilmanvaihtolaitteet ovat toiminnassa.

Ilmanvaihdon toimivuuden katselmus



Kuva 3. Ilmanvaihdon katselmoinnin toimintamalli.

3.3 Itsearviointi

Ilmanvaihdon toimivuuden itsearviointi perustuu taulukon 1 kysymyslistaan, jonka kohdat isäntä tai eläinten hoitaja käy läpi. Itsearviointimenettelystä on tehty TTS:n www-sivuille helppokäyttöinen sovellus (<http://www.tts.fi/index.php/sikalan-ilmanvaihdon-toimivuustesti>). Itsearviointia on syytä tehdä jatkuvasti, vähintään kerran jokaisen kasvatusjakson aikana. Lisäksi päivittäin tulee varmistaa, että ilmanvaihtolaitteet ovat toiminnassa.

Taulukko 1. Itsearvioinnin kysymykset ja kommentit vastauksiin.

Kysymys	Vastaus		Vastaus/toimenpiteet	
	K	Ei	Kyllä	Ei
Esiintyykö lämmitys- kaudella vesipisaroita sisäkaton ja sisäsei- nien pinnalla?			Lyhyinä ajanjaksoina esiintyvä kosteus pinnoilla (kondenssi) ei yleensä ole haitallista. Mikäli kosteus ei kuivu itsestään pinnoilta, ilmanvaihtoa on syytä lisätä. Liika kosteus on haitallista rakenteille ja eläinten hyvinvoinnille.	Hyvä, ilmanvaihto tuntuu olevan riittävä ainakin kosteuden poiston kannalta.
Jäätyvätkö tuloilma- aukot ja -luukut lämmityskaudella?			Tuloilma-aukkojen ja -luukkujen sulatuksesta on huolehdittava, mikäli jäätyminen aiheuttaa haittaa ilmanvaihdon toimivuudelle ja sisäolosuhteille. Käyttötarkoitukseen sopivan sulatustavan suunnittelu kannattaa teettää ilmanvaihtosuunnittelijalla.	Hyvä. Ilmanvaihto pystyy poistamaan kosteutta ja sitä ei jäädy laitteiden pinnoille.
Puhdistetaanko poistopuhaltimia säännöllisesti?			Hienoa, puhaltimien puhdistaminen vähentää energiankulutusta ja pidentää puhaltimien käyttöikää.	Poistopuhaltimet kannattaa puhdistaa säännöllisesti ainakin pari kertaa vuodessa, myös mahdollinen ilmapirran mittaussiipi.
Tarkistetaanko iv- laitteiden lämpötila- antureiden luotetta- vuus säännöllisesti?			Hienoa, antureiden toimivuus on lähtökohta ilmanvaihdon automatiikan toimivuudelle.	Lämpötila-antureiden toimivuuden voi tarkistaa vertaamalla antureiden lukemia lämpötilamittariin.
Onko lämpötila- anturit asennettu sikojen oleskelu- alueelle?			Hienoa. On tärkeää, että lämpötilaa mitataan siltä alueelta, missä olosuhteita halutaan säätää.	Tarkista anturin sopiva paikka. On tärkeää, että lämpötilaa mitataan siltä alueelta, missä olosuhteita halutaan säätää.
Onko automaattisen ilmanvaihdon säätö- käyrät asetettu jokaiselle osastolle?			Hienoa. Automaatio on hyvin käytössä.	Jos automaatiojärjestelmä on hankittu, se kannattaa ottaa täysimääräisenä käyttöön. Muuten osa investoinnista menee hukkaan.
Säädetäänkö ilman- vaihtoa kasvatus- vaiheen mukaan?			Hienoa, näin pitääkin, sillä minimi-ilmavirtavaatimus muuttuu kasvun mukaan.	Tiedätkö, että kasvavien sikojen minimi-ilmavirtavaatimus muuttuu kasvun mukaan. Varmista, että minimi-ilmavirtaa muutetaan kasvun aikana, sillä muuten sika ei saa riittävästi raitista ilmaa ja ilman laatu voi heiketä.

Ovatko iv-laitteiden käyttö- ja säätöohjeet tallessa ja saatavilla?			Hyvä. Näin pitääkin olla.	Laitteita on vaikeaa käyttää oikein ilman asianmukaisia ohjekirjoja. Hanki ihmeessä ohjekirjat, niin tiedät, kuinka saat järjestelmästä parhaan hyödyn ja katetta investoinnillesi.
Onko sikalan työntekijät perehdytetty sikalan ilmanvaihdon havainnointiin ja havainnoista eteenpäin ilmoittamiseen?			Hyvä, jokaisen työntekijän pitäisikin pystyä havainnoimaan huonoa ilmanlaatua.	Suosittelavaa olisi, että jokaisen sikalassa työskentelevän tulisi osata havainnoida ilmanvaihdon puutteita.
Esiintyykö siolla hännänpurentaa?			Syynä hännänpurentaan voivat olla ilman korkea ammoniakkipitoisuus, veto ja/tai ilmanvaihtolaitteista tuleva melu. Tarkista ilmanvaihdon toimivuus ja lämpöolosuhteet.	Hyvä, siat eivät luonnostaan syö toistensa häntiä, jos olosuhteet ovat kunnossa ja virikkeitä on riittävästi.
Esiintyykö jollakin osastolla pistävää hajua, joka on merkki ammoniakista?			Ilmanvaihdon riittävyys on syytä tarkistaa. Syynä puutteelliseen ilmanvaihtoon voi olla väärin aseteltu minimiilmavirta. Tarkista asetus ja muuta sitä tarvittaessa kasvatustakson aikana. Lantakourujen säännöllinen tyhjennys vähentää ammoniakkin muodostumista.	Hyvä, sikalan sisäilmassa ei pidäkään olla ammoniakkin hajua.
Tuntuvatko osastot vetoisilta?			Varmista, että ilmaa ei vaihdeta liikaa ja lämmitys kytkeytyy päälle suunnitellulla tavalla.	Hyvä, olosuhteet ovat kunnossa.
Ovatko karsinoiden makuualueet liikkaisia?			Syynä tähän voi olla ilmanvaihdon riittämättömyydestä johtuva liian korkea lämpötila kesällä, jolloin siat pyrkivät viilentämään oloaan. Viilennystä saisi esim. sikasuihkuilla.	Hyvä, olosuhteet ovat kunnossa.
Kuuluuko ilmanvaihtolaitteista poikkeavia ääniä?			Syytä pikaisesti tarkistaa äänen aiheuttaja ja korjata laite ennen rikkoontumista	Hyvä, näin pitää ollakin. Muista kuitenkin ilmanvaihtolaitteiden säännöllinen huolto.
Onko sähkökatkoksiin varauduttu ilmanvaihdon osalta?			Hyvä. Näin pitääkin olla.	Tämä on ehdottomasti hoidettava heti kuntoon. Lyhyetkin katkokset ilmanvaihdossa voivat vaarantaa sikojen hyvinvoinnin kohtalokkaasti.
Onko sikalassa järjestelmä, joka hälyttää ilmanvaihdon häiriötilanteessa?			Hyvä, muista tarkistaa järjestelmän toimivuus säännöllisesti.	Sikalassa on suositeltavaa olla järjestelmä, joka hälyttää toimintahäiriön sattuessa joko valo- tai äänimerkillä tai kännykkään tulevalla ilmoituksella.

3.4 Tekninen katselmus

Mikäli itsearviointi osoittaa ilmanvaihdon korjaustarpeita, on hyvä tehdä myös tekninen katselmus. Teknisen järjestelmän katselmointiin on kehitetty kolmiosainen katselmusmalli, jossa kootaan yhteen yleiset tiedot kohteesta, määritellään kohteessa tehtävät mittaukset ja kuvataan eläinten käyttäytymisestä tehdyt havainnot. Mallia on kehitetty tiloilla tehtyjen mittausten aikana ja niistä saatujen kokemusten perusteella (luku 4).

3.4.1 Yleiset tiedot kohteesta

Katselmuksen ensimmäisessä vaiheessa kootaan yhteen taustatiedot kohteesta, selvitetään ilmanvaihdon toimintaperiaatteet ja sisäilmaston ja ilmanvaihdon tavoitearvot. Lisäksi käydään läpi automaatiojärjestelmän toimintaperiaatteet ja sen mahdollistama tiedonkeruu ja mittausarvojen tarkastelu.

Selvitettäviä asioita ovat mm:

- Kasvattajan yhteystiedot
- Ilmanvaihdon periaateratkaisu/järjestelmätyyppi; kuinka ilmanvaihdon on ajateltu toimivan?
- Suunnittelu- ja tavoitearvojen selvittäminen (yleisesti ja mittaukseen valittu osasto):
 - Eläinmäärä ja koko
 - Tilatyytit ja tilavaatimukset
 - Lattiapinta-alat
 - Sisäilmaston tavoitearvot eri tiloille
 - Ilmavirrat, minimi ja maksimi
- Ilman jako
- Ilmanvaihdon ja olosuhteiden säädön kuvaus
- Ilmanvaihtopiirustukset
- Säädön periaatteen kuvaus
- Sääto- ja ohjausjärjestelmän käyttämät mittaukset
- Ohjausjärjestelmän asetukset (yleisesti ja mittaukseen valittu osasto)
 - lämpötilan asetusarvo ilmanvaihdolle
 - lämmityksen säätöväli (lämpötilat, joiden välillä ilmanvaihto menee minimistä maksimiin)
 - lämmityksen kytketymislämpötila
 - minimi-ilmavirta
 - maksimi-ilmavirta

- Asetusten muuttuminen kasvatusjakson aikana; muuttuvatko asetukset automaattisesti tai tarvitseeko kasvattajan tehdä muutoksia manuaalisesti?
- Kohteessa normaalisti seurattavat ja mitattavat tekijät
- Päiväkirja tai vastaava; mitä tietoa kerätään?
- Automaattinen tiedonkeruu ja sen hyödyntämismahdollisuus
- Huoltohistoria, tehdyt toimenpiteet ja tarkastukset; mikä on huoltokirjan nykytila
- Ennakkotiedot toimivuudesta/toimimattomuudesta
- Käyttöohjeet ja niiden saatavuus
- Käyttöönottovaiheen toimenpiteet; tarkastukset ja käytön ohjeistus/opetus
- Kosteuden tiivistymisen (kondenssin havainnointi); mihin kosteutta tai jäätä tiivistyy ja mikä on sääolojen vaikutus ilmiöön? (ikkunoiden kondenssi, veden valuminen, jäätyminen, jään kertyminen)
- Pölyisyyden havainnointi; esiintyykö pölyisyyttä ja pölyn kulkeutumista
- Poikkeustilanteiden toimivuus, esim. kuinka ilmanvaihto toimii sähkökatkojen aikana tai seurauksena
- Hajujen leviäminen; Kuinka hajujen leviämiseen on kiinnitetty huomiota? Onko järjestelmään suunniteltu pesuri- tms. tekniikkaa? Onko ilman poistohormin sijoitteluun tai ilman nopeuteen/jakoon tehty suunnittelua hajujen leviämisen näkökulmasta?

Liitteessä 2 on esitetty lomakepohja tietojen keräystä varten.

3.4.2 Ilmanvaihdon ja olosuhteiden mittaukset

Ilmanvaihdon ja olosuhteiden mittausten osalta määritellään tehtävät mittaukset, niiden kesto, antureiden sijoittelu ja tilan oman tiedonkeruun kautta saatavat tekijät.

Määriteltäviä asioita ovat mm. seuraavat:

- Mittauspaikkojen määrittely/valinta; esitetään mittauspaikat pohjapiirustuksessa
- Kertaluonteiset mittaukset yleensä sellaisille tekijöille, joille suunnittelu- tai tavoitearvo on tiedossa. Voidaan mitata esimerkiksi:
 - lämpötila
 - kosteus
 - hiilidioksidipitoisuus CO₂
 - paine-ero osaston ja ulkoilman tai osaston ja kattotilan välillä
 - muut pitoisuudet, esim. ammoniakki NH₄ ja rikkivety H₂S
 - poistoilmavirta (minimi- ja maksimitilanteet, mahdollisesti jokin välitilanne)

- tuloilmavirta (minimi- ja maksimitilanteet, mahdollisesti jokin välitilanne)
- Mittausten aikaiset ympäristön olosuhteet
- Lyhyet jakson seurantamittaukset; valitaan mitattavat tekijät, joiden osalta on tarpeen saada tietoa pidemmältä ajanjaksolta (ks. esimerkki tekijöistä kohdasta Kertaluonteiset mittaukset)
- Tarkistettavien antureiden valinta ja niiden näyttämän tarkistus; Valitse anturit, mittaa tekijät niiden lähellä vertailumittarilla ja vertaa tiedonkeruun antamaan lukemaan
- Tiedonkeruun näyttämän tarkastus; Valitse tarkistettavat tekijät, mittaa vertailumittarilla ja vertaa mitattua arvoa ja tiedonkeruun näyttämää arvoa
- Selvitä sikalan oman tiedonkeruun datan käyttö toimivuuden arvioinnissa (selvitä mahdollisuus kirjautua tilan koneelle)
- Selvitä mittauksella säätö- ja ohjausjärjestelmän kyvykkyys toteuttaa asetetut asetusarvot

Osaston olosuhteiden mittaukset ovat yleensä samantyyppisiä riippumatta ilmanvaihtojärjestelmän tyypistä. Joitakin tiettyihin järjestelmätyyppeihin sovellettavia erityisiä mittauksia ovat

- lämmöntalteenoton toimivuus; lämpötilahyötysuhteen määrittämiseen tarvitaan tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, sisäilman lämpötila ja ulkoilman lämpötila.
- tuloilmakaton painesuhteet.

Harvemmin toteutettavia suurta asiantuntemusta vaativia mittauksia ovat mm.

- vetomittaus
- ilmavirtauskentän ja heittopituuden mittaus.

Liitteessä 2 on esitetty lomakepohjat tietojen keräystä varten.

Mittaustulosten arviointi ja tuloksista tehtävät päätelmät vaativat ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteiden ja säätöjärjestelmän toimivuuden ymmärrystä. Yleisimpiä mittauksista tehtäviä päätelmiä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Yleisiä mittauksista tehtäviä päätelmiä.

Havainto	Päätelmä / mahdollinen syy / korjaustoimenpide
Lämpötila on liian matala.	Ilmavirta voi olla liian suuri, tarkista ilmavirta ja ilmavirran säätökäyrän asetukset. Järjestelmä ei anna riittävästi lämpöä, tarkista lämmityksen asetus, tarkista lämmityksen mitoitustehon riittävyys.
Kosteus on liian korkea.	Ilmavirta voi olla liian pieni, tarkista ilmavirta ja ilmavirran säätökäyrän asetukset. Kosteutta tulee tilaan hallitsemattomasti, tarkista veden käyttö osastolla.
Epäpuhtauspitoisuus, esim. CO ₂ -pitoisuus on liian korkea.	Ilmavirta on liian pieni, tarkista ilmavirta ja ilmavirran säätökäyrän asetukset.
Osaston alipaine ei ole suunnitelmien mukainen.	Poistoilmavirta ei ole suunnitelmien mukainen tai tuloilma- aukkojen määrä ei ole sopiva. Tasapainejärjestelmässä tulo- tai poistoilmavirta ei ole suunnitelmien mukainen. Tarkista ilmavirtojen suhteet, mittaa ja säädä ilmanvaihto toimimaan oikein.
Lämpötila on liian korkea.	Ilmavirta voi olla liian pientä, tarkista ilmavirta ja ilmavirran säätökäyrän asetukset. Ulkoilmalla ei ole jäähdyttävää vaikutusta, jos ulkona on myös korkea lämpötila. Jos mahdollista, ota käyttöön jäähdytys, esim. sikasuihku.
Ilmanvaihtojärjestelmä ei pysty toteuttamaan suunniteltua maksimi-ilmavirtaa.	Tarkista automaation/ohjausjärjestelmän toimivuus. Tarkista mitoitus. Tarkista, että toteutus vastaa suunniteltua (puhallin ja kanavistomitoitus).
Ilmavirtaukset oleskelu- vyöhykkeellä ovat suuria.	Tuloilma ei sekoitu riittävän hyvin osaston ilmaan, ja ilma tippuu venttiililtä suoraan oleskeluvyöhykkeelle. Tarkista ja säädä ilman jako (jos mahdollista).

Luvussa 4 esitetään esimerkkikohteissa tehdyt mittaukset ja niistä tehdyt päätelmät ja toimenpide-ehdotukset.

3.4.3 Eläinten käyttäytymisen havainnointi

Sikojen käyttäytymisen havainnoinnin perusteella voidaan arvioida jossain määrin myös ilmanvaihdon toimivuutta. Vaikka käyttäytymisestä ei saataisikaan suoraa ja täysin varmaa tietoa ilmanvaihdon toimivuudesta, on kuitenkin syytä varmistaa, että ilmanvaihto ei ole syy poikkeavaan käyttäytymiseen.


Taulukossa 3 on esitetty sikojen käyttäytymisestä havainnoitavat tekijät, joihin ilmanvaihdon toimivuus voi vaikuttaa.

Taulukko 3. Sikojen käyttäytymisestä havainnoitavat tekijät, joihin ilmanvaihdon toimivuus voi vaikuttaa.

Havainnoitava tekijä	Mahdollinen syy ja toimenpide-ehdotus
Karsinoiden likaisuus	Syynä voi olla liian korkea lämpötila, jolloin siat pyrkivät viilentämään oloaan. Kylmän tuloilman väärä suuntaus makuualueelle voi aiheuttaa sen, että siat alkavat käyttää makuualueetta sottomisalueenaan. Viilennystä saisi esim. sikasuihkuilla.
Sikojen sijoittautuminen suunnitelluille alueille	Jos siat hakeutuvat alueille, joihin niitä ei ole suunniteltu, syynä voi olla veto. Tarkista ilmanjaon ja lämmityksen toimivuus.
Makuukäyttäytyminen	Sikojen tulisi maata tyytyväisinä ja rauhallisina lähellä toisiaan. Jos lämpötila on liian alhainen, siat makaavat tiiviissä kasassa ja liian kuumassa taas toisistaan erillään. Varmista, että ilmaa ei vaihdeta liikaa ja että lämmitys kytkeytyy päälle suunnitellulla tavalla. Lisätietoa kuvassa 4.
Hännänpurenta	Syynä hännänpurentaan voi olla korkea ammoniakkipitoisuus, veto ja/tai ilmanvaihtolaitteista tuleva melu. Tarkista ilmanvaihdon toimivuus ja lämpöolosuhteet.

Lämpötilan seuraaminen porsaiden käyttäytymisen perusteella

Sikalan osastojen lämpötiloja voidaan seurata lämpömittareiden tai automatiikan avulla. Annetut lämpötilasuositukset ovat ohjeellisia, sillä pelkkä lämpömittarilukema ei kerro vielä kaikkea. Sikalassa esiintyvä veto, lattiatyyppi ja -materiaalit, lattioiden kosteus ja käytetyn kuivituksen määrä ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat siihen, kuinka lämpimänä porsas ympäristönsä kokee. Tämän vuoksi niin imevien kuin vieroitettujen porsaidenkin kannalta on tärkeää seurata porsaiden käyttäytymistä erityisesti makuualueella ja arvioida sen perusteella, onko porsaille onnistuttu järjestämään lämpötilan suhteen suotuisat olosuhteet. Osastointi kasvatusvaiheittain helpottaa sopivan lämpötilan järjestämistä porsaille.



Sopiva lämpötila Liian kylmä Liian kuuma

Kun karsinajärjestelyt ovat onnistuneita, porsaas nukkuvat makuualueella tyytyväisinä ja rauhallisina lähellä toisiaan. Osa porsaista nukkuu myös kyljellään.

Jos makuualueen lämpötila on liian alhainen palelevat porsaas nukkuvat tiukasti toisiaan vasten painautuneina, mahallaan ja osittain myös päällekkäin. Ne saattavat jopa vapista kylmästä, minkä lisäksi porsaas pyrkivät vaihtamaan paikkaa lämpimämpää kohtaa hakien.

Jos porsaas eivät hakeudu varsinaiselle makuualueelle, syy makuualueen hyljeksimiseen tulee selvittää. Porsaas voivat löytää karsinasta makuualueetta vedottomamman tai lämpimämmän kohdan. Varsinainen makuualue voi myös olla porsaille liian kuuma.

Piirrokses: MMM, ETT, 1999. Vieroitusopas.

TIETO TUOTTAMAAN 97

Kuva 4. Lämpötilan vaikutus makuukäyttäytymiseen (ProAgria, 2002).

4. Ilmanvaihdon tekninen katselmus neljässä sikalassa

Tässä luvussa esitetään teknisen katselmuksen toteutus ja sen perusteella tehdyt ilmanvaihdon parannusehdotukset neljässä esimerkkisikalassa. Katselmuksien laajuus eri kohteissa eroaa hieman toisistaan, sillä menettelyä kehitettiin hankkeen aikana näiden katselmuskäyntien perusteella. Esimerkkisikalat valittiin siten, että tyypillisimmät ilmanvaihdon ratkaisut olivat mukana. Tarkasteltaviksi järjestelmiksi valittiin:

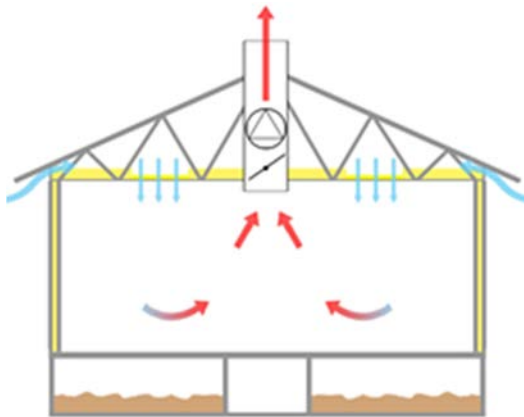
1. Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto
2. Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut katossa
3. Koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto poistoilmasta
4. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Kohteiden esittelyn yhteydessä kuvataan tyypillisten ilmanvaihtojärjestelmien toimintaperiaatteet ja esitetään tapa todentaa ilmanvaihdon toimivuus. Mittaustietojen perusteella on esitetty ehdotuksia ilmanvaihdon parantamiseksi.

4.1 Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto

4.1.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto

Ilmanvaihdon toiminta perustuu poistoilmapuhaltimiin, jotka poistavat epäpuhtaan ilman tilasta. Tilalle virtaa tuloilmakaton kautta tuloilmaa, joka lämpenee virrattesaan yläpohjarakenteen ja eristetyn tuloilmakaton läpi osastolle (kuva 5). Ilma virtaa katon läpi osastoon, jos ilman paine on pienempi huoneen puolella kattoa kuin paine katon ullakon puolella. Katon alipaineisuus on varmistettava, jotta kostea huoneilma ei pääse virtaamaan tuloilmakaton rakenteisiin ja aiheuta kosteusvaurioita. Tämä voi tapahtua talvella, jos osaston alemmissa osissa on ilmavuoja tai esimerkiksi ikkuna on auki. Kesäkaudella tuloilmareittiä voidaan väljentää avaamalla erillisiä tuloilmakanavia, jotka ohittavat tuloilmakaton. Ilmavirran määrää voidaan säätää poistoilmapuhaltimia säätämällä.



Kuva 5. Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmakatto, periaatekuva (Heimonen ym., 2009).

4.1.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus

Kyseessä on yhdistelmäsiikala, jossa on uusi lihasiikala (v. 2011) ja jonka vieressä on porsitussiikala sekä välikasvattamo ja joutilaspihatto. Lihasiikalassa on noin 220 sikaa/osasto ja 10 osastoa (ks. kuva 6). Porsituspuolella on noin 76 (24 + 24 + 28) emakkoa ja noin 10 porsasta emakkoa kohti. Välikasvattamossa on noin 3 x 240 sikaa. Joutilaspihatossa on noin 110...115 emakkoa.

Sikalán ilmanvaihdon toimivuutta ja olosuhteita arvioitiin haastattelemalla sikalan omistajaa sekä mittauksin. Mittaukset tehtiin kertaluonteisina sekä seuranta-mittauksina talvella 2012–2013 ja kesällä 2013. Varsinaiset mittaukset tehtiin lihasiikalassa, ja porsituspuoli toimi osin vertailutilana.



Kuva 6. Osasto lihasikalassa.

4.1.3 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen poisto. Tuloilma johdetaan lihasikalaan ullakon ja alakattona olevan diffuusiokaton kautta (kuva 7). Katon sisäpinnan levy on muoviseosta, ja siinä on tuloilmareivät. Levyn päällä on noin 12 cm paksu eristeilläkerros. Kattorakenteessa keskellä osastoa on avattava tuloilmasuutin (kuvassa 7 musta muovisuojus sulkee suuttimen), jota käytetään ilmanvaihdon tehostukseen touko–syyskuussa. Tuloilmasuutin puhalttaa tuloilmaa osaston keskelle, josta se lähtee leviämään karsinoidhin päin.



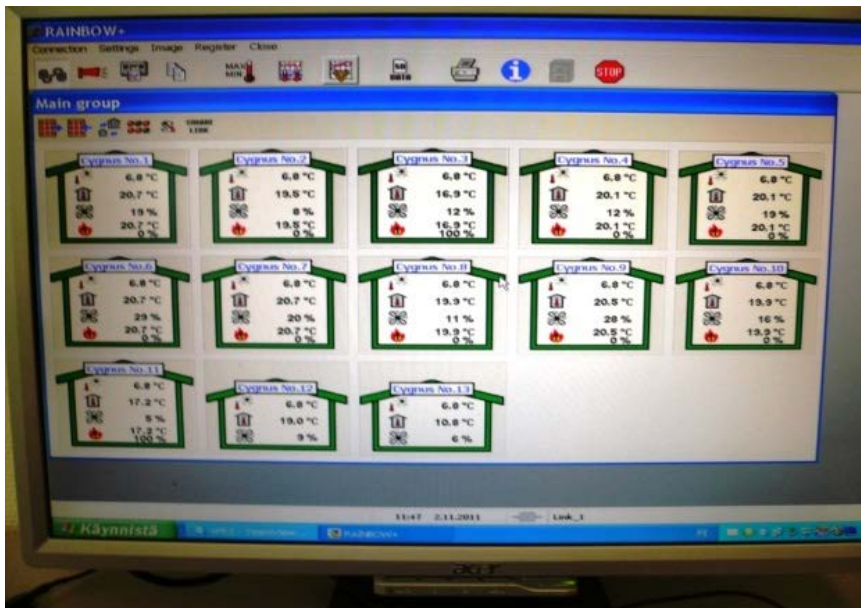
Kuva 7. Rei'itetty tuloilmakatto.

Katossa on 2 kpl poistoilmapuhaltimia osastoa kohti (\varnothing 63 cm). Toisessa osaston poistoilmahormeissa on mittapuhallin, jolla mitataan jatkuvasti ilman tilavuusvirtaa. Osaston sivulla noin 1,5 m:n korkeudella on lämpötila-anturi.

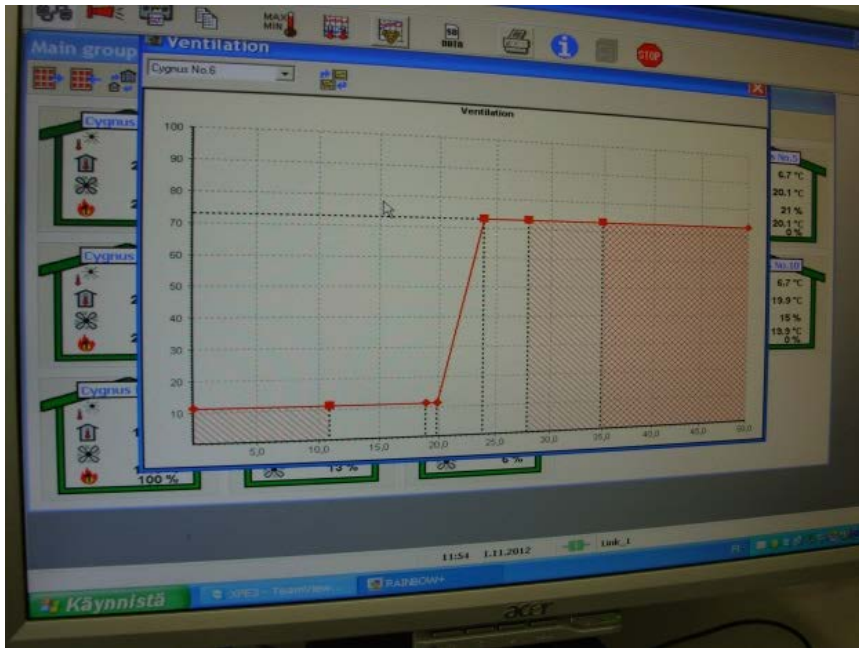
Ilmanvaihtoa säädetään Hotraco-päätelaitteella (kuva 8) ja tietokoneella olevalla Cygnus Rainbow -ohjelmalla (kuva 9). Automaattinen säätökäyrä on asetettu kahteen osastoon (3 ja 6), ja muissa osastoissa on manuaalisäätö. Säädön peruseriaatteena on säätää ilmavirtaa: lämpötilan noustessa kasvatetaan ilmavirtaa. Kuvassa 10 esitetään säätökäyrän periaate. Käyrän minimi- ja maksimi-ilmavirrat muuttuvat eläinten kasvun aikana, asetetun käyrän mukaisesti.



Kuva 8. Lämmityksen ja ilmanvaihdon ohjauksen päätelaite.



Kuva 9. Näkymä Cygnus Rainbow -tietokoneohjelmasta, jossa näkyvät mm. kunkin osaston lämpötila, kosteus, puhaltimen teho sekä ulkolämpötila.



Kuva 10. Ilmanvaihdon säätökäyrän periaate.

Laitteen asentaja on tehnyt järjestelmän perusasetukset, ja alan konsultti on antanut säätökäyrän. Hotraconilta on saatu yhden osaston ilmanvaihdon periaatepiirustus, jossa on ilmanvaihdon säätöohje eri kasvatusvaiheille. Laitteiden käyttöön ei ole saatu erillistä koulutusta tai ohjeistusta. Kaikki saadut manuaalit päätelaitteelle ja tietokoneelle ovat englanninkielisiä.

Lämmitys hoidetaan hakkeella (300 kW hakelaitos). Kiinteässä lattiassa on vesikiertoinen lattialämmitys, jolla tuotetaan mukavuuslämmitys (veden lämpö noin 40–45 °C). Varsinainen lämmitys hoidetaan vesikiertoisilla pattereilla, jotka ovat lähellä kattoa (veden lämpö noin 60–85 °C).

4.1.4 Kasvattajan havaintoja ilmanvaihdosta ja sisäolosuhteista

Kasvattajan mukaan kylmänä vuodenaikana diffuusiokaton pinta kondensoi ja tiputtaa vettä, joka voi aiheuttaa karsinoiden lattioilla sotkuisuutta. Talvella esiintyy ikkunoiden ja osastoiden ulko-ovissa kondenssia. Osastojen päätykarsinoiden ilmanvaihto on ongelmallista, koska noin 80 cm reuna-alueella ei ole diffuusiokattoa, vaan lautakatto ja ilmanjako voivat olla tällä alueella puutteellisia. Konsultti on ehdottanut reuna-alueelle ylimääräistä tuloilmakanavaa.

4.1.5 Mittaustulokset

Osastossa mitattiin poistoilmavirta, ilman lämpötila, tuloilman lämpötila tuloilmakattossa, ilman suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂). Lisäksi mitattiin paine-ero tuloilmakaton ja osaston ilman välillä sekä ammoniakki (NH₄)- ja rikkiveyttytöisyydet (H₂S). Yksilöidyt mittaustulokset toimitettiin tilalle ja seuraavassa esitetään yhteenveto tuloksista.

Ilmanvaihto

Tulosten mukaan molemmilla osastoilla poistoilmanvaihto oli mittaushetkellä selvästi yli minimiohjearvon (laskennallinen arvo perustuen eläinmääriin ja eläinten painoon), taulukko 4. Täydellä teholla poistoilmajärjestelmän kapasiteetti riittää mittausten mukaan (osasto 6) saavuttamaan myös maksimiohjearvon, eli ilmanvaihtojärjestelmä on sen mukaan tarkasteltuna mitoitettu oikein.

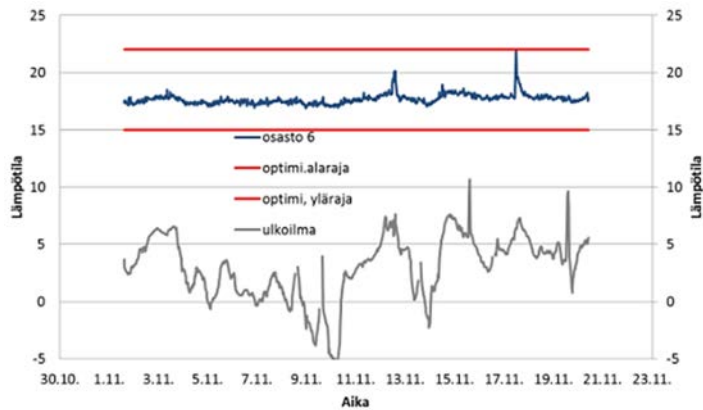
Taulukko 4. Mitatut poistoilmavirrat.

Osasto	Ilmanvaihdon teho (suluissa mittaustilanteen lämpötila)	Poistoilmanvaihto, m ³ /h	MMM RMO C 2.2:n ohjearvo ^{x)} , m ³ /h
nro 6 lihasikala	normaali 35 %, (21,1 °C)	7 150	2 200 minimiohjearvo
nro 6 lihasikala	täysi teho 100 %	16 800	15 400 maksimiohjearvo
nro 4 lihasikala	normaali 23 %, (20,7 °C)	4 260	2 200 minimiohjearvo

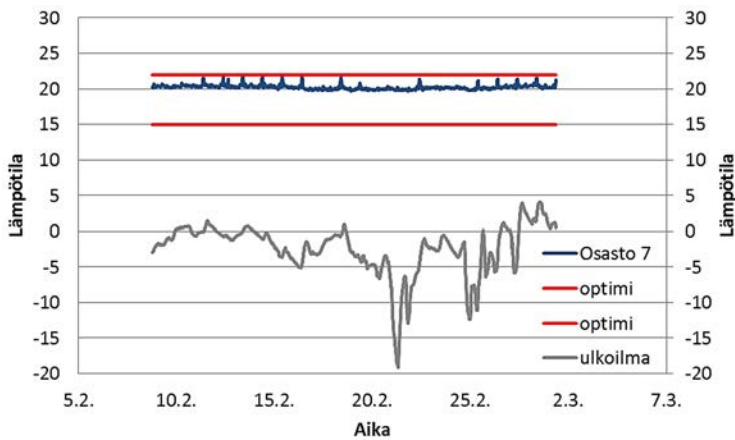
^{x)} MMM RMO C2.2:ssa lihotussian ilmanvaihdon minimiohjearvo 10m³/h ja maksimiohjearvo 70 m³/h. Taulukon ohjearvot on laskettu 220 eläintä/osasto mukaan.

Lämpötila

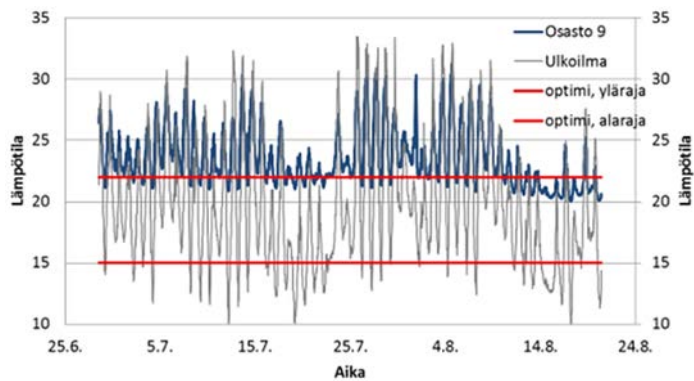
Sekä lihasikalan osaston 6 ja 7 sekä porsitusosaston 3.3 mitatut sisälämpötilat olivat talvella optimialueella. Kuitenkin vetomittausten yhteydessä havaittiin viileyttä karsinoissa, minkä seurauksena nostettiin lämpötilan asetusarvoja ensimmäisten mittausten jälkeen. Kesällä osaston lämpötila ylitti ohjearvon ylärajan selvästi. Lämpötila kohosi välillä jopa yli 30 °C:seen. Osastossa olevaa lämpötila-anturin lukemaa verrattiin kalibroituun lämpötila-anturiin ja havaittiin osaston mittarin näyttävän keskimäärin noin 1,6 °C liian korkeaa lämpötilalukemaa. Tuloilma lämpeni keskimäärin noin 5,0 °C virratessaan ulkoa ullakon kautta tuloilmakattoon. (Ks. kuva 11.)



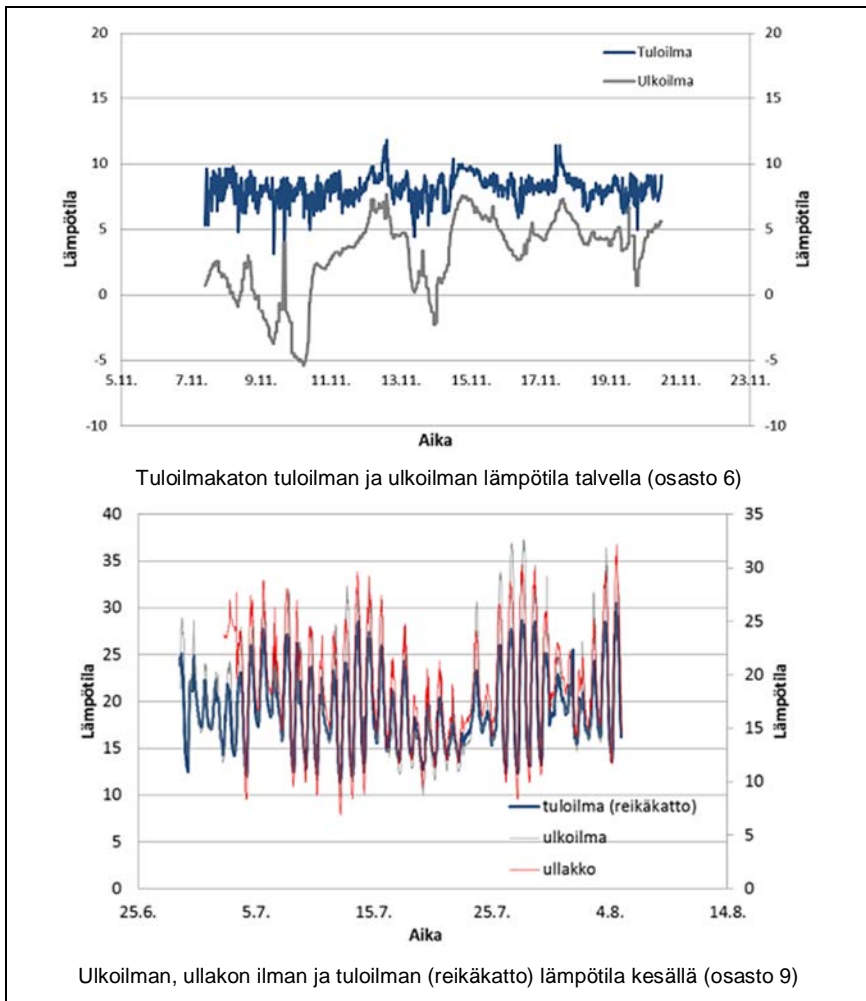
Lihasikalan (osasto 6) ja ulkoilman lämpötilä, 1. mittaus talvella



Lihasikalan (osasto 7) ja ulkoilman lämpötilä, 2. mittaus talvella, lämpötilaa nostettu



Lihasikalan (osasto 9) ja ulkoilman lämpötilä kesällä

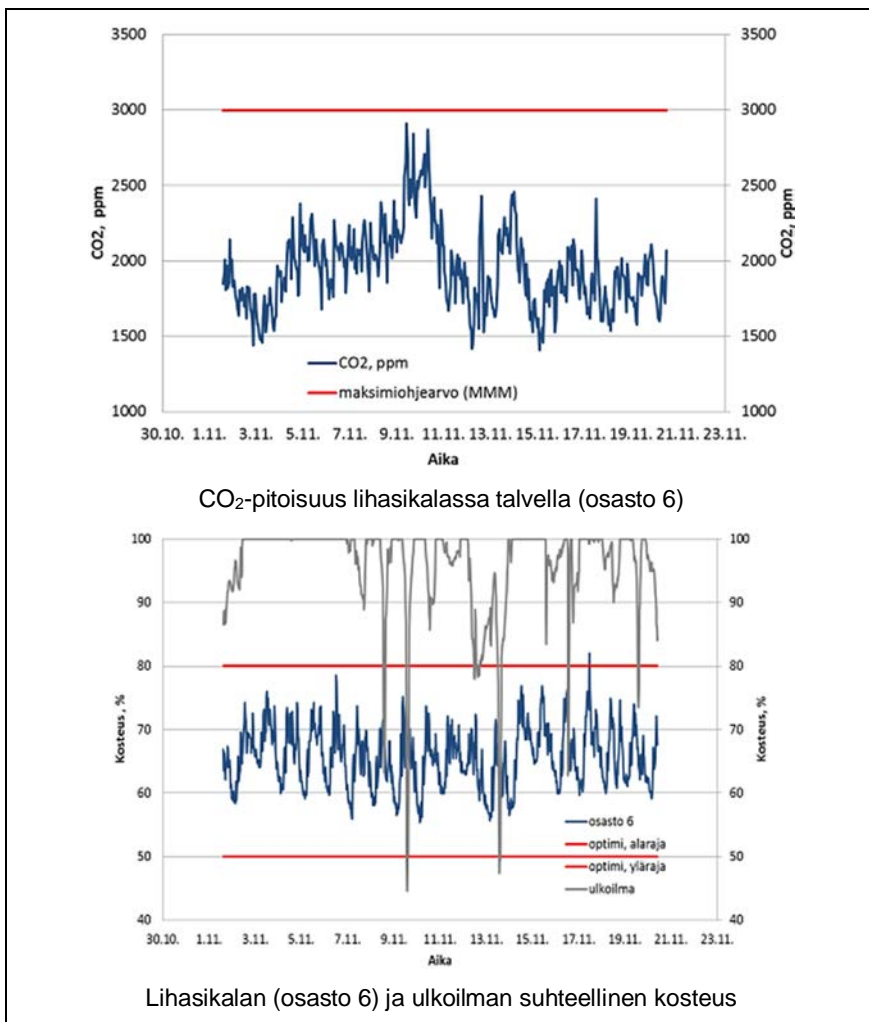


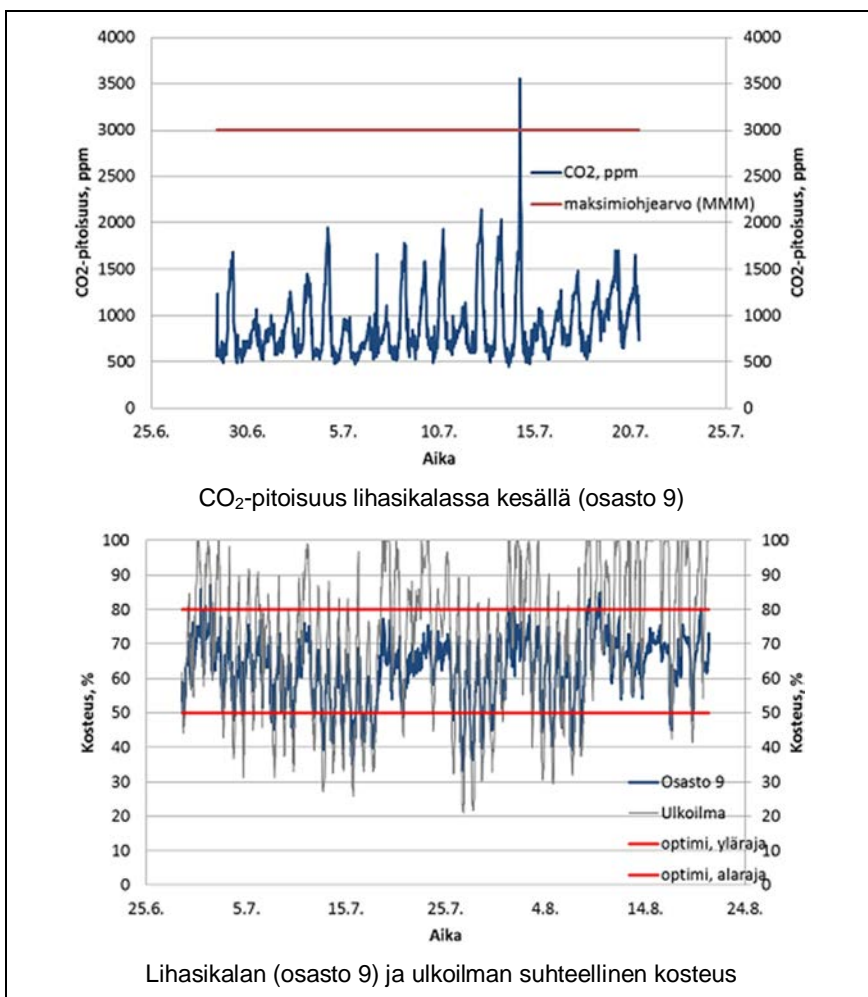
Kuva 11. Lämpötilat mittausjaksojen aikana.

Osaston 6 keskellä ja reunoilla saattoi olla jopa 3 °C lämpötilaero. Samoin havaittiin, että osastolla oleva lämpötila-anturi ei ole optimaalisessa paikassa, koska se sijaitsee seinän vierellä noin 1,5 m korkeudella, jossa on lämpimämpää kuin keskellä osastoa. Anturin olisi hyvä sijaita keskemmällä ja mielellään eläinten korkeudella, tai anturin paikan vaikutus olisi huomioitava lämpötilan asetusarvossa. Koska osaston sisällä on näinkin suuri lämpötilaero, kaikkialla ei voida saavuttaa haluttua lämpötilaa.

CO₂-pitoisuus ja suhteellinen kosteus

CO₂-pitoisuus oli osastossa 6 selvästi ohjearvon 3 000 ppm alapuolelle, mutta osastossa 3.3 ylitti ohjearvon välillä selvästi. Ilmeisesti osaston 3.3 ilmanvaihto on ollut liian pieni, koska myös ilman suhteellinen kosteus oli kyseisellä osastolla korkea. CO₂-pitoisuus nousi selvästi aina ulkolämpötilan laskiessa, koska ilmanvaihto säätyi silloin pienemmälle. CO₂-pitoisuus oli kesällä osastossa 9 selvästi ohjearvon 3 000 ppm alapuolelle suuren ilmanvaihdon takia. Ilman suhteellinen kosteus oli osastossa 6 ja 7 hyvin optimirajojen sisällä, mutta osastossa 3.3 se ylitti välillä ohjearvon. Ilman suhteellinen kosteus oli kesällä osastossa 9 melko hyvin optimirajojen sisällä. (Ks. kuva 12.)





Kuva 12. CO₂-pitoisuus ja suhteellinen kosteus mittausjaksojen aikana.

Paine-ero tuloilmakatossa

Paine-ero tuloilmakaton yli vaihteli talvella osaston 6 mittauksessa 10 Pa molemmin puolin, ja osaston puoli oli koko mittauksen ajan alipaineinen. Osasto 9 oli kesällä hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden.

Veto

Karsinoista mitattiin maksimiohjeuron ylittäviä ilman virtausnopeuksia. Karsinoiden ilman lämpötila tuntui viileältä eläinten korkeudella. Tämä johtuu suurehkosta

ilman virtausnopeudesta. Vaikka lämpötilat olivatkin MMM RMO:n mukaisella optimialueella, ilman suuri virtausnopeus voi aiheuttaa eläimissä vedon tunnetta.

Ammoniakki (NH₃) ja Rikkivety (H₂S)

Ammoniakkipitoisuus oli talvella koko mittausseurannan ajan alle maksimiohje-arvon kahta lyhyttä jaksoa lukuun ottamatta. Osaston 11 rikkivetypitoisuus ylitti ohje-arvon mittausseurannan alussa ja lopussa. Mittausseurannan keskivaiheilla rikkivetyä ei esiintynyt. Kesällä näitä mittauksia ei suoritettu.

4.1.6 Toimenpide-ehdotukset

Osastojen lämpötila-anturit tulisi sijoittaa niin, että ne mittaisivat paremmin eläinten oleskelualueen lämpötilaa. Nyt ne sijaitsevat seinän vierellä. Vaihtoehtona on lämpötilan asetusarvon suuntaissiirto siten, että eläinten oleskelualueella saavutetaan keskimäärin haluttu lämpötila. Ilmanvaihdon ja lämmityksen säätökäyrän asetukset tulisi tarkistaa. Ilmanvaihto oli pienestä CO₂-pitoisuudesta päätellen liian suuri, ja ilman virtausnopeudet ylittivät oleskeluvyöhykkeellä MMM RMO:n mukaisen raja-arvon. Sisälämpötilaa tulisi pyrkiä alentamaan kesällä jonkin jäähdytysratkaisun avulla. Osastojen lämpötila-antureiden näyttämä pitäisi kalibroida muuttaman vuoden välein.

4.1.7 Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja tuloilmakaton järjestelmästä

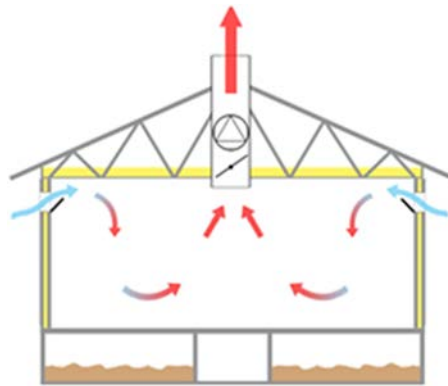
Tarkista, että

- säätöjärjestelmän näyttämä lämpötila vastaa osaston lämpötilaa
- kasvatusjakson mukaiset asetusarvot lämpötilalle ja minimi-ilmavirralle on asetettu järjestelmään ja asetukset muuttuvat kasvatusjakson päivän mukaisesti. Mikäli asetus ei muutu automaattisesti, varmistetaan, että muutokset tehdään manuaalisesti.
- lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa
- mahdolliset kesä- ja talviaikaiset asetukset ja järjestelmämuutokset on tehty. Esimerkkinä kesäkaudella avattavat suuttimet tuloilmakatossa.
- katto on alipaineinen suhteessa ullakkotilaan ja ilma virtaa oikeaan suuntaan
- ilma lämpenee tuloilmakatossa
- ilmavirta säätyy koko säätöalueen minimistä maksimiin
- hälytys- ja varojärjestelmät toimivat; esimerkiksi anturien vikaantumisesta tai sähkökatkoksesta johtuva ilmanvaihdon pysähtyminen ja kuinka olosuhteet hallitaan tässä tilanteessa.

4.2 Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut

4.2.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut

Ilmanvaihdon toiminta perustuu poistoilmapuhaltimiin, jotka poistavat epäpuhtaan ilman tilasta. Tilalle virtaa tuloilmaluukkujen kautta tuloilmaa, joka on lähes ulkoilman lämpötilassa. Huonetila on alipaineinen suhteessa ulkoilmaan. Ilmavirran määrää voidaan säätää poistoilmapuhaltimia ja tulo- ja poistoilmaventtiileitä sekä -luukkuja säätämällä. Tuloilmaluukkujen avauksella voidaan jossain määrin ohjata ilmasuihkun suuntaa ja heittopituutta. Ilmanvaihtojärjestelmän periaate on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilmaluukut, periaatekuva (Heimonen ym., 2009).

4.2.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus

Lihasikalassa on kaksi osaa: uusi lihasikala (v. 2010) ja sen vieressä vanhempi sikala (2003). Lihasikalassa on noin 120 sikaa/osasto, ja molemmissa sikaloissa on 10 osastoa eli yhteensä noin 2 400 sikaa.

Sikalan ilmanvaihdon toimivuutta ja olosuhteita arvioitiin haastattelemalla sikalan omistajaa ja tekemällä sisäilmamittauksia kertaluonteisesti sekä muutaman viikon seurantana. Mittaukset tehtiin uudemmassa lihasikalassa sekä talvella että kesällä (2012–2013).

4.2.3 Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen poisto. Tuloilma johdetaan lihasikalaaan yläpohjan puolelta, ja se tulee osastoihin katossa olevien tuloilmaluukkujen kautta. Luukkuja (kuva 14) on kahdeksan kappaletta osastoa kohti.



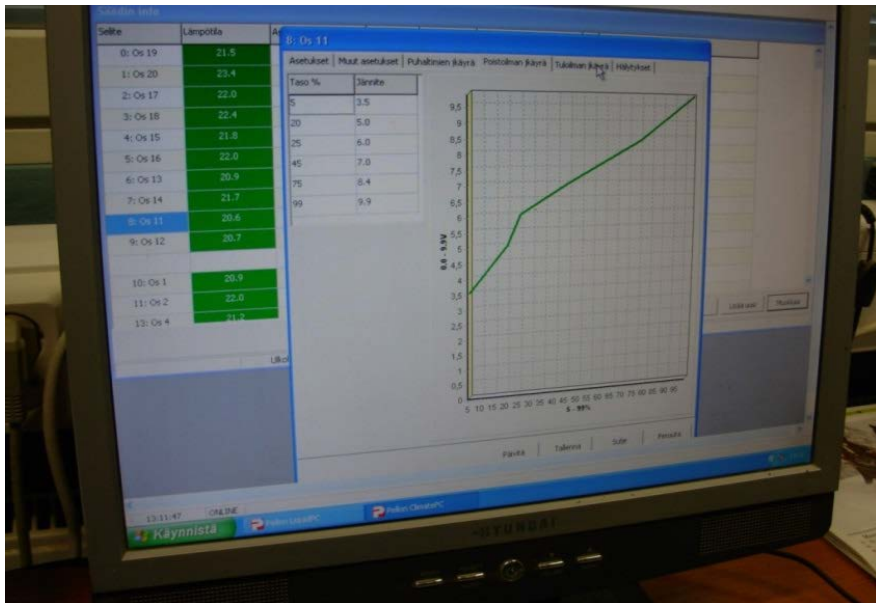
Kuva 14. Tuloilmaluukkuja.

Osaston katossa on yksi poistoilmapuhallin (Ø 63 cm), kuva 15. Osaston keskikohdalla noin 1,5 m korkeudella on lämpötila-anturi.



Kuva 15. Poistoilmapuhallin.

Ilmanvaihto määräytyy lämpötilan mukaan, ja ilmanvaihtoa säädetään osastokohtaisella päätelaitteella tai tietokoneen avulla toimistosta Pellon Atmos -ohjelmalla, kuva 16. Säädön peruseriaatteena on säätää ilmavirtaa: lämpötilan noustessa kasvatetaan ilmavirtaa. Ilmavirtaa muutetaan poistoilmapuhaltimen säätöpeltiä ohjaamalla sekä tuloilmaluukkujen avausta säätämällä.



Kuva 16. Näkymä tietokoneohjelmasta (Pellon Atmos).

Laitteiden asentaja ja myyjä ovat tehneet laitteiston perusasetukset, ja tilalla on tehty muutoksia asetuksiin. Laitteiden käyttöön ei ole saatu erillistä koulutusta tai ohjeistusta. Kasvattajalla on manuaali päätelaitteelle, mutta ei tietokoneen ohjelmalle.

Lämmitys hoidetaan öljyllä, jota kuluu noin 20 000 litraa vuodessa. Lämmityselementteinä ovat vesikiertoiset delta-patterit, jotka sijaitsevat ilmassa lähellä kattoa ja tuloilmaluukkuja.

4.2.4 Kasvattajan havaintoja ilmanvaihdosta ja sisäolosuhteista

Kasvattajan mukaan kovemilla pakkasilla katon tuloilmaluukkujen pintaan tiivistyy vettä, joka tippuu lattialle tai jäätyy luukun pinnalle. Luukun tuloilma-aukon jäätyessä tuloilmarako pienenee. Tämän seurauksena ilmavirta pienenee niin paljon, että lämpötila nousee ja sulattaa jään, jolloin luukuista tippuu vettä ja jäätä. Pakkasten aikana on ollut ongelmia tuloilmaluukkujen vajereiden ja rissapyörien jäätymisessä.

4.2.5 Mittaustulokset

Valitussa osastossa mitattiin poistoilmavirta, ilman lämpötila, tuloilman lämpötila tuloilmaluukusta, ilman suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂). Lisäksi mitattiin paine-ero katon yli sekä ammoniakki (NH₄)- ja rikkivetytuloisuudet (H₂S). Yksilöidyt mittaustulokset toimitettiin tilalle ja seuraavassa esitetään yhteenveto tuloksista.

Ilmavirrat

Taulukossa 5 ovat talvella mitatut poistoilmavirrat. Normaali teho oli mittaushetkellä oleva teho. MMM RMO C2.2:n viitteellinen ohjearvo on laskettu perustuen osaston eläinmäärään ja eläinten kokoon (lihotussika) mittaushetkellä.

Taulukko 5. Poistoilmavirrat talvella.

Osasto	Ilmanvaihdon teho (prosenttia maksimista)	Poistoilmanvaihto (m ³ /h)	MMM RMO C 2.2:n ohjearvo ^{x)} , (m ³ /h)
nro 11	normaali 23 % ^{y)}	1 243	1 200 minimiohjearvo
nro 17	minimi noin 11 %	718	1 200 minimiohjearvo
	normaali 21 %	2 898	1 200 minimiohjearvo
	täysiteho 100 %	10 088	8 400 maksimiohjearvo

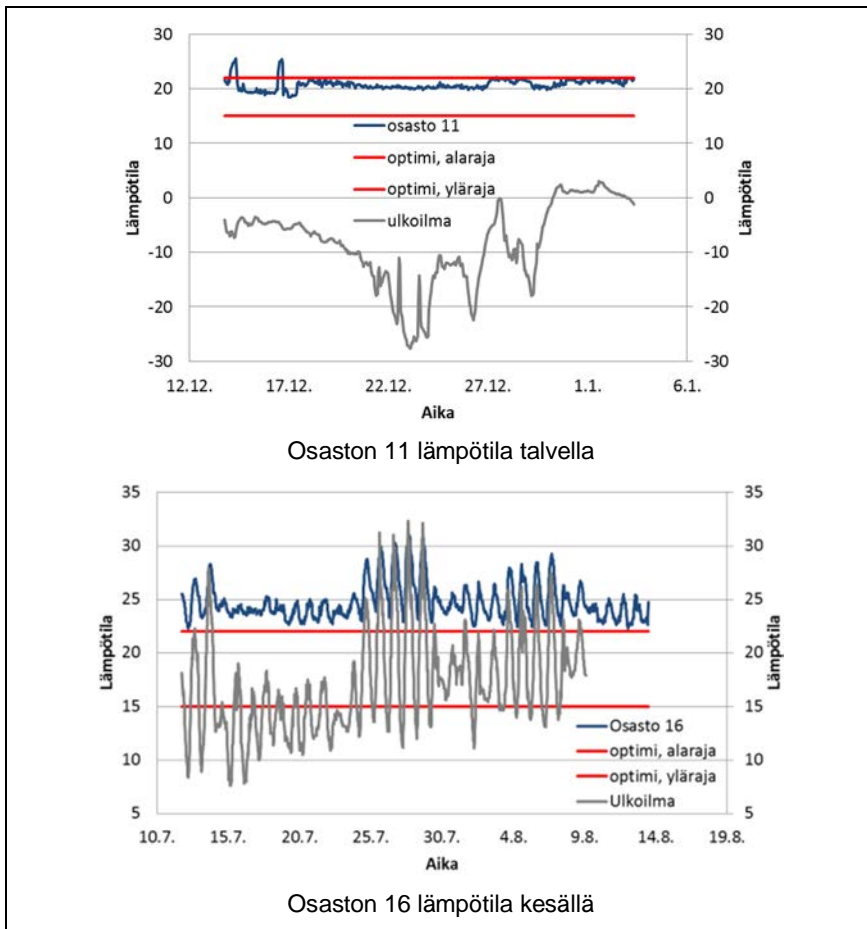
^{x)} MMM RMO C2.2:ssa lihotussian ilmanvaihdon minimiohjearvo 10 m³/h ja maksimiohjearvo 70 m³/h. Taulukon ohjearvot on laskettu 120 eläintä/osasto mukaan.

^{y)} Osaston 11 ilmanvaihdon muita kuin normaaliarvoa ei voitu mitata ilmanvaihdon säätölaitteen häiriön takia.

Tulosten mukaan osastossa 11 poistoilmanvaihto oli mittaushetkellä normaaliteholla vain niukasti yli minimiohjearvon ja osastossa 17 minimiohjearvo ylittyi normaaliteholla selvästi. Osastossa 17 käytettäessä ilmanvaihtoa minimiteholla minimiohjearvo alittui. Osastossa 17 täydellä teholla poistoilmajärjestelmän kapasiteetti riittää hyvin saavuttamaan myös maksimiohjearvon. Täyttä tehoa ei kuitenkaan kasvattajan mukaan koskaan käytetä esimerkiksi veto-ongelmien takia. Osastojen katot ovat olleet reilusti alipaineisia yläpohjaan nähden sekä talvella että kesällä.

Lämpötila

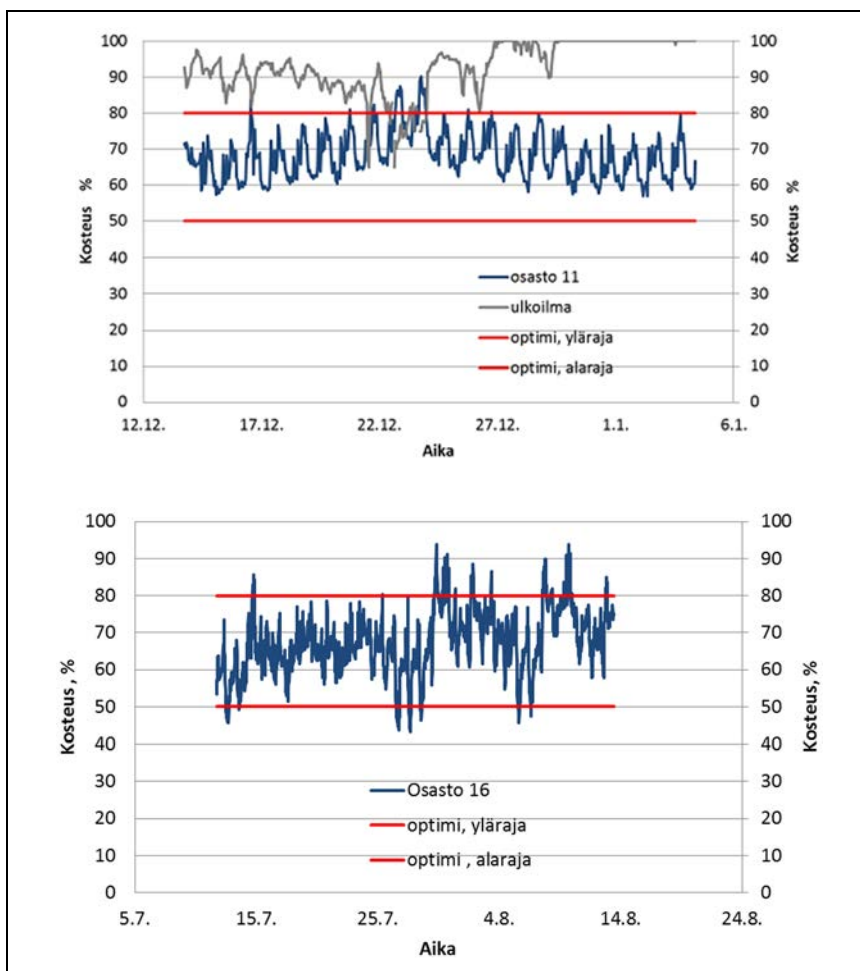
Lämpötilat olivat talvella optimiarvojen sisällä, lukuun ottamatta mittausjakson alun kahta häiriötilannetta. Osastossa 11 lämpötilan mittausanturi meni rikki, minkä seurauksena ilmanvaihto sammui tai meni minimiasennolle. Tällöin sisäilman kaasupitoisuudet moninkertaistuivat. Kesällä osaston lämpötila oli optimilämpötilan yläpuolella koko mittausseurannan ajan, huolimatta suuresta ilmanvaihdosta (kuva 17).



Kuva 17. Lämpötilat mittausjaksojen aikana.

Suhteellinen kosteus

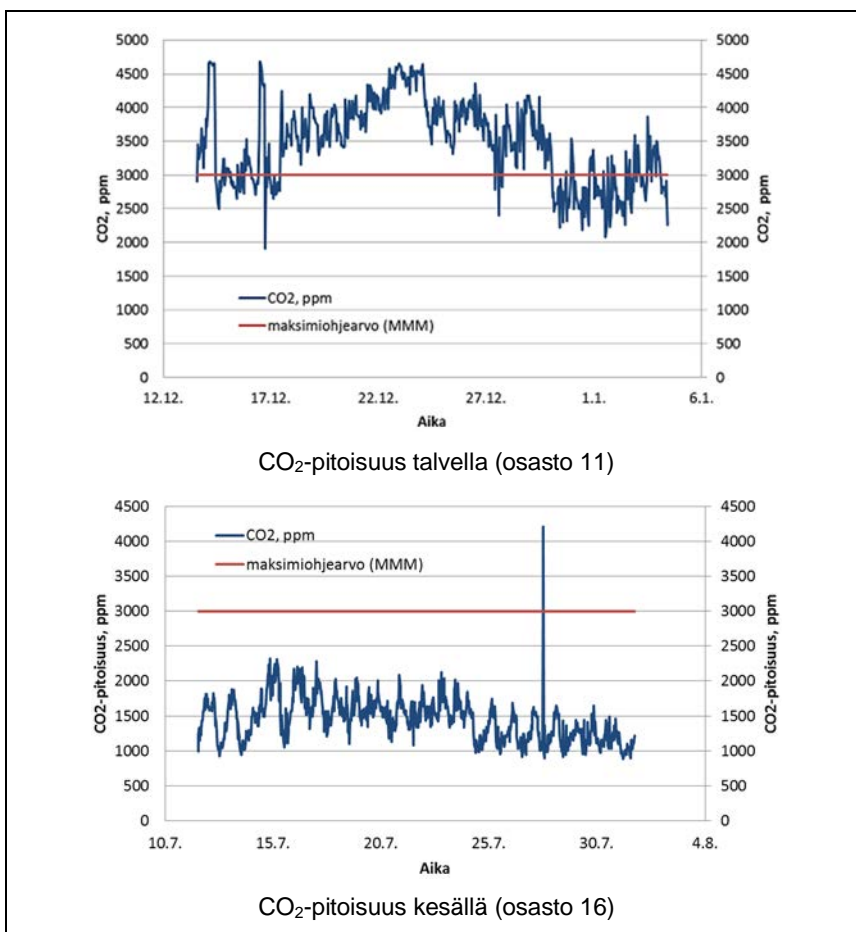
Varsinkin osastossa 17 mittausseurannan keskivaiheilla ilman suhteellinen kosteus ylitti optimiarvon selvästi. Vaikka suhteellinen kosteus osassa mittausjaksoa on korkea, ilman vesisisältöä kuvaava absoluuttinen kosteus on niin pieni, ettei siitä ole haittaa toiminnoille ja rakenteille. Suhteellinen kosteus oli kesällä optimialueella lähes koko mittausseurannan ajan. (Ks. kuva 18.)



Kuva 18. Suhteellinen kosteus mittausjaksojen aikana.

Hiilidioksidipitoisuus (CO₂)

Talvella CO₂-pitoisuus oli molemmissa osastoissa selvästi yli ohjearvon 3 000 ppm lähes koko mittausseurannan ajan, joten minimi-ilmanvaihdon ase-tusarvo on ollut liian pieni. Seurannan lopulla CO₂-pitoisuus laski alle ohjearvon. Tämä johtuu siitä, että ulkolämpötila lämpeni ja samalla ilmanvaihto on mennyt suuremmalle. CO₂-pitoisuus oli kesämittauksessa selvästi alle ohjearvon 3 000 ppm suuren ilmanvaihdon takia. (Ks. kuva 19.)



Kuva 19. CO₂-pitoisuus mittausjaksojen aikana.

Ammoniakki (NH₃) ja rikkivety (H₂S)

Mitatus osaston ammoniakki- ja rikkivetypitoisuudet ylittivät talvikaudella ohjearvon lähes koko seurannan ajan. Mittaukset tehtiin talvikaudella alhaisen ulkolämpötilan aikana, jolloin ilmanvaihto on ollut minimiasennolla tai lähellä sitä. Kesällä ammoniakkipitoisuus alitti ohjearvon lähes koko seurannan ajan suuren ilmanvaihdon takia. Rikkivetypitoisuutta ei mitattu kesällä.

Veto

Karsinoista mitattiin maksimiohjearvon ylittäviä ilman virtausnopeuksia. Tuloilma virtaa tuloilmaluukun jälkeen suurella virtausnopeudella kattopintaa pitkin karsinan

sivuseinälle, josta se valuu seinää pitkin karsinan lattialle ja aiheuttaa vetoa pääasiassa juuri lattiatasossa.

4.2.6 Toimenpide-ehdotukset

CO₂-pitoisuuksista päätellen ilmanvaihto on ollut talvella liian pieni molemmissa mitatuissa osastoissa. Tätä päätelmää tukevat myös osastosta 11 mitatut ohjearvon selvästi ylittävät ammoniakki- ja rikkivetypitoisuudet. Ilmanvaihtoa pitää siis suurentaa. Kummankaan osaston sisälämpötila ei kovimpien pakkastenkaan aikaan laskenut.

Vaikka ilmanvaihto oli pieni, mitattiin silti ohjearvon ylittäviä vetolukemia. Tuloilmaluukut suuntaavat tuloilman hyvin pienelle alueelle ja tuloilman virratessa katon pinnasta ja sivuseinältä alas lattialle se voi aiheuttaa eläimissä vedon tunnetta. Tuloilma olisi hyvä hajottaa laajemmalle alueelle. Kyseisillä tuloilmaluukuilla se on kuitenkin hankalaa.

Seurantajaksolla lämpötilan mittausanturi meni rikki osastossa 11, minkä seurauksena poistoilmapuhallin pysähtyi tai meni minimiasennolle. Tällöin sisäilman kaasupitoisuudet moninkertaistuivat. Tietokoneohjelmassa pitäisi olla toiminto, joka estää ilmanvaihdon pysähtymisen tai menemisen minimiasennolle tämänkaltaisissa häiriötilanteissa. Kyseisestä virhetoiminnosta voi olla vaaraa eläimille ja tiloissa työskenteleville.

Kesällä kaasupitoisuudet ovat olleet alle ohjearvojen suuren ilmanvaihdon takia. Sen sijaan lämpötila on ollut liian korkea. Sikalassa on jäähdytysjärjestelmänä sikasuihku, mutta sitä ei ole käytetty. Mitatut lämpötilat osoittavat, että järjestelmä kannattaisi ottaa käyttöön.

4.2.7 Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja tuloilmaluukkujen järjestelmästä

Tarkista, että

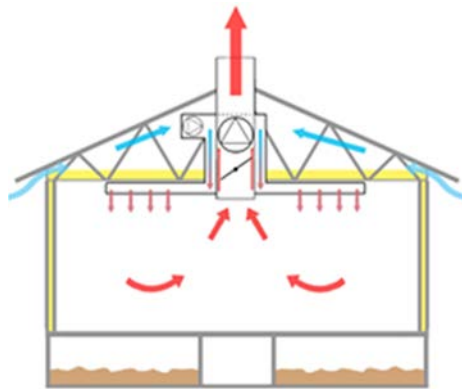
- säätöjärjestelmän näyttämä lämpötila vastaa osaston lämpötilaa
- kasvatusjakson mukaiset asetusarvot lämpötilalle ja minimi-ilmavirralle on asetettu järjestelmään ja asetukset muuttuvat kasvatusjakson päivän mukaisesti. Mikäli asetus ei muutu automaattisesti, varmistetaan, että muutokset tehdään manuaalisesti.
- lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa
- mahdolliset kesä- ja talviaikaiset asetukset ja järjestelmämuutokset on tehty
- osaston katto on alipaineinen suhteessa ulkoilmaan ja ilma virtaa oikeaan suuntaan
- ilmavirta säätty koko säätöalueen minimistä maksimiin

- tuloilma jakautuu eläinten oleskelualueelle mahdollisimman tasaisesti eikä aiheudu vetoa
- hälytys- ja varojärjestelmät toimivat; esimerkkinä anturien vikaantumisesta tai sähkökatkoksesta johtuva ilmanvaihdon pysähtyminen ja kuinka olosuhteet hallitaan tässä tilanteessa.

4.3 Koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto poistoilmasta

4.3.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto

Ilmanvaihdon toiminta perustuu poistoilmapuhaltimiin, jotka poistavat epäpuhtaan ilman tilasta. Tilalle virtaa tuloilmaluukkujen kautta tuloilmaa, joka on esilämmentynyt lämmöntalteenottolaitteessa. Huonetila on alipaineinen suhteessa ulkoilmaan. Ilmavirran määrää voidaan säätää poistoilmapuhaltimia ja tulo- ja poistoilmaventtiileitä ja -luukkuja säätämällä. Tuloilmaluukkujen avauksella voidaan jossain määrin ohjata ilmasuihkun suuntaa ja heittopituutta. Ilmanvaihtojärjestelmän periaate on esitetty kuvassa 20. Kuvassa on puhallin myös tulopuolella.



Kuva 20. Koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmön talteenotto, periaatekuva (Heimonen ym., 2009).

4.3.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus

Mittauskohteena on porsitussikala, jossa on yhteensä maksimissaan noin 1 700 emakkoa. Tarkasteltavaksi tilaksi valittiin joutilasosasto numero 12, missä on 420 emakkoa (tiineitä emakoita tai ensikoita). Emakoiden paino oli 200...350 kg, keskimäärin arviolta 275 kg. Lämpötilan alaraja eri osastoille on 17–17,5 °C ja säädön alue 3 °C.

4.3.3 Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla (LTO) varustettuna. Vesikaton läpi johdetuissa poistoilmakanavissa on poistoilmapuhaltimet, mittaussiivet ja hormikuristin. Poistoilmakanavan alapää on noin metrin kattopintaa alempana (kuva 22). Ulkoilma johdetaan sisään talvella katolla olevien ulkoilmasäleikköjen kautta ulkoilmakanavaan, mistä ilma johdetaan lämmöntalteenoton kautta tuloilmakanavaan ja edelleen osastoille (kuva 21). Osastoihin tuloilma johdetaan LTO:n jälkeen polystyreenistä tehtyä kanavaa (kuva 23) pitkin ja sen jälkeen polyeteenikalvosta tehtyjen muovikanavien (kuva 24) kautta eläinten oleskelualueelle. Kanavien halkaisija on yksi metri, ja niihin on puhkaistu tuloilma-aukot yläneljännekseen säännöllisin välimatkoin. Talvitiilanteessa kylmä ilma laskeutuu eläinten oleskeluvyöhykkeelle kattopintaa pitkin. Kesällä tuloilma virtaa muovikanavan alaosan läpi johdetuista 100 mm putkista, tavoitteena saada tuloilmasuihku suoraan alas eläimen eteen.



Kuva 21. Yleiskuva mitatusta osastosta.



Kuva 22. Poistoilmapuhallin etualalla. Seurantamittareita näkyy kiinnitettyinä teräskanokoon.



Kuva 23. Tuloilmakanava (polystyreeni) LTO:n jälkeen. Kuvassa näkyy myös lämpötila-anturi.



Kuva 24. Tuloilmakanavana toimiva putkimainen muovi. Alaosassa olevien pienten putkien kautta tuodaan ilma osastolle kesällä. Edessä osaston lämpötilamittari ja vieressä VTT:n lämpötilamittari.

Lämmityskaudella poistoilman lämpöä siirretään tuloilmaan lämmöntalteenoton avulla. Poistoilman lämmönsiirto tuloilmaan tapahtuu poistoilmakanavien seinämien kautta, kuva 25. Seinämät ovat rypyttettyä alumiinipeltiä. Lämmityskauden aikainen tuloilmareitti kulkee poistoilmakanavien vieritse, jolloin tuloilma lämpenee ennen polystyreenikanavaan siirtymistä.



Kuva 25. Poistopuhallin ja siihen liitetty lämmöntalteenottolaite. Vasemmalle avautuvaan kehykseen liitetään tuloilmakanava. Poistoilma virtaa puhaltimen putkeen alhaalta.

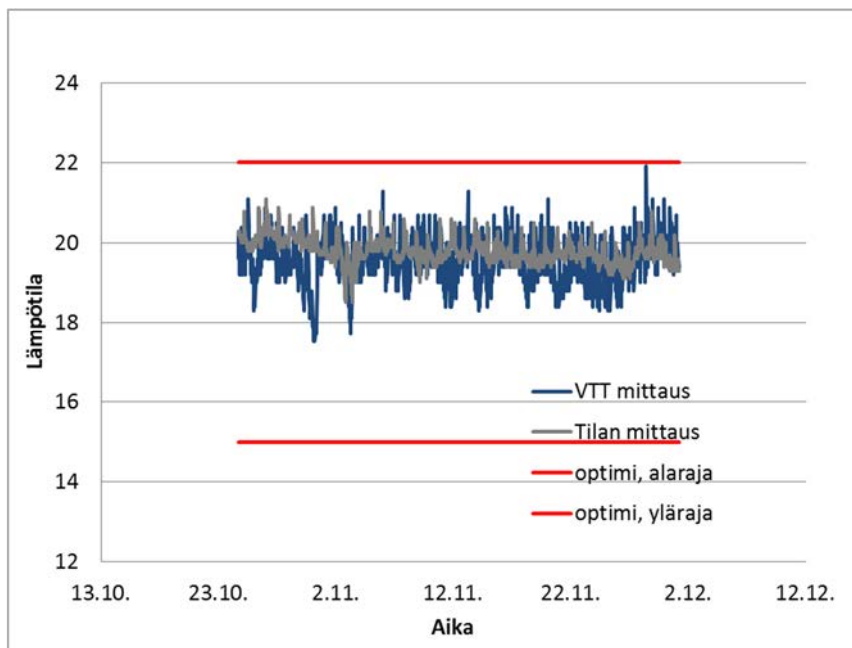
Ilmanvaihdon määrää säädetään Fancom-säätölaitteilla, jotka säättävät puhaltimien kierrosnopeutta muuttamalla moottorille menevän jännitteen taajuutta. Sääto tapahtuu sisälämpötilojen perusteella. Ilmanvaihdon maksimimitoitusarvo on 185 m³/h/eläin. Esimerkiksi joutilasosastolla on 420 emakkoa ja poistoilmanvaihto hoidetaan kuudella poistopuhaltimella, jolloin yhden puhaltimen poistoilmavirraksi saadaan 12 950 m³/h. Automaatio on toteutettu Fancomin F-Central-ohjelmalla.

4.3.4 Mittaustulokset

Valitussa osastossa mitattiin ilman lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, hiilidioksidipitoisuus (CO₂) sekä ammoniakkipitoisuus (NH₄). Lisäksi mitattiin paine-ero katon yli. Yksilöidyt mittaustulokset toimitettiin tilalle ja seuraavassa esitetään yhteenveto tuloksista.

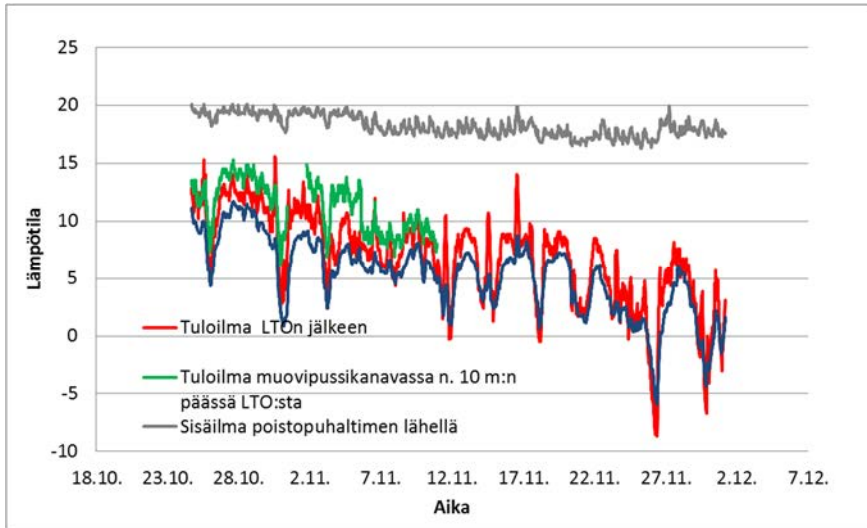
Lämpötila ja ilman lämpeneminen lämmöntalteenottolaitteessa

Osaston lämpötilat olivat ohjearvojen mukaisia. Osaston oman lämpötila-anturin tarkkuutta ja toimivuutta verrattiin asentamalla VTT:n mittari sen yhteyteen. Vertailussa mittareiden mittaamien lämpötilojen keskiarvot ovat hyvin lähellä toisiaan (kuva 26).

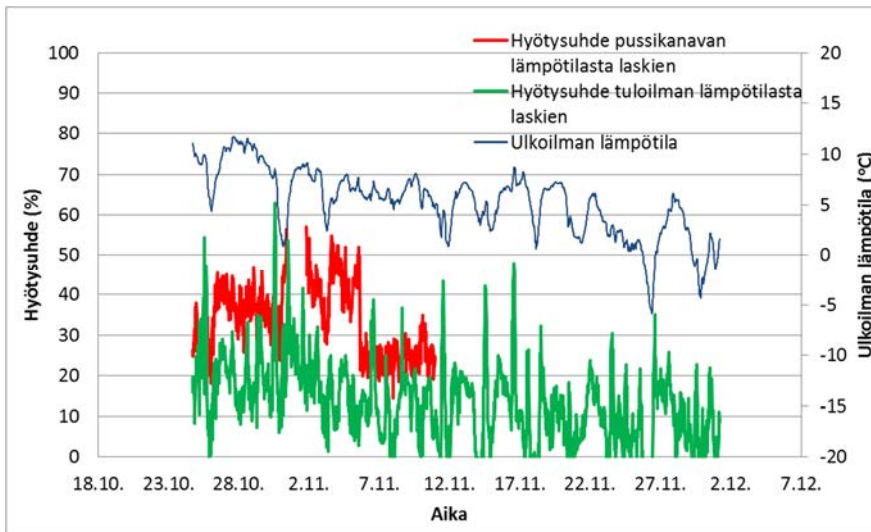


Kuva 26. Osaston oman ja VTT:n lämpötilamittauksen arvot seurantajaksolla.

Ilma lämpeni lämmöntalteenoton vaikutuksesta keskimäärin mittausjaksolla noin 23 % sisä- ja ulkolämpötilojen erosta ennen muovipussikanavaa ja 34 % ennen osastolle virtausta (kuvat 27 ja 28).



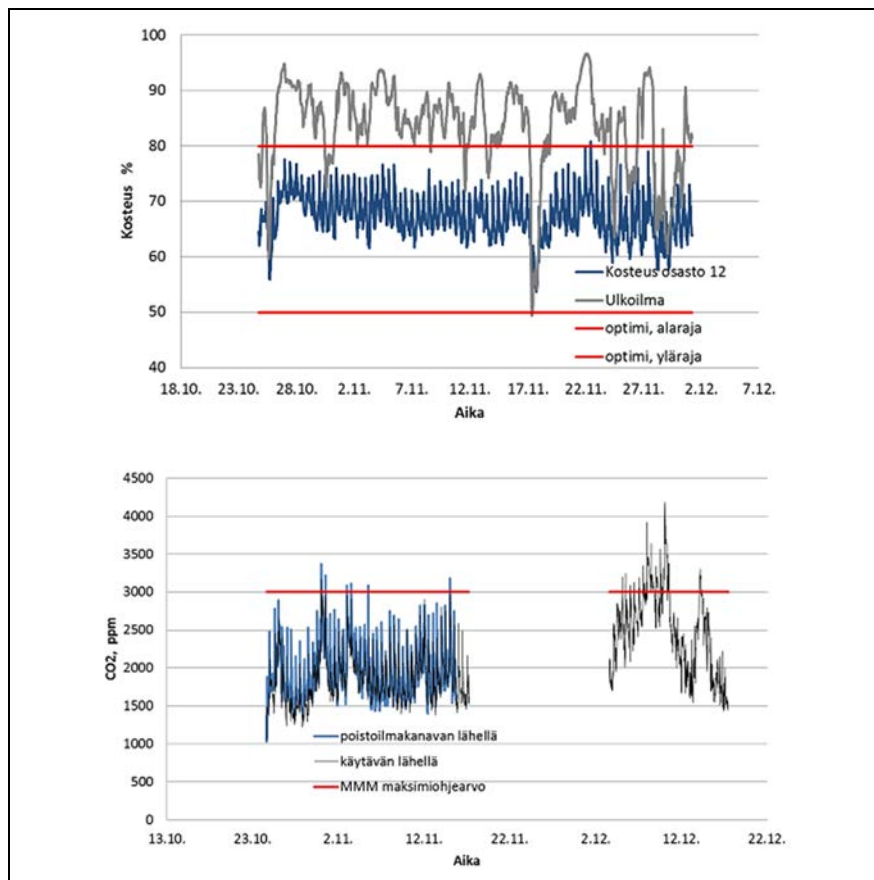
Kuva 27. Ilman lämpeneminen lämmöntalteenottolaitteessa ja muovikanavassa.



Kuva 28. Tuloilman lämpenemisen perusteella lasketut lämpötilahyötysuhteet.

Suhteellinen kosteus ja CO₂-pitoisuus

Ilman suhteellinen kosteus pysyi hyvin ohjearvon 50–80 % sisällä (kuva 29). CO₂-pitoisuuden keskiarvot olivat selvästi alle ohjearvon 3 000 ppm lähes koko mittausjakson (kuva 29). CO₂-pitoisuus kertoo osaltaan ilmanvaihdon riittävydestä mittausaikana. Ilmanvaihdon minimi on asetettu hyvin, sillä 3 000 ppm:n ylitykset olivat lyhytaikaisia.



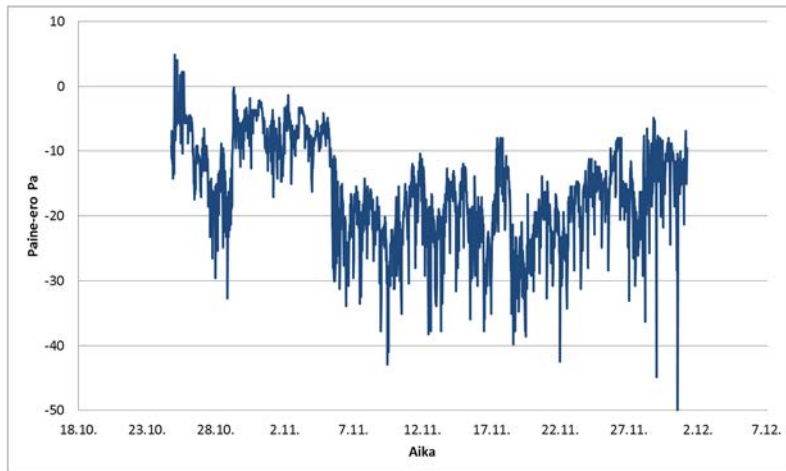
Kuva 29. Kosteus ja CO₂-pitoisuus osastolla.

Ammoniakkipitoisuus

Ammoniakkipitoisuuden mittaustuloksia saatiin vain ajalta 21.11.–30.11., koska pitoisuusmittari ei toiminut kuin osan seurantajaksoa. Tulosten mukaan ammoniakkipitoisuus oli pieni, mikä myös kertoo siitä, että ilmanvaihto on ollut riittävällä tasolla mittausten aikana.

Paine-ero

Osaston katto on ollut reilusti alipaineinen yläpohjaan nähden (kuva 30). Tällöin osa tuloilmasta tulee rakennevuotojen kautta. Suuri paine-ero kertoo suuresta poistoilmanvaihdosta tai siitä, että tuloilma-aukkoja voisi olla enemmän.



Kuva 30. Paine-ero yläpohjan ja osaston ilman välillä. Osastolla alipaine suhteessa yläpohjatilaan.

4.3.5 Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen poistoilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton järjestelmästä

Tarkista, että

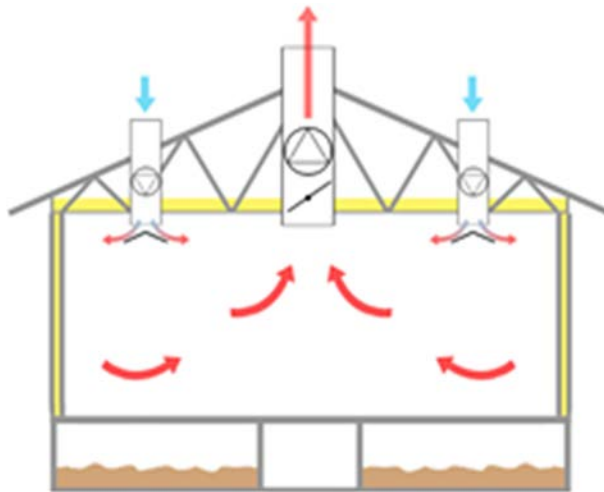
- säätöjärjestelmän näyttämä lämpötila vastaa osaston lämpötilaa
- kasvatusjakson mukaiset asetusarvot lämpötilalle ja minimi-ilmavirralle on asetettu järjestelmään ja asetukset muuttuvat kasvatusjakson päivän mukaisesti. Mikäli asetukset eivät muutu automaattisesti, varmistetaan, että muutokset tehdään manuaalisesti.
- lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa
- mahdolliset kesä- ja talviaikaiset asetukset ja järjestelmämuutokset on tehty
- osasto on alipaineinen suhteessa ulkoilmaan ja ilma virtaa oikeaan suuntaan
- ilmavirta säätyy koko säätöalueen minimistä maksimiin
- tuloilma jakautuu eläinten oleskelualueelle mahdollisimman tasaisesti eikä aiheudu vetoa

- ilma lämpenee lämmöntalteenottolaitteessa eikä lämpeneminen ole merkittävästi huonontunut käytön aikana; esimerkiksi erällä laitteella ilma lämpenee 20 % sisä- ja ulkolämpötilan erosta, eli jos ulkona on 0 °C ja sisällä 20 °C, ilma lämpenee lämmöntalteenottolaitteessa 4 °C
- lämmöntalteenoton mahdollinen kesäaikainen ohitus on otettu käyttöön tai ohitus on palautettu talviasentoon, riippuen katselmuksen ajankohdasta
- hälytys- ja varojärjestelmät toimivat; esimerkiksi anturien vikaantumisesta tai sähkökatkoksesta johtuva ilmanvaihdon pysähtyminen ja kuinka olosuhteet hallitaan tässä tilanteessa.

4.4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

4.4.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate – koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Ilmanvaihdon toiminta perustuu tulo- ja poistoilmapuhaltimiin, jotka tuovat puhdasta ilmaa osastoille ja poistavat epäpuhtaan ilman tilasta. Huonetila on yleensä hieman alipaineinen suhteessa ulkoilmaan. Ilmavirran määrää voidaan säätää tulo- ja poistoilmapuhaltimia ja tulo- ja poistoilmaventtiileitä ja -luukkuja säätämällä. Tuloilmaluukkujen avauksella voidaan jossain määrin ohjata ilmasuihkun suuntaa ja heittopituutta. Ilmanvaihtojärjestelmän periaate on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, periaatekuva (Heimonen ym., 2009).

4.4.2 Tarkastelukohteen yleiskuvaus

Kyseessä vuonna 2004 valmistunut lihasikala, jota on laajennettu vuonna 2010. Sikalassa on noin 2 400 sikaa, noin 240 sikaa osastoa kohti. Yleiskuva sikalan yhdestä osastosta on esitetty kuvassa 32.

Sikalán ilmanvaihdon toimivuutta ja olosuhteita arvioitiin haastatteleamalla sikalan työntekijää ja tekemällä sisäilmamittauksia. Mittauksia tehtiin kertaluonteisesti sekä muutaman viikon seurantana.

Sikalassa oli meneillään peruspuhdistus, joten se ei mittaushetkellä ollut täynnä eläimiä.



Kuva 32. Osasto lihasikalassa.

4.4.3 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilma johdetaan lihasikalaa yläpohjan puolelta, ja se tulee osastoihin katossa olevan tuloilmapuhaltimen kautta. Tuloilman joukkoon sekoitetaan osaston sekundääri-ilmaa varsinaisen tulopuhaltimen alapuolella olevan sekoituspuhaltimen avulla (kuva 33).



Kuva 33. Tuloilmahajottaja sekoitusosineen.

Katossa on yksi poistoilmapuhallin osastoa kohti (kuva 34). Osaston keskiosan lähellä noin 1,5 m:n korkeudella on ilman lämpötilan mittausanturi.



Kuva 34. Poistoilmahormi. Ilmanvaihto minimiasennolla.

Ilmanvaihto määräytyy lämpötilan mukaan ja ilmanvaihtoa säädetään osastokohtaisilla päätelaitteilla (Pellon Atmos), kuva 35. Säädön peruseriaatteena on säätää ilmavirtaa: lämpötilan noustessa kasvatetaan ilmavirtaa. Ilmavirtaa muutetaan puhaltimia säätämällä ja tulo- ja poistoventtiilin läppiä ohjaamalla.



Kuva 35. Pellon Atmos -osastokohtainen säätölaite.

Laitteiden asentaja ja myyjä ovat tehneet laitteiston perusasetukset, ja tilalla on tehty muutoksia asetuksiin. Laitteet sijaitsevat lähellä osaston ovea, joten muutokset asetuksiin ovat helposti tehtävissä osastolla käydessä. Säättökäyrät ovat myös asetettavissa kasvatuspäivän mukaan.

Tilojen lämmitys hoidetaan vesikiertoisilla twin-pattereilla (kuva 36), jotka sijaitsevat joka osastolla lähellä kattoa.



Kuva 36. Lämmityspatterit (nk. twin-patterit) osaston yläpuolella.

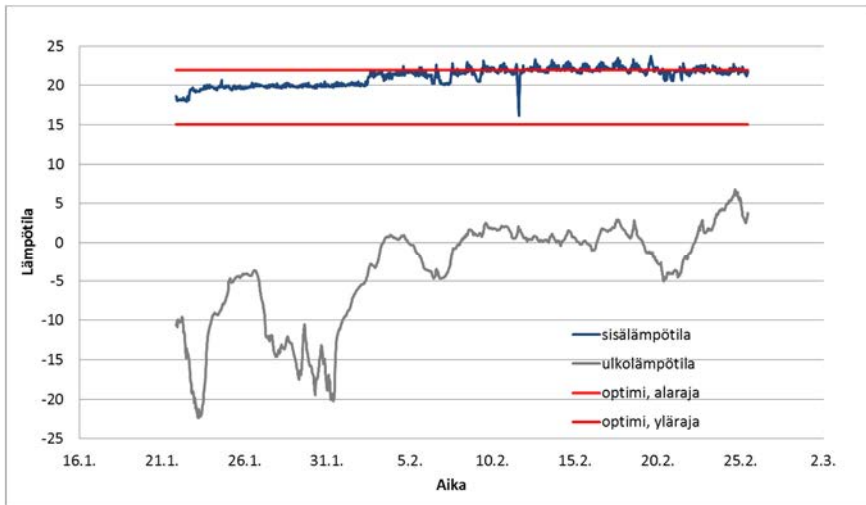
4.4.4 Mittaustulokset

Talvitilanteessa mitattiin kahden valitun osaston (osastot 15 ja 18) lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus (CO_2). Lisäksi mitattiin paine-ero ulkoilman ja osaston välillä sekä ammoniakki (NH_4)- ja rikkivetypitoisuudet (H_2S). Yksilöidyt mittaustulokset toimitettiin tilalle ja seuraavassa esitetään yhteenveto tuloksista.

Lämpötila

Molemmissa mitatuissa osastoissa tuloilman lämpötila oli tasainen ja optimirajojen sisällä lähes koko mittauksen ajan, mittausjakson lopulla ikkunaseinän vierustalla lämpötila nousi osin yli optimialueen (kuva 37).

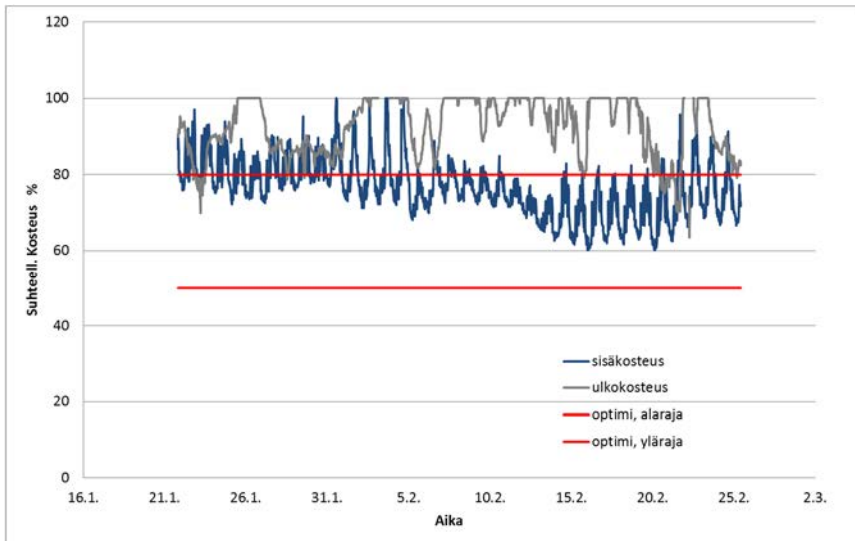
Osaston 15 lämpötila-anturi näytti kertamittauksissa suunnilleen samaa lukemaa kuin VTT:n lämpötila-anturi. Sen sijaan osaston 18 anturi näytti noin $1\text{ }^\circ\text{C}$ suurempaa lukemaa kuin VTT:n anturi.



Kuva 37. Lämpötilat mittausjaksojen aikana (osasto 18).

Suhteellinen kosteus

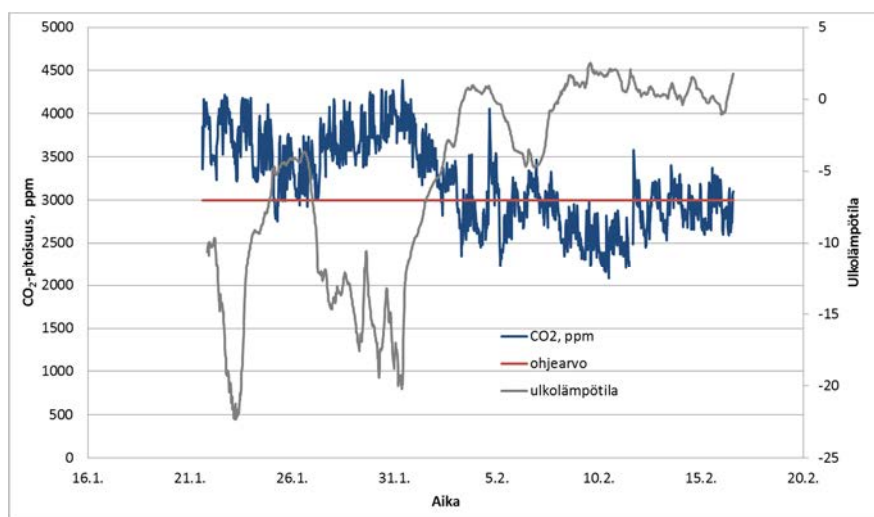
Mittausjakson alku- ja loppupuolella ilman suhteellinen kosteus ylitti optimiarvon osastossa 15 (kuva 38). Vaikka suhteellinen kosteus osassa mittausjaksoa on korkea, ilman vesisisältöä kuvaava absoluuttinen kosteus on talvikautena niin pieni, ettei siitä ole haittaa toiminnoille ja rakenteille.



Kuva 38. Suhteellinen kosteus mittausjaksojen aikana (osasto 15).

Hiilidioksidipitoisuus (CO₂)

CO₂-pitoisuus oli molemmissa osastoissa selvästi yli ohjearvon 3 000 ppm lähes koko talviseurantajakson ajan (kuva 39). Tällöin ilmanvaihto on ollut liian pieni. Seurannan puolivälin jälkeen CO₂-pitoisuus laski alle ohjearvon. Tämä johtuu siitä, että ulkolämpötila lämpeni ja samalla ilmanvaihto on mennyt suuremmalle. Kuvassa esitetty ilmiö on varsin tyypillinen, jos ilmanvaihdon minimi on asetettu liian pieneksi. Luvussa 6.8 on esitetty menettelytapa, kuinka ilmanvaihdon minimiarvoa tulisi muuttaa pitoisuusmittauksen perusteella.



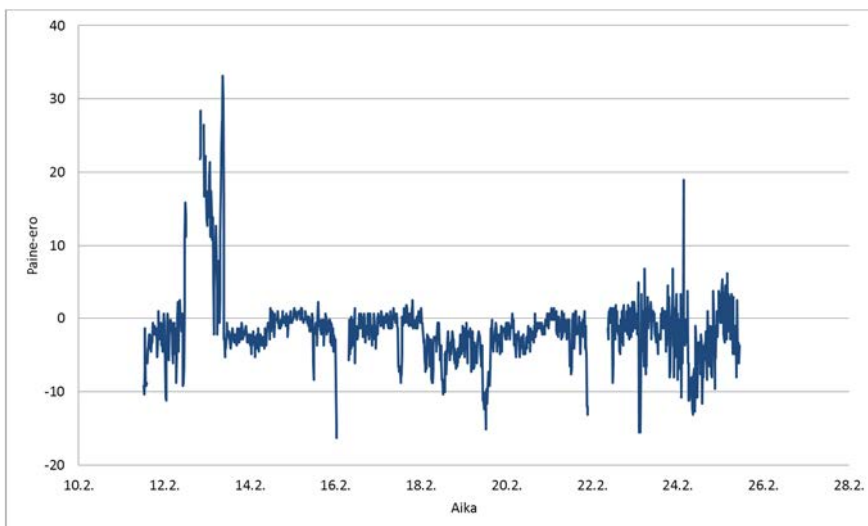
Kuva 39. Hiilidioksidipitoisuus CO₂ ja ulkolämpötila mittausjaksojen aikana (osasto 15).

Ammoniikki (NH₃) ja rikkivety (H₂S) -pitoisuus

Osaston 18 ammoniakkipitoisuus alitti ohjearvon koko mittausseurannan ajan. Rikkivetypitoisuus ylitti ohjearvon 6.2 alkaen mittausjakson alkupuolella. Mittausjakson lopulla pitoisuus pieneni ohjearvon tasolle.

Paine-ero (ulkoilma-sisäilma)

Sisäilma on ollut hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden lähes koko seurannan ajan eli ilmanvaihto on säädetty oikein niin, että poistoilmanvaihto on tuloilmanvaihtoa jonkin verran suurempi (kuva 40). Alipaineen takia sisäilman kosteus ei pääse tiivistymään sikalan rakenteisiin.



Kuva 40. Osaston paine-ero huoneilmaan verrattuna mittausjaksojen aikana (osasto 18).

4.4.5 Toimenpide-ehdotukset

Mittaustuloksista havaitaan, että ilmanvaihto on ollut suuresta CO₂-pitoisuudesta päätellen liian pieni molemmissa mitatuissa osastoissa talvella kovimpien pakkasten aikaan. Ilmanvaihdon minimi-ilmavirtaa tulisi suurentaa pakkasjaksolla jonkin verran. Luvussa 6.8 esitetään menettelytapa, kuinka mitattujen pitoisuuksien perusteella kasvatetaan minimi-ilmavirran asetusta. Vaikka kylmimmältä pakkasjaksolta ei tehty ammoniakki- ja rikkivetymittauksia, ovat nekin pitoisuudet todennäköisesti olleet korkeita siihen aikaan.

Koska sikalassa käytetty ilmanvaihdon ohjausjärjestelmä mahdollistaa säätökäyrien asettamisen muuttuvaksi kasvatusjakson mukaan, suositellaan automaati- on hyödyntämistä.

4.4.6 Yhteenveto – mitä tulisi tarkistaa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon järjestelmästä

Tarkista, että

- säätöjärjestelmän näyttämä lämpötila vastaa osaston lämpötilaa
- kasvatusjakson mukaiset asetuservot lämpötilalle ja minimi-ilmavirralle on asetettu järjestelmään ja asetukset muuttuvat kasvatusjakson päivän mukaisesti. Mikäli asetukset ei muutu automaattisesti, varmistetaan, että muutokset tehdään manuaalisesti.

- lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa
- mahdolliset kesä- ja talviaikaiset asetukset ja järjestelmämuutokset on tehty
- osasto on hieman alipaineinen suhteessa ulkoilmaan ja ilma virtaa oikeaan suuntaan. Koneellisen tulo-poistojärjestelmän aikaansaama paine-ero osaston ja ulkoilman välillä on yleensä hyvin pieni.
- ilmavirta säätyy koko säätöalueen minimistä maksimiin
- tulo- ja poistiventtiilien säätö toimii
- tuloilma jakautuu eläinten oleskelualueelle mahdollisimman tasaisesti eikä aiheudu vetoa
- hälytys- ja varojärjestelmät toimivat; esimerkiksi anturien vikaantumisesta tai sähkökatkoksesta johtuva ilmanvaihdon pysähtyminen ja kuinka olosuhteet hallitaan tässä tilanteessa.

5. Sikalan ilmanvaihdon kehitystarpeita

Tässä luvussa kuvataan tyypillisiä kohdekäynneillä havaittuja ilmanvaihdon ja olosuhteiden kehitystarpeita ja esitetään ratkaisumalleja toimivuuden parantamiseksi.

5.1 Säättöjärjestelmän vaatimat mittaukset ja anturin paikan valinta

Sikalan osastolla on tyypillisesti 1–2 lämpötila-anturia, joiden perusteella säädetään lämmitystä ja ilmanvaihtoa. Ongelmallista anturin sijoittelussa on, ettei sitä voida sijoittaa sikojen oleskelualueelle, koska se rikkoutuisi. Lämpötila-anturin tulisi sijaita sellaisessa paikassa, että se edustaa mahdollisimman hyvin keskimääräisiä olosuhteita karsinoissa. Kokemukset kohteista osoittavat, että osaston eri päissä voi olla 2–3 °C lämpötilaeroja. Esimerkiksi jos talvella oleskeluvyöhykkeellä on kylmempää kuin mittausanturi osoittaa, on tämä huomioitava joko korjaamalla mitattua arvoa ilmanvaihdon ja lämmityksen säätöohjelmassa tai muuttamalla asetusarvoa siten, että halutut olosuhteet toteutuvat karsinoissa.

Osaston ilmapvirtausten kulku voi muuttua merkittävästi sen mukaan, onko kyseessä lämmitys- vai jäähdytyskausi. Talvella venttiileistä tai luukuista virtaava kylmä ilma putoaa helposti alas karsinaan, kun kesällä lämmin ilma jää ylös kattoon. Ilmapvirtauskenttä ja ilman sekoittuminen ovat eri tilanteissa hyvin erilaisia.

5.2 Säädön asetusarvojen muuttaminen kasvatusjakson aikana

Sikojen ilmanvaihdon tarve ja tarvittava lämpötila muuttuvat eläimen painon noustessa. Painon kasvaessa eläimen lämmön, kosteuden ja hiilidioksidin tuotto kasvavat. Näiden tuottojen poistamiseksi huonetilasta tarvitaan suurempaa ilmapvirtaa. Ilmanvaihtojärjestelmän minimi-ilmapvirta tulee koko ajan pitää sillä tasolla, että hiilidioksidipitoisuus ei nouse haitallisen korkeaksi. Mikäli minimi-ilmapvirtaa ei kasvateta painon noustessa, CO₂ -pitoisuus kasvaa. Maksimi-ilmapvirta määräytyy jäähdytysstarpeen perusteella. Myös maksimi-ilmapvirta kasvaa eläimen painon kasvaessa. Mikäli eläimen paino muuttuu, näitä ilmanvaihdon minimi- ja maksimi-arvoja tulee muuttaa säättöjärjestelmässä tai olosuhteita ei pystytä hallitsemaan ilmanvaihdolla.

Samoin ilman lämpötilan tavoitearvo muuttuu eläimen kasvatussuunnan ja painon mukaan. Liitteen 1 taulukossa on esitetty ohjearvoja minimi- ja maksimi-ilmavirroille ja lämpötiloille. Taulukossa on sisäilmaston tavoitearvot, jotka on esitetty MMM:n tuetun rakentamisen rakentamismääräyksissä ja suosituksissa RMO C2.2.

Osaston minimi- ja maksimi-ilmavirran asettamiseksi on tiedettävä eläinten määrä ja kasvatuspäivä (tai paino) ja näistä laskettu kokonaisilmavirran tarve. Ilmavirta on pystyttävä asettamaan säätö- ja automaatio-ohjelman tai ohjauslaitteen vaatimassa muodossa. Tämä voi olla suoraan ilmavirta tai prosenttiosuus mitoitussilmavirrasta. Kasvatuskäyrä voi olla ohjelmassa esitettynä paloittain lineaarisena käyränä, jolloin tietyille päiville annetaan lukuarvot ja muiden päivien arvot ohjelma laskee.

Sian tarvitsema ilmanvaihto riippuu painon lisäksi mm. kasvunopeudesta. Todellista minimi-ilmanvaihdon tarvetta ei voi kovin tarkasti päätellä ohjearvotaulukoiden tai teoreettisten kaavojen perusteella. Siksi olisi hyödyllistä ajoittain tarkistaa, että haitallisten aineiden pitoisuudet osastossa eivät ole haitallisen korkeita eivätkä toisaalta tarpeettoman pieniä. Tarpeettoman pienet pitoisuudet johtavat talvikaudella suureen lämmitysenergian kulutukseen kuten luvussa 6.3 osoitetaan. Hiilidioksidipitoisuus on usein hyvä indikaattori ilmanvaihdon riittävyydelle. Nykyisin on saatavissa kohtuuhintaisia hiilidioksidipitoisuuden mittareita, joiden hankinta voi maksaa itsensä takaisin nopeasti, kun oikea minimi-ilmanvaihdon taso pystytään asettelemaan entistä paremmin.

5.3 Automaatiikan hyödyntäminen

Lämpötilan ja ilmavirran tavoitearvojen asettaminen kasvatusjakson etenemisen mukaan helpottaa työtä, kun ei tarvitse päivittäin asetella säätöjä kohdalleen. Jos automaation avulla voidaan tallentaa olosuhdetiedot ja kasvutulokset, voidaan mahdollisesti päätellä, kuinka olosuhteita tulisi parantaa. Samoin voidaan arvioida, onko olosuhteilla ollut merkitystä eläinterveyteen tai sairastavuuteen.

Automaation hyödyntäminen edellyttää oikeiden asetusten laittamista säätöjärjestelmään. Tämä vie ensimmäisten kasvatusjaksojen aikana aikaa, mutta menetetty aika saadaan takaisin myöhemmin, kun automaatio hoitaa järjestelmän säätöä. Kun oikeat säädöt on haettu, niitä voidaan käyttää uusien kasvatusjaksojen aikana.

Automaatiikan täysimääräinen hyödyntäminen vaatii järjestelmän ominaisuuksien tuntemista ja ominaisuuksien käyttöönottoa. Jokaisella osastolla voi olla samanlainen säätökäyrän periaate, mutta asetukset riippuvat kasvatusjakson vaiheesta.

Toisinaan järjestelmän asennus- ja käyttöönottoaiheessa vastuu säätökäyrien käyttöönotosta on jätetty isännän tehtäväksi. Ilmanvaihdon automaatiikan toimittaja on opastanut, kuinka käyrät asetetaan ja otetaan käyttöön, ja olettaa, että isäntä hoitaa jatkotyön. Jatkotyö ei välttämättä kuitenkaan toteudu esimerkiksi ajan puutteen vuoksi. Jos käyttöönottoaiheessa työ jätetään kesken, automaation täysimääräiset hyödyt jäävät saavuttamatta.

5.4 Jäähdytyskaudesta lämmityskauteen siirtyminen

Usein on tarpeen tehdä ilmanvaihtojärjestelmään muutoksia siirryttäessä jäähdytyskaudesta lämmityskauteen ja päinvastoin. Muutokset on pystyttävä ajoittamaan oikeaan aikaan ja tekemään hallitusti, jotta olosuhteet eivät muutu liikaa lyhyessä ajassa. Tällaisia toimenpiteitä havaittiin mm. seuraavia:

1. Siirryttäessä lämmityskaudesta jäähdytyskauteen tuloilmakaton virtausreitit avattiin, jotta suuremmat ilmavirrat olivat mahdollisia kesäkaudella. Vastaavasti siirryttäessä jäähdytyskaudesta lämmityskauteen nämä virtausreitit suljettiin. Toimenpiteen optimaalinen ajankohta riippuu sääolosuhteista.
2. Lämmitysjärjestelmän käyttöönotto kesäkauden jälkeen ja lämmityksen lopettaminen lämmityskauden loputtua. Tämä voidaan tehdä myös vaiheittain siten, että eri lämmitystavat (esimerkiksi lattialämmitys ja patterilämmitys) otetaan käyttöön eri ajankohtina.
3. Tuloilman lämmön talteenoton ohittaminen jäähdytyskaudella.
4. Ilmanjaon muuttaminen eri kausilla; esimerkiksi luvun 4.3 järjestelmässä ilman ottaminen ilmanvaihtokanavan (pussin) ylä- tai alaosasta eri kausina.

5.5 Talven ääriolosuhteiden hallinta – lämmön riittävyys, veto, laitteiden jäätyminen ja sulattaminen

Talvin ääriolosuhteissa voi tulla eteen tilanne, että lämmitys ei riitä pitämään lämpötilaa riittävän korkeana. Tällöin voidaan turvautua lisälämmönlähteisiin (siirrettävät sähkö- tai kaasulämmittimet yms.) tai tinkiä olosuhteista lyhyen aikaa. Jos olosuhteista tingitään, vaihtoehtoina on pitää ilmavirran minimi ennallaan ja antaa lämpötilan laskea tai pienentää ilmavirtaa ja pitää lämpötila ennallaan. On mietittävä tapauskohtaisesti, mikä on paras ratkaisu kussakin kohteessa.

Veto on ilman lämpötilan ja ilman virtausnopeuden yhteisvaikutus. Myös pintojen lämpötilat sekä ilmavirtauksen vaihtelu vaikuttavat vedon tunteeseen. Veto esiintyy yleensä kylminä kausina, ja sen estämiseksi tai haittojen pienentämiseksi voidaan joko lisätä lämmitystä tai pyrkiä pienentämään oleskeluvyöhykkeen ilmavirtausnopeuksia. Luvuissa 4.1 ja 4.2 on esitetty kahden kohteen vetomittausten tuloksia.

Ilmanvaihtolaitteissa voi toisinaan esiintyä vesihöyryn tiivistymistä (kondenssia) kylmillä pinnoilla. Osaston kosteuden noustessa ilmiön määrä lisääntyy. Jos kondenssia esiintyy haitallisessa määrin, on syytä tarkistaa, että ilmanvaihdon määrä on riittävän suuri. Ilmanvaihdon yksi tehtävä on viedä kosteutta pois tilasta. Jos kondenssia kuitenkin esiintyy, vaikka ilmanvaihto on riittävän suurta, on varmistettava, että tiivistyvä kosteus ei aiheuta haittaa (vesilätäköt, likaantuminen) ja se johdetaan pois tai kuivuu itsestään. Jos kosteus jäätyy laitteisiin, on tarvittaessa järjestettävä jään poisto tai sulatus.

5.6 Kesän ääriolosuhteiden hallinta – yllä lämpeneminen

Suomalaisissa sikaloissa ei ole yleensä koneellista jäähdytystä vaan tiloja jäähdytetään sisäilmaa viileämmällä ulkoilmalla. Kesällä voi esiintyä joitakin lyhyitä jaksoja, jolloin ulkoilmalla ei voida jäähdyttää, koska ulkoilma on lämpimämpää kuin huoneilma (esimerkiksi kuvan 17 jakson keskivaiheilla). Sääto- ja ohjausjärjestelmät on yleensä suunniteltu siten, että kun tilassa halutaan lisää jäähdytystä, kasvatetaan ilmavirtaa. Ääriolosuhteissa, kun ulkoilma on lämpimämpää kuin huoneilma, tällä toimenpiteellä on kuitenkin haitallinen vaikutus lämpötilaan eli ilmavirta lämmittelee tilaa. Lisääntyneellä ilmavirralla voi kuitenkin olla sikojen lämpötilan nousuun hyödyllinen vaikutus.

Ratkaisumalleja yllä kuvatun haitan pienentämiseksi/estämiseksi:

1. Sikojen lämmönluovutukseen vaikuttaminen; ruokinnan siirtäminen toiseen ajankohtaan. Kun yöllä on viileämpää, siirretään osa aktiviteetista yön ajalle. Laskentaesimerkki vaikutuksista on esitetty luvussa 6.7.
2. Muihin lämpökuormiin vaikuttaminen; pyritään pienentämään esimerkiksi valaistuksen lämpökuormaa.
3. Aktiivinen jäähdytys nk. sikasuihuilla. Huoneilmaan sumutetaan vettä, mikä viilentää huoneilmaa. Laskentaesimerkki vaikutuksista on esitetty luvussa 6.6.

5.7 Ilmanvaihdon dokumenttien hallinta

Ilmanvaihtojärjestelmän teknisen katselmoinnin yhteydessä ensimmäisiä tehtäviä on hankkia olemassa olevat ilmanvaihtoon liittyvät dokumentit. Näitä ovat mm. suunnitteluasiakirjat (lupakuvat, työskuvat yms.), käyttöohjeet (manuaalit ja laitteiden pikaohjeet), olosuhteiden seurannan dokumentit (esim. päiväkirja) sekä huoltohistoriaa ja tulevaa huollon tarvetta kuvaavat dokumentit (esim. huoltokirja). Näiden dokumenttien perusteella selvitetään, kuinka ilmanvaihdon tulisi toimia. Laitteita ei aina ole helppoa käyttää, ellei käyttöohjetta ole saatavilla. Käyttöohjeet tulisi olla kaikkien ilmanvaihdon päätelaitteita käyttävien henkilöiden saatavilla. Hyvä tapa tuoda käyttöohjeet lähelle käyttäjiä on laminoida pikaohjeet päätelaitteen läheisyyteen.

5.8 Mittaukset käytännössä

Mittausten teknisen suorituksen kannalta sikalarakennukset ovat haastavia. Mittalaitteisiin kohdistuu suuria epäpuhtauskuormia, eikä laitteita välttämättä enää voida mittausten jälkeen käyttää muun tyyppisissä kohteissa. Mittausantureiden likaantumisesta saatiin kokemuksia lähes kaikissa kohteissa. Painemittaussondi likaantui ilmeisesti mineraalivillapölystä. Muutama lämpötilamittaus lakkasi toimimasta anturille kondensoituneen kosteuden vuoksi. Ilmavirrat ovat sikalarakennuksissa niin suuria, että tarkat ilmavirran mittausmenetelmät ovat epäkäytännöllisiä. Päätelaitteissa olisi hyvä olla mittaussuhteet paine-eron mittaamiseen ja valmistajalta tieto ilmavirrasta paine-eron funktiona.

6. Asetusarvojen muutosten vaikutus olosuhteisiin ja energiankulutukseen

Tässä luvussa esitetään säätötoimenpiteiden ja asetuservojen muutosten vaikutuksia olosuhteisiin ja järjestelmän energiankulutukseen. Vaikutuksia on arvioitu laskentamallilla, joka on viritetty luvun 4 kohdemittausten perusteella.

6.1 Laskentasikala ja laskentamenettely

Laskelmilla selvitetään ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaustapojen vaikutusta lihasikaosaston lämmön ja sähkön kulutukseen sekä osaston lämpötilaan, kosteuteen ja epäpuhtauspitoisuuksiin. Esitetyt tulokset koskevat osastoa, jonka pinta-ala on 264 m² ja huonekorkeus 3 m. Lämmöneristeenä on seinissä 140 mm mineraalivillaa ja katossa 300 mm selluvillaa.

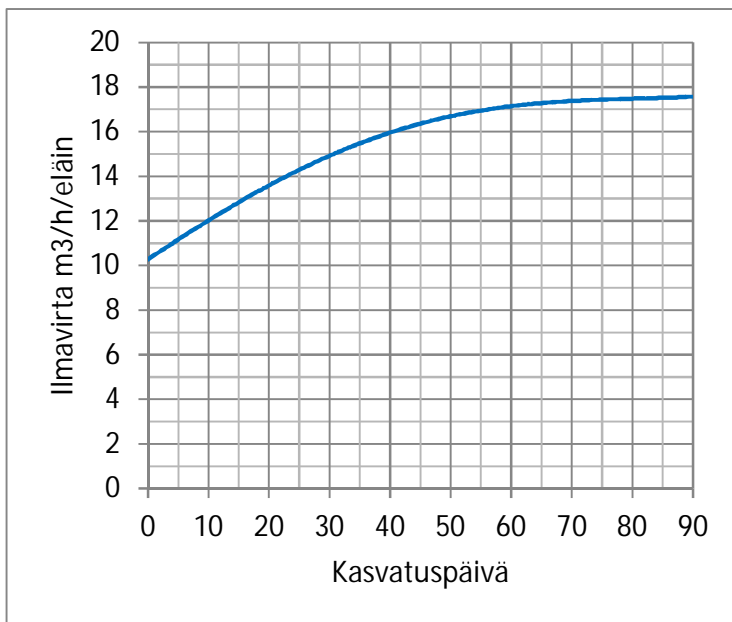
Lihaskojen määrä on 220 ja oletetaan, että ne kasvavat 90 vuorokaudessa lähtöpainosta 35 kg loppupainoon 116 kg tasaisesti 0,9 kg päivässä. Kasvatuksen aloituspäivämäärä on 22.12. ja kasvatusjaksot toistuvat vuoden ajan samanpituisina. Kasvatusjaksojen väliin jää 24 tai 23 vuorokautta. Vuoteen mahtuu tällöin 3,5 kasvatusjaksoa.

Laskenta tapahtuu tunti tunnilta käyttäen säätietoina Helsinki-Vantaan säätiedostoa, jota käytetään Suomen rakentamismääräysten mukaiseen rakennusten energiankulutuksen laskentaan Etelä-Suomessa. Energiankulutuksen laskelmia tehdään myös Keski-Suomen säätiedoilla. Tulokset perustuvat lämmön, kosteuden ja hiilidioksidin taseisiin, joissa otetaan huomioon myös edellisenä tuntina vallinnut lämpötila, kosteus ja pitoisuus. Laskentaohjelmisto on kehitetty alun perin lypsykarjarakennuksille (Heimonen ym., 2012), mutta siihen on tehty siiankasvatusta kuvaavat muutokset. Lämmön, kosteuden ja hiilidioksidin tuotot eläimistä on otettu CIGR:n suosituksista (Pedersen & Sällvik, 2002).

Sisälämpötilan asetuservo on kasvatuksen alussa 24 astetta, ja se laskee loppua kohti tasaisesti arvoon 19 astetta. Lämmitys alkaa, kun sisälämpötila on 2 astetta asetuservoa alempana. Lämpötilan noustessa ilmanvaihto alkaa lisääntyä, kun sisälämpötila on astetta asetuservoa korkeampi. Ilmanvaihto lisääntyy maksimiarvoonsa, kun lämpötila nousee vielä tästä 5 astetta, eli ns. kaistanleveys on 5 astetta.

Osastossa on kaksi 630 mm puhallinta, joiden maksimi-ilmavirta on yhteensä 24 200 m³ tunnissa. Maksimi-ilmanvaihto vastaa ilmavirtaa 110 m³/h eläintä kohti.

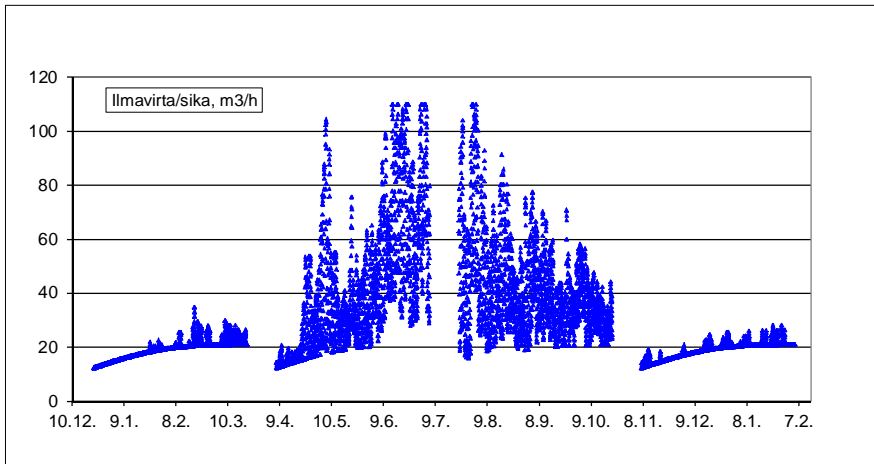
Kuvassa 41 on esitetty teoreettinen minimi-ilmanvaihto eläintä kohti kasvatuspäivän mukaan, kun tavoitellaan 3 000 ppm hiilidioksidipitoisuutta ja eläinten aktiviteetti on koko vuorokauden samanlainen. Todellisuudessa aktiviteetti lisääntyy esimerkiksi ruokinnan yhteydessä. Jatkossa esitettävissä, tunti tunnilta lasketuissa tuloksissa aktiviteetti on oletettu 20 % keskimääräistä korkeammaksi klo 14 ja vastaavasti 20 % keskimääräistä matalammaksi kello 2 yöllä ja sinikäyrän muotoiseksi.



Kuva 41. Minimi-ilmanvaihto lihasikaa kohti eri kasvatuspäivinä, kun tavoitteena on 3 000 ppm hiilidioksidipitoisuus. Kasvatus painosta 35 kg painoon 116 kg 90 päivässä. Eläinten aktiviteetin vaihtelua vuorokauden aikana ei ole tässä otettu huomioon. Hiilidioksidituotto on laskettu CIGR:n kaavoista (Pedersen & Sällvik, 2002), jotka johtavat suurempiin ilmavirtoihin kuin aikaisemmat, vuoden 1984 CIGR-kaavat.

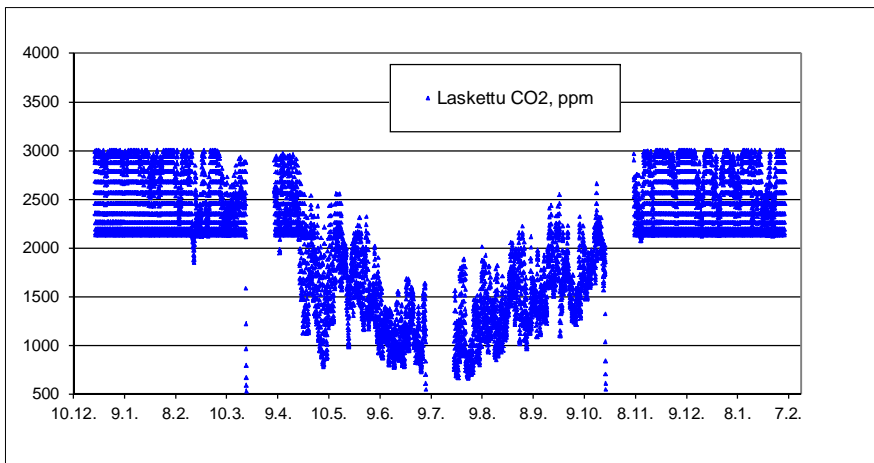
6.2 Laskentatulokset tunti tunnilta

Kuvassa 42 on esitetty ilmavirta eläintä kohti tunneittain neljän kasvatuserän eli runsaan vuoden aikana. Talvella ilmavirta on yleensä minimissään ja vain ajoittain tarvitaan ilmavirran lisäystä sisälämpötilan alentamiseksi, yleisimmin kasvatuserän lopulla. Kesällä ilmanvaihto on lähes aina minimiä suurempi ja ajoittain maksimissaan. Maksimi-ilmavirtaa ei ole rajoitettu näissä laskelmissa jakson alkuosassa, joten elokuun alussa alkavalla jaksolla ilmavirta on heti aluksi maksimissa helteen takia.



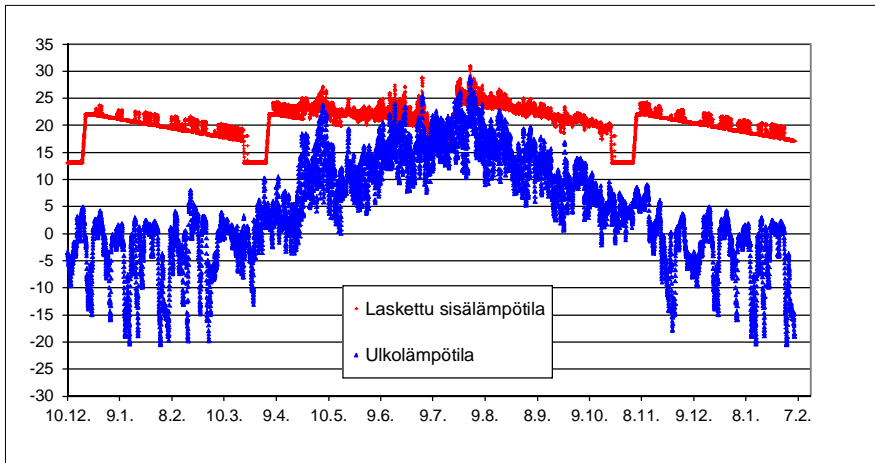
Kuva 42. Ilmavirta (m^3/h) eläintä kohti tunneittain neljän kasvatuserän aikana. Hiilidioksidipitoisuuden maksimitavoitteena on 3 000 ppm.

Kuvasta 43 näkyy, että hiilidioksidipitoisuus on matala keväästä syksyyn, jolloin ilmavirta on minimiä suurempi sisälämpötilan alentamiseksi. Talvella pitoisuudessa näkyy vuorokautista vaihtelua. Pitoisuus on suurimmillaan iltpäivällä, kun eläinten aktiviteetti on suurin, ja vastaavasti yöllä pitoisuus on pienempi. Ilmavirta on asetettu siten, ettei pitoisuus 3 000 ppm ylitä päivälläkään. Tästä syystä minimiilmavirrat kuvassa 42 ovat hieman suurempia kuin teoreettisessa kuvassa 41, jossa vuorokautista aktiviteetin vaihtelua ei ole otettu huomioon.

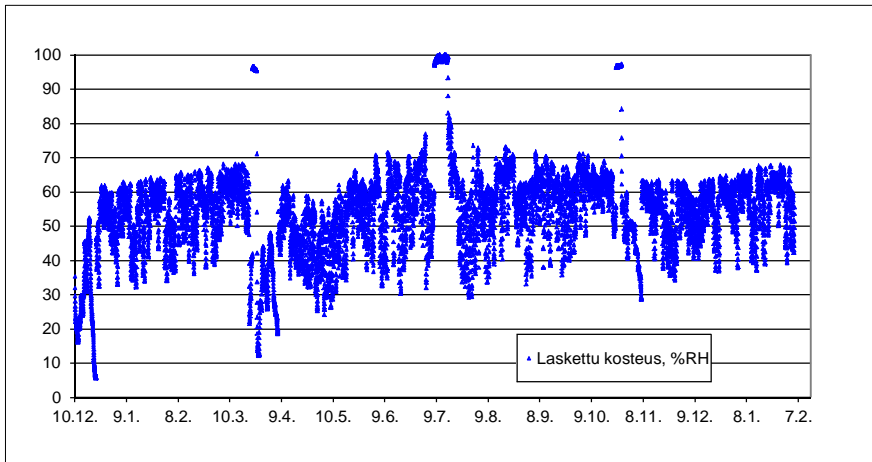


Kuva 43. Laskettu hiilidioksidipitoisuus (ppm) tunneittain neljän kasvatuserän aikana. Minimi-ilmavirta on asetettu siten, että pitoisuuden maksimitavoitteena on 3 000 ppm.

Vastaava osaston sisälämpötila on kuvassa 44. Korkein lämpötila on 32 astetta elokuun hellejaksolla, jolloin ulkolämpötila on 28 °C. Näissä oloissa jäädytys vesisumutuksella alentaisi tehokkaasti sisälämpötilaa, koska ilmakeuhuus (kuva 45) on samaan aikaan riittävän matala (vesisumutuksen vaikutuksia esitetään jäljempänä luvussa 6.6). Talvella ilmakeuhuus on liiankin matala, koska kosteutta ei juuri tule ulkoa ilmanvaihdon mukana. Eläinten kosteudentuotto ja osaston lattioilta haituva kosteusmäärä on laskennassa otettu CIGR:n suosituksista (Pedersen & Sällvik, 2002). Todellisuudessa kosteus voi olla osastossa korkeampi. Kuvassa 45 näkyvät korkeat kosteudet kasvatusjaksojen välillä liittyvät osaston pesuun.

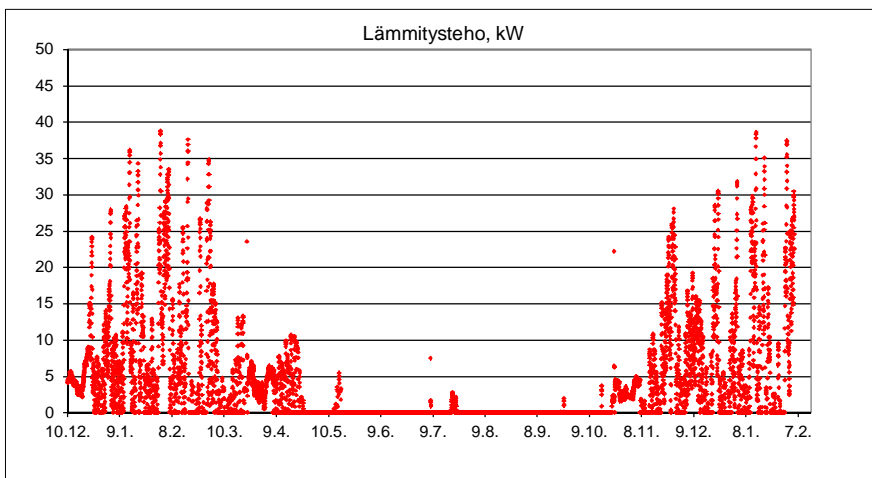


Kuva 44. Laskettu lihasikaosaston sisälämpötila ja ulkolämpötila (°C) neljän kasvatuserän aikana.

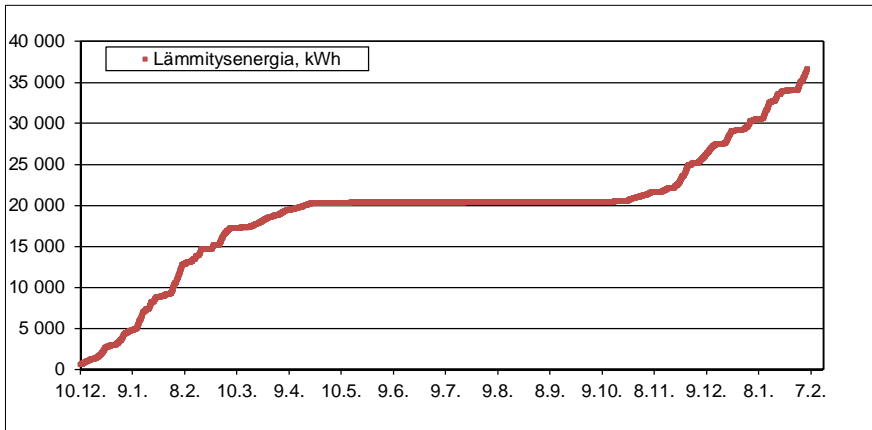


Kuva 45. Laskettu lihasikaosaston ilman suhteellinen kosteus (%) neljän kasvatuserän aikana.

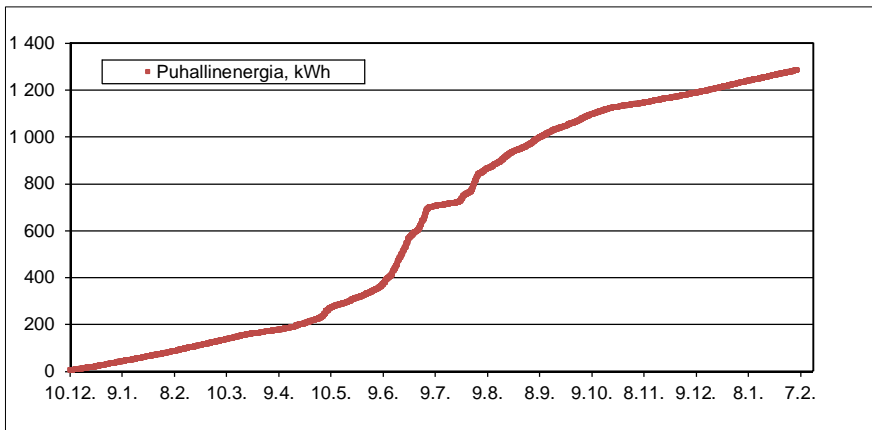
Kuvassa 46 on osaston lämmitykseen tarvittava teho tunneittain. Tehopiikit ovat lyhytaikaisia ja verrattain harvinaisia. Kuvasta 47 näkyy, miten lämmitysteho keryyttää lämmitysenergian tarvetta. Lämmitysenergian tarvetta ei juuri ole huhtikuun loppupuolelta lokakuun puoliväliin. Samaan aikaan puhallinenergian tarve (kuva 48) on suurimmillaan.



Kuva 46. Laskettu lämmitysteho (kW) neljän kasvatuserän aikana.



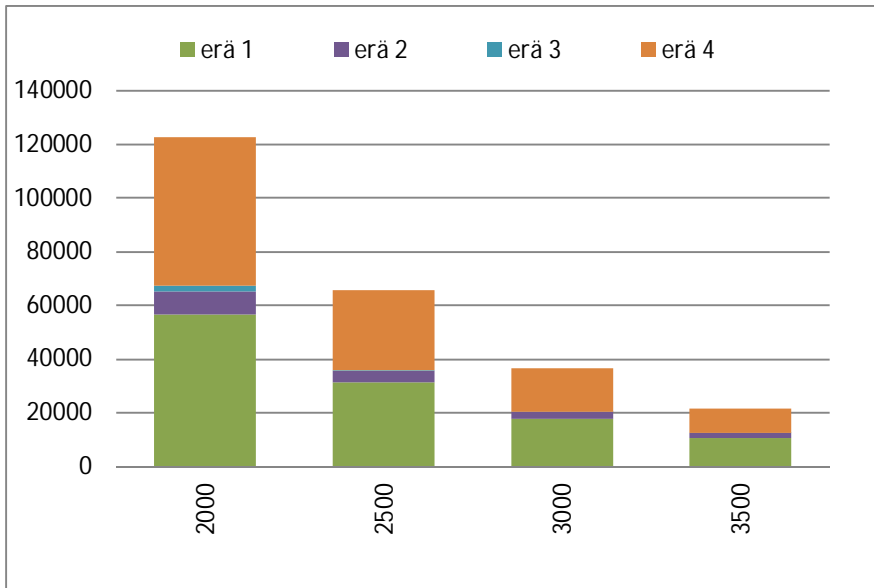
Kuva 47. Laskettu lämmitysenergian kertymä (kWh) neljän kasvatuserän aikana.



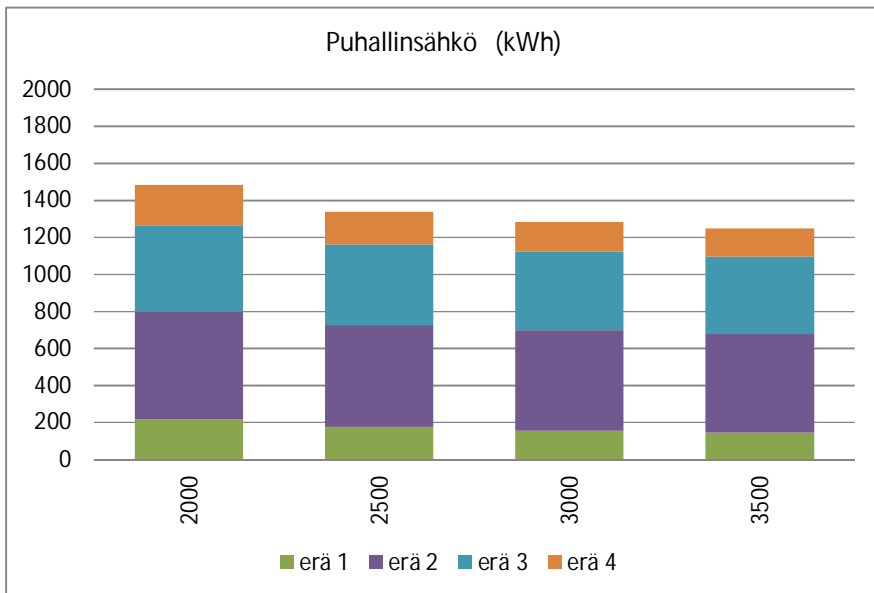
Kuva 48. Laskettu puhallinenergian kertymä (kWh) neljän kasvatuserän aikana.

6.3 CO₂-pitoisuuden oikean asettelun vaikutus energiankulutukseen

Neljän kasvatuserän lämmitysenergia on kuvan 47 mukaan noin 37 000 kWh, kun ilmanvaihdon minimi on aseteltu hiilidioksidipitoisuuden 3 000 ppm mukaan. Kuvassa 49 on esitetty energiantarpeet myös kolmella muulla CO₂-pitoisuudella. Energiantarve lisääntyy peräti 80 %, jos minimi-ilmanvaihto on niin suurta, että maksimipitoisuus on 2 500 ppm. Vastaavasti energiantarve pienenee 40 %, jos maksimipitoisuus on 3 500 ppm. Ilmavirran oikealla asettelulla on siten suuri vaikutus lämmitysenergian tarpeeseen. Myös puhallinenergian tarve (kuva 50) kasvaa pienillä pitoisuuksilla, koska ilmavirta on suurempi, mutta vain vähän.



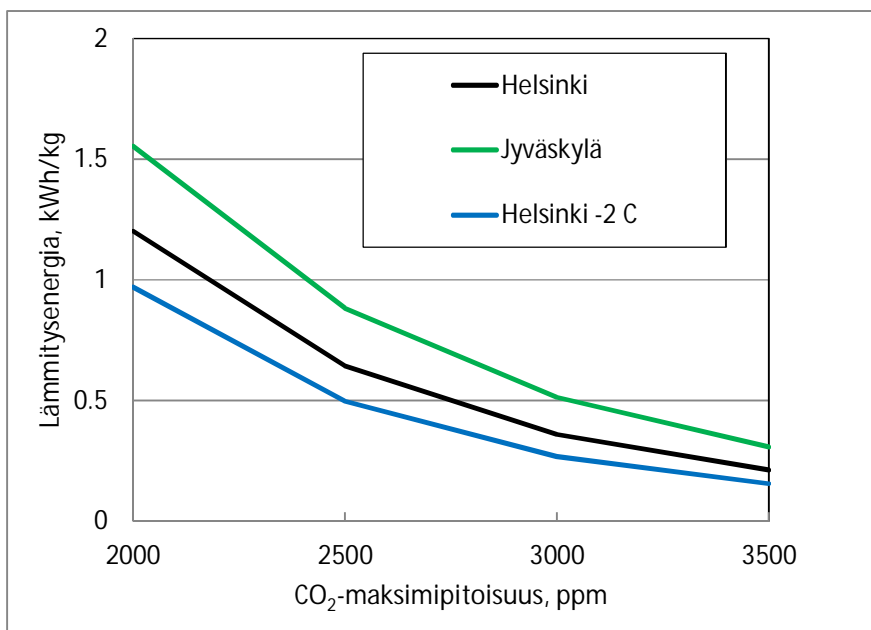
Kuva 49. Laskettu lämmitysenergian tarve lihasikaosastossa (kWh) neljän kasvatuserän aikana.



Kuva 50. Laskettu puhallinenergian tarve lihasikaosastossa (kWh) neljän kasvatuserän aikana.

Sama CO₂-pitoisuuden vaikutus on esitetty myös kuvassa 51 mutta nyt tuotettua elopainokiloa kohti. Kuvassa on esitetty vertailun vuoksi myös vastaava energiankulutus, kun sikala sijaitsee Keski-Suomen (Jyväskylä) ilmastossa. Noin 200 ppm:n pitoisuuserolla on sama merkitys kuin Keski- ja Etelä-Suomen ilmastojen erolla.

Samaan kuvaan on laskettu myös energiankulutus, jos sisälämpötilan asetusarvoa lasketaan kaksi astetta alemmaksi. Sisälämpötilan kahden asteen muutoksella on likimain sama vaikutus kuin 200 ppm pitoisuusmuutoksella.

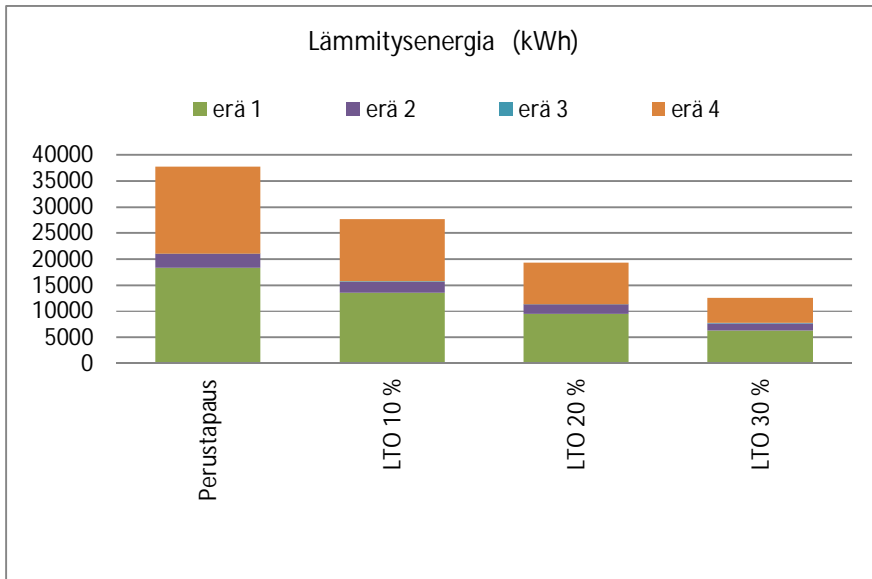


Kuva 51. Laskettu lämmitysenergian tarve lihasikaosastossa kWh:na elopainokiloa kohti. Laskettu neljän kasvatuserän perusteella.

6.4 Poistoilman lämmön talteenotto

Lämmön talteenotto poistoilmasta tuloilmaan on vielä verrattain harvinaista sika-loissa. Tuloilman lämmittäminen vähentää ilmanjaon vetoisuutta sekä pienentää lämmitysenergian tarvetta. Lämmön siirto poistoilmasta tuloilmaan on mielekästä silloin kun osastossa on lämmitystarvetta. Tällöin ilmavirta on minimi-arvossaan, joten talteenotto-laite voidaan mitoittaa minimi-ilmavirralla tai vielä pienemmällekin ilmavirralla.

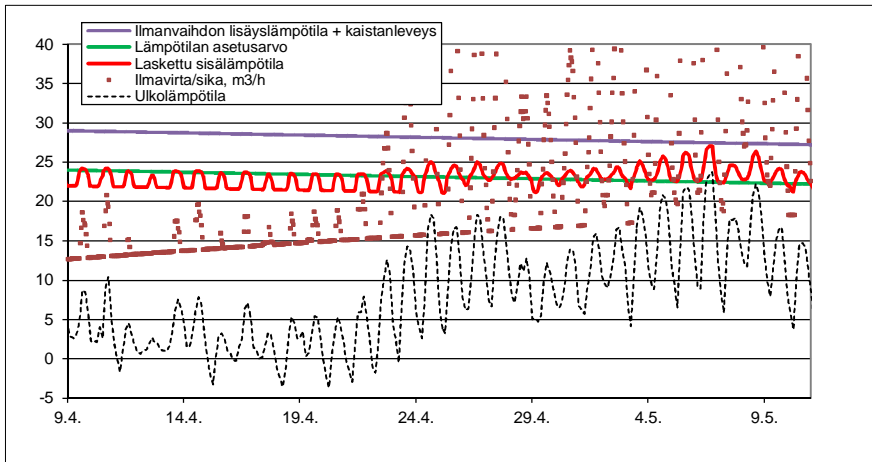
Kuvaan 52 on laskettu lämmitysenergian kulutus osastossa, kun lämmön talteenoton hyötysuhde on 10, 20 tai 30 %. Energiankulutus pienenee puoleen jo runsaan 20 %:n hyötysuhteella. Tämä hyötysuhdearvo on pieni verrattuna siihen, että asuin- ja toimistorakennuksissa talteenoton hyötysuhde on nykyään 50 % tai enemmän.



Kuva 52. Laskettu lämmitysenergian tarve lihasikaosastossa (kWh) neljän kasvatuserän aikana, kun poistoilmasta siirretään tuloilmaan lämpöä hyötysuhteella 10, 20 tai 30 %. Perustapaus koskee tilannetta ilman lämmön talteenottoa kuvassa 49 hiilidioksidipitoisuudella 3 000 ppm.

6.5 Lämpötilan ja ilmanvaihdon säätö

Laskennassa on oletettu, että ilmanvaihtoa ja lämpötilaa säädetään ohjaustietokoneella, johon on asetettu tavoitearvot kullekin kasvatuspäivälle. Kuvassa 53 on esitetty säädön toimintaa kevään kasvatusjakson alussa. Minimi-ilmanvaihdon asetusarvo kasvaa ja lämpötilan asetusarvo alenee kasvatuksen edistyessä. Alkupäivinä lämmitystä tarvitaan yöllä, mutta päivällä ilmanvaihtoa jo hieman lisätään lämpötilan alentamiseksi. Myöhemmin sään lämmentyä ilmanvaihto on enää harvoin minimissään eikä lämmitystä tarvita.

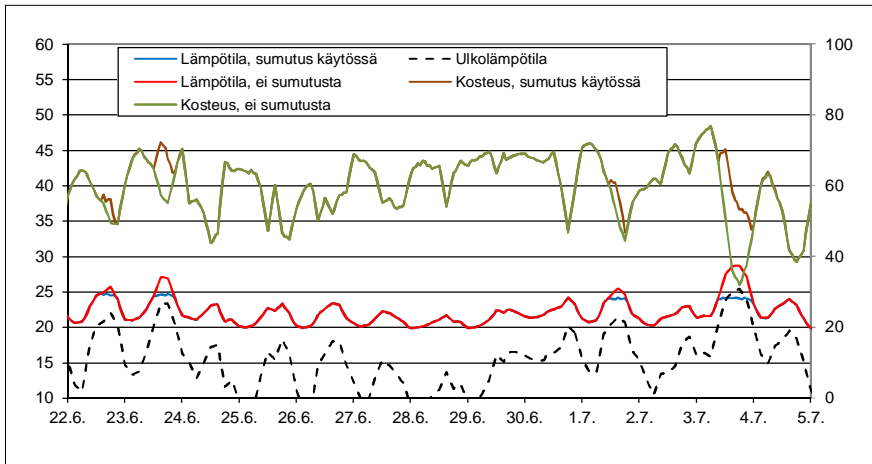


Kuva 53. Lämpötilan ja ilmanvaihdon säätö kevään kasvatusjakson ensimmäisen kuukauden aikana. Lämmitysraja on 2 astetta asetusarvoa alempana, ilmanvaihto alkaa lisääntyä lämpötilan asetusarvon ylittyessä, ja maksimiarvo saavutetaan 5 astetta ylempänä. Suurimmat ilmavirrat eivät näy tässä kuvassa mutta näkyvät kuvassa 42.

6.6 Sikasuihkun käyttö viilennykseen

Jos osaston ilma on kuivaa ja liian lämmintä, voidaan lämpötilaa alentaa tehokkaasti sumuttamalla siihen vettä. Vesi ottaa ilmasta höyrystymislämpönsä ja jäädyttää ja kostuttaa siten ilmaa. Kuvan 54 esimerkissä sumutus rajoittaa sisälämpötilan noin 24 asteeseen, joka on laskentaan asetettu sumutuksen aloituslämpötila. Sumutuksella saadaan pudotettua osaston lämpötilaa halutulle tasolle niin kauan kuin ilman kosteus pysyy riittävän matalana. Kuvan esimerkissä osaston ilma on hellejaksoilla alun perin niin kuivaa, että kostutukseen ei nosta sisäkosteutta kuin noin 70 % tasolle.

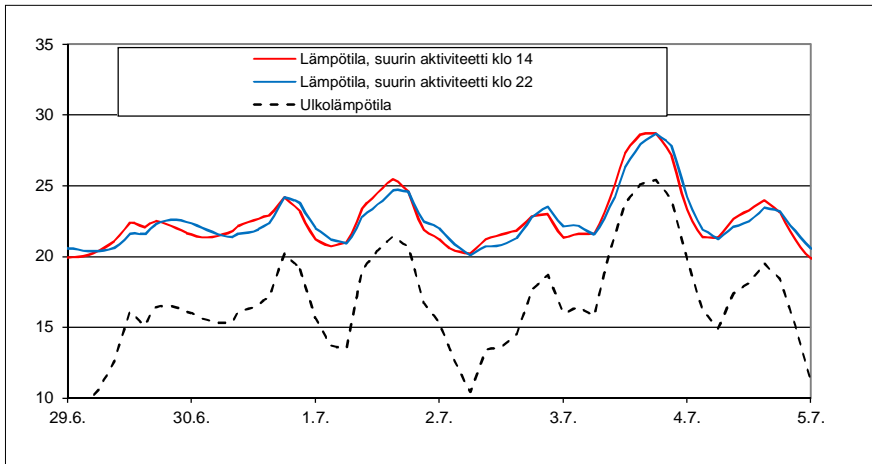
Kostutus voi pienentää ammoniakkipitoisuutta, koska kosteus sitoo ammoniakkia ja lämpötilan lasku pienentää ammoniakkin haihtumista. Sikasuihkun tai sumutusjärjestelmän asentaminen lihasikalaan on suositeltavaa, koska sikasuihku pitää lantakäytävän kosteana (AtriaSika, 2012). Korkeapainejäähdytys viilentää kesähelteiden aikana tehokkaasti osaston ilmaa ja vähentää lihasikaosaston ilman pölypitoisuutta.



Kuva 54. Laskettu sumutuksen vaikutus osaston lämpötilaan heinäkuun alussa päättyvän kasvatusjakson lopulla. Kuvassa on lämpötilat ja kosteudet sumutusta käytettäessä sekä ilman sumutusta. Lämpötilan (°C) asteikko on vasemmalla ja suhteellisen kosteuden (%) asteikko oikealla.

6.7 Ruokinta-ajan vaikutus sisälämpötilaan

Osaston korkeimpia sisälämpötiloja voidaan hellekausina hieman alentaa ajoittamalla ruokailu ja siten eläinten aktiivisin aika myöhäiseen iltaan. Kuvan 55 mukaan sisälämpötilaa voidaan alentaa noin asteella, jos aktiviteetin huippu on kello 14:n sijaan kello 22, jolloin ulkolämpötila on alempi ja siten ilmanvaihdon jäähdytysvaikutus tehokkaampi. Ajankohdan siirrolla voi olla suurempi vaikutus, jos aktiviteetin vuorokautinen maksimi on suurempi kuin tässä oletettu 20 %.



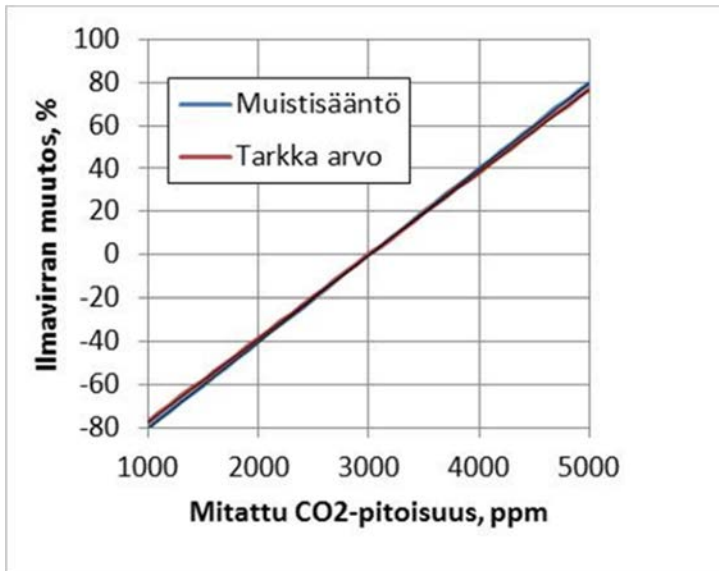
Kuva 55. Laskettu sisälämpötila, kun eläinten aktiiviteetin maksimihetki on joko kello 14 tai kello 22. On oletettu, että maksimihetkellä eläinten aktiiviteetti ja lämmöntuotto ovat 20 % suurempia kuin vuorokaudessa keskimäärin. Vuorokausivaihtelu on oletettu sinikäyrän muotoiseksi.

6.8 Ilmavirran asetusten korjaaminen pitoisuusmittausten perusteella

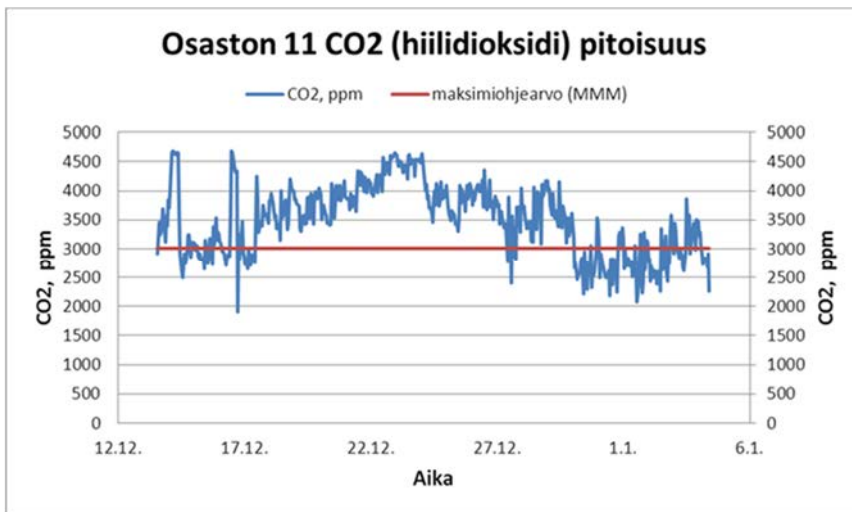
Mikäli pitoisuusmittaus (hiilidioksidi CO_2) osoittaa, että ilmanvaihto on liian suuri, voidaan ilmavirran minimiarvoa muuttaa kuvan 56 käyrää hyödyntäen. Tarkastelu koskee ilmanvaihdon minimi-arvoa, eli kun lisäilmanvaihtoa ei tarvita jäähdyttämiseen. Tavoitteena tulisi olla CO_2 -pitoisuus 3 000 ppm, jos CO_2 on ilmanvaihdon mitoittava tekijä. Kun ilmanvaihto pidetään mahdollisimman pienenä ja annetaan pitoisuuden nousta maksimiarvoon 3 000 ppm, pienennetään vetoisuutta ja säästetään lämmitysenergiaa.

Kuvasta 56 voidaan havaita muistisääntö: 1 000 ppm:n poikkeama tavoitteesta (3 000 ppm) vaatii 40 % muutoksen ilmavirrassa. Jos pitoisuus on alle maksimiarvon, voidaan minimi-ilmanvaihtoa pienentää, ja jos pitoisuus on liian suuri, täytyy minimi-ilmanvaihtoa kasvattaa.

Kuvassa 57 on esimerkki mitatusta osaston CO_2 -pitoisuudesta. Siitä voidaan päätellä, että minimi-ilmanvaihto on liian pieni, koska pitoisuus on pitkiä jaksoja yli 3 000 ppm ja maksimissaan noin 4 500 ppm. Minimiiilmavirtaa tulisi esimerkin tapauksessa kasvattaa (4 500–3 000) *40 %/1 000 eli 60 %.



Kuva 56. Ilmavirran muutoksen tarve pitoisuuden poiketessa tavoitearvosta 3 000 ppm.



Kuva 57. Esimerkki osaston CO₂-pitoisuudesta, kun minimi-ilmanvaihto on liian pieni.

7. Yhteenveto ja suositukset

Tässä hankkeessa on kehitetty menettelytapa ilmanvaihdon toimivuuden katselmointiin. Katselmoinnin toteutus on kaksiosainen (kuva 3) koostuen itsearviointista ja teknisestä katselmoinnista. Itsearviointi on yksinkertainen isännälle tai eläinten hoitajalle tarkoitettu arviointitapa, jonka avulla voidaan alustavasti selvittää ilmanvaihdon nykytila. Teknisen järjestelmän katselmointiin on kehitetty kolmiosainen katselmuksmalli, jossa kootaan yhteen yleiset tiedot kohteesta, määritellään kohteessa tehtävät mittaukset ja kuvataan eläinten käyttäytymisestä tehdyt havainnot. Näiden tietojen perusteella arvioidaan ilmanvaihdon toimivuutta ja parannustarpeita. Tarvittaessa tehdään korjaavat toimenpiteet, esimerkiksi säädetään ja viritetään järjestelmää ja tehdään toimintakokeet, joilla varmistetaan toimivuus. Itsearviointia tulee toistaa säännöllisin väliajoin, vähintään kerran jokaisen kasvatusjakson aikana. Lisäksi päivittäin tulee varmistaa, että ilmanvaihtolaitteet ovat toiminnassa. Ilmanvaihdon vastaanottovaiheeseen tulisi liittyä laitetoimittajan antama käyttökoulutus, jolla varmistetaan, että järjestelmien perustoimintoja osataan käyttää.

Raportissa on esitetty toimintamalli ilmanvaihdon itsearviointiin (luku 3.3). Itsearviointia olisi syytä tehdä jatkuvasti useita kertoja vuodessa. Oikea ja hyvä toimivuus talvella ei tarkoita sitä, että järjestelmä toimisi oikein myös kesällä. Jos itsearvioinnin ohjeet eivät riitä ilmanvaihdon kuntoon saattamiseen, on syytä pyytää teknisen toimivuuden katselmointia ilmanvaihdon asiantuntijalta. Luvussa 3.4 on esitetty menettelytapa teknisen katselmoinnin toteutukseen. Luvussa 4 on testattu menettelytapaa käytännön kohteissa erityyppisten ilmanvaihtojärjestelmien tapauksissa.

Tekninen katselmointi mittausten ja havaintojen avulla on pääpiirteittäin samantyyppistä riippumatta ilmanvaihtojärjestelmän tyypistä. Tärkeää on tarkastaa, että

- asetetut sisäilmaston tavoitteet toteutuvat; lämpötila, kosteus ja epäpuhtauspitoisuudet ovat asetettujen raja-arvojen sisällä
- säätö- ja ohjausautomaatiikan näyttämä lämpötila vastaa osaston ja karsinoiden lämpötilaa
- kasvatusjakson mukaiset asetusarvot lämpötilalle ja minimi-ilmavirralle on asetettu järjestelmään ja asetukset muuttuvat kasvatusjakson päivän mukaisesti. Mikäli asetus ei muutu automaattisesti, varmistetaan, että muutokset tehdään manuaalisesti.

- mahdolliset kesä- ja talviaikaiset asetukset ja järjestelmämuutokset on tehty
- osasto on alipaineinen suhteessa ulkoilmaan ja kattotilaan ja ilma virtaa oikeaan suuntaan
- ilmavirta säätyy koko säätöalueen minimistä maksimiin
- hälytys- ja varojärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla; jos esimerkiksi anturien vikaantumisesta tai sähkökatkoksesta johtuen ilmanvaihto pysähtyy, on varmistettava, että olosuhteet hallitaan tässä tilanteessa. Keinoina voi olla varajärjestelmä tai järjestelmän siirtyminen luonnollisen ilmanvaihdon tilaan.
- ilmanvaihdon käyttöohjeet ovat saatavissa. Suositellaan laminoituja käyttöohjeita säätöyksikön läheisyyteen.

Järjestelmäkohtaisia (ei kaikissa järjestelmissä) tarkastettavia asioita ovat

- ilman lämpeneminen lämmöntalteenottolaitteessa
- jäädytyksen toimivuus; esimerkiksi sikasuihkun ohjausjärjestelmän toimivuus (käyttöajat, käynnistys- ja lopetusehdot yms.)
- tuloilmakaton painesuhteet.

Myös sikojen käyttäytymisestä voidaan havainnoida tekijöitä, joihin ilmanvaihdolla voi olla vaikutusta. Karsinoiden likaisuus voi johtua liian korkeasta lämpötilasta, jolloin sika viilentää itseään sotkemalla. Makuukäyttäytymisestä voidaan arvioida lämpöoloja. Sikojen tulisi maata tyytyväisinä ja rauhallisina lähellä toisiaan. Jos lämpötila on liian alhainen, siat makaavat tiiviissä kasassa, ja liian kuumassa taas toisistaan erillään. Syyinä hännänpurentaan voi olla toimimaton ilmanvaihto.

Tyypillisiä ongelmia ja haasteita kohteissa esitettiin luvussa 5. Tällaisia olivat mm. ilmanvaihtoa ohjaavan lämpötila-anturin paikan valinta, asetuservojen muuttaminen kasvatusjakson aikana, automaation täysimääräinen hyödyntäminen, järjestelmämuutokset siirryttäessä lämmityskaudesta jäädytyskauteen ja ääriolosuhteiden aikainen olosuhteiden hallinta (jäätyminen, yllilämpö).

Luvussa 6 annetaan ohjeita ja vinkkejä, kuinka ääriolosuhteiden ongelmia voidaan ratkaista (esim. sikasuihkun käyttö kesällä, lämmön talteenotto talvella) ja kuinka säätötoimenpiteillä ja asetuservojen muutoksilla voidaan vaikuttaa olosuhteisiin ja energiankulutukseen. Liian suuri ilmanvaihto johtaa tarpeettomaan energiankulutukseen ja voi aiheuttaa vetoa. Liian pieni ilmanvaihto taas johtaa olosuhteiden huononemiseen, kun kosteus ja CO₂-pitoisuus nousevat yli raja-arvojen.

Melko pienillä asetuservojen muutoksilla voi olla suuri vaikutus energiankulutukseen. Luvun laskentaesimerkissä pieni hiilidioksidipitoisuuden nosto (200 ppm) pienensi lämmöntarvetta 20 %. Lämpötilan laskulla kahdella asteella oli saman suuruinen vaikutus lämmöntarpeeseen. Asetuservomutokset on kuitenkin tehtävä siten, että olosuhteet pysyvät suositusarvossaan. Minimi-ilmanvaihdon sopivan tason asettelemiseksi olisi hyödyllistä mitata osaston hiilidioksidipitoisuutta ajoittain lämmityskaudella. Mittarin hankinta tilalle ei ole suuri investointi.

Lähteet

- AtriaSika. 2012. Tuotanto-ohjeet. 16 s. <https://www.atriatuottajat.fi/atriasika/ohjeet/jalainsaadanto/atriasikaohjeet/Sivut/default.aspx>, www-sivut 2014.
- Danish Pig Research Centre. 2013. Self-service audit scheme for animal welfare on Danish pig farms. 24 s. http://vsp.lf.dk/~media/Files/PDF%20-%20Viden/Branchekode_UK.ashx.
- Danske Svineproducenter. 2013. Tjekliste til brug ved velfærdskontrol i svinebesætninger. http://www.danskesvineproducenter.dk/index.php?action=pages_showdownload&folder_id=6/, www-sivut 2014.
- Eläinsuojeluasetus (1996/396). <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960396>, www-sivut 2014.
- Eläinsuojelulaki (246/1996). <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960247>, www-sivut 2014.
- Heimonen, I., Heikkinen, J., Kovanen, K., Laamanen, J., Ojanen, T., Piippo, J., Kivinen, T., Jauhiainen, P., Lehtinen, J., Alasutari, S., Louhelainen, K. & Mänttälä, J. 2009. Maatalouden kotieläinrakennusten toimiva ilmanvaihto. VTT Tiedotteita – Research Notes 2521. Espoo, VTT. 133 s. + liitt. 7 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2521.pdf>.
- Heimonen, I., Heikkinen, J., Laamanen, J. & Kivinen, T. 2012. Lypsykarjapihatton luonnollinen ilmanvaihto. VTT Technology 71. Espoo, VTT. 141 s. + liitt. 25 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T71.pdf>.
- Louhelainen, K. 2005. Tuotantorakennuksen sisäilma-altisteet – havaintoja tilakäynneiltä. Ilmanvaihto-workshop 26.9.2005, Vantaa.
- MJH Agroteknik. 2014. Www-sivut <http://www.mhj.dk/?lang=en/>.
- MMM. 2009. Eläinten hyvinvointisäädökset tuotantorakentamisessa. Maa- ja metsätalousministeriön selvitys 13.5.2009. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/muutjulkaisut/63HZqlgAO/elainten_hyvinvointisaadokset_tuotantorakentamisessa_2009.pdf.
- MMM RMO C2.2. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja ohjeet. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. (MMM:n asetus tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01) – MMM 763/2009, asetuksen liite 10). 9 s.

<http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVUyGW/L10-rmoC22-01.pdf>, www-sivut 2014.

- Pedersen, S. 2005. Climatization of Animal Houses. A biographical review of three decades of re-search. DIAS report 66. 83 s.
- Pedersen, S. & Sällvik, K. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses Heat and moisture production at animal and house levels. Published by Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences. 46 s.
- Poulsen, H. & Pedersen, S. 2005. Ventilation, isolering og opvarmning. Klimateknik Landbrugsforslaget. 152 s. ISBN 8774709240.
- ProAgria. 2002. Nauta- ja sikatilan olosuhdeopas. Maa-seutukeskusten liiton julkaisuja nro 979. ProAgria Keskusten Liitto.
- Sikalaselvitys. 2010. Vertailuselvytys sikalarakentamisesta Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Helsinki, maa- ja metsätalousministeriö. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/muutjulkaisut/63HZdYEsm/Sikalaselvitys_2010.pdf.
- Valtioneuvoston asetus sikojen suojelusta (2012/629). <http://www.edilex.fi/lainsaadanto/aiempi/20120629>, www-sivut 2014.
- Vastuullinen sikatalous -hanke. 2014. <http://www.vastuullinensikatalous.fi>, www-sivut 2014.

Liite 1: Sikalan eri osastojen olosuhteiden tavoitearvoja

Lähde: Vastuullinen sikatalous, 2014.

Tiineytys- ja joutilasosaston asetukset:				
	Asetus lämpötila, °C	Lämmityksen päällekytkeytymislämpötila	Minimi-ilman-vaihto, m3/h/emakko	Maksimi-ilman-vaihto, m3/h/emakko
Tiineytisosasto	21	19	15	150
Joutilasosasto	20	18	15	150
Säätöväli: 5°				
Ei lattialämmitystä				
Porsitusosaston asetukset:				
Päivä	Asetus lämpötila, oC	Lämmityksen päällekytkeytymislämpötila	Minimi-ilman-vaihto, m3/h/emakko	Maksimi-ilman-vaihto, m3/h/emakko
1	23	21	15	200
5	23	21	15	200
12	20	18	15	200
28	20	18	15	200
Päivä 1 = päivä ennen porsimista				
Säätöväli: 5°C				
Porsaiden lattialämmitys:				
Suositus porsaiden makuualueen lattian pintalämpötilaksi: säädä tarvittaessa porsaiden makuukäyttäytymisen mukaan				
Päivä 1	35°C			
Päivä 3	33°C			
Päivä 5	32°C			
Päivä 7	30°C			
Päivä 28	28°C			

Välikasvatusosaston asetukset

Porsaan paino ; 7 - 35 kg

Päivä	Asetus lämpötilä, °C, *	Lämmityksen päällekytkeytymislämpötilä, *	Minimi-ilman-vaihto, m3/h/porsas	Maksimi-ilman-vaihto, m3/h/porsas
1	24-25	22-23	2,5	12
7	23-24	21-22	3,5	15
21	20-21	18 -19	5	18
42	19-20	17-18	7	25
56	19	17	8	35

*) lämpötila-asetuksessa on otettava huomioon vierotuspaino, rehun kulutus ja porsaiden terveys.

Jos osastolla ei ole lattialämmitystä, niin asetustilä tulisi olla vähän korkeampi.

Säätöväli: 5°

Säätövälin ohjaus on mahdollista myös ulkolämpötilän mukaan automaattisesti. Säätöväli pienenee ulkolämpötilän noustessa ja säätöväli kasvaa ulkolämpötilän laskiessa. Tällöin on käytössä automaattisesti kesä- ja talviasetukset.

Lattialämmitys:

Lattian pintalämpötilä 30°C. Lattialämmitys päällä 2-3 viikkoa alussa.

Säädä lattian lämpötilaa sikojan makuu käyttäytymisen mukaan. Jos lattia on liian lämmin siat siirtyvät makaamaan ritilälle.

Porsaiden katokset:

Katosta porsaiden makuualueen päällä avataan viikoittain. Katoksen avaamiseen vaikuttaa porsaiden makuupaikan valinta.

Jos katoksen alla on liian lämmin porsaas siirtyvät makaamaan pois katoksesta.

Lihaskaosaston asetukset:

Päivä	Asetus lämpötilä, °C, *	Lämmityksen päällekytkeytymislämpötilä, *	Minimi-ilman-vaihto, m3/h/porsas	Maksimi-ilman-vaihto, m3/h/porsas
1 (35 kg)	23-24	21-22	7	50
7	22-23	20-21	8	50
21	21-22	19-20	9	60
50	20	18	12	80
100	19	17	15	100

* lämpötila asetuksessa otettava huomioon vierotuspaino, rehun kulutus ja porsaiden terveys.

Jos osastolla ei ole lattialämmitystä, niin asetustilä tulisi olla vähän korkeampi.

Säätöväli: 5°

Säätövälin ohjaus on mahdollista myös ulkolämpötilän mukaan automaattisesti. Säätöväli pienenee ulkolämpötilän noustessa ja säätöväli kasvaa ulkolämpötilän laskiessa. Tällöin on käytössä automaattisesti kesä- ja talviasetukset.

Lattialämmitys:

Lattian pintalämpötilä 30°C. Lattialämmitys päällä 2-3 viikkoa alussa.

Säädä lattian lämpötilaa sikojan makuu käyttäytymisen mukaan. Jos lattia on liian lämmin siat siirtyvät makaamaan ritilälle.

Välikasvatus ja lihaskaosastojen lämmitys ennen porsaiden saapumista

Lattialämmitys päälle 2 päivää ennen porsaiden saapumista (erityisesti talvella)

Nosta osaston lämpötila päivää ennen saapumista 20°C

Aseta ohjaustietokoneelle päivä 1, kun porsaas ovat saapuneet osastolle.

Lite 2: Ilmanvaihdon teknisen katselmuksen lomakepohjia

A. Perustiedot	Käsitelty/keskusteltu		
	K	E	
Yhteystiedot:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ilmanvaihdon periaateratkaisu/järjestelmätyyppi:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Suunnittelu- ja tavoitearvojen selvittäminen (yleisesti ja mittaukseen valittu osasto):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Yleisesti: <input type="checkbox"/> Mitattava osasto: <input type="checkbox"/>
Eläinmäärä ja koko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tilatyypit ja tilavaatimukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lattiapinta-alat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sisäilmaston tavoitearvot eri tiloille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ilmavirrat, minimi ja maksimi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ilman jako	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ilmanvaihdon ja olosuhteiden säädön kuvaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ilmanvaihtopiirustukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kyllä / Ei
Säädön periaatteen kuvaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Säätö- ja ohjausjärjestelmän käyttämät mittaukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ohjausjärjestelmän asetukset (yleisesti ja mittaukseen valittu osasto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
asetusten muuttuminen kasvatusjakson aikana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kohteessa normaalisti seurattavat ja mitattavat tekijät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Päiväkirja tai vastaava: mitä tietoa kerätään?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kyllä / Ei <input type="checkbox"/> mitä?
Automaattinen tiedonkeruu ja sen hyödyntämismahdollisuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kyllä / Ei <input type="checkbox"/> mitä?
Huoltohistoria, tehdyt toimenpiteet ja tarkastukset: huoltokirjan tila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ennakkotiedot toimivuudesta/toimimattomuudesta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Käyttöohjeet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kyllä/Ei <input type="checkbox"/>
Käyttöönottovalheen toimenpiteet; tarkastukset ja käytön ohjeistus/opetus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nimeke	Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus Toimintamalli ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseen
Tekijä(t)	Ismo Heimonen, Jorma Heikkinen, Jarmo Laamanen, Sakari Alasuutari & Eerikki Kaila
Tiivistelmä	<p>Hankkeessa on kehitetty menettelytapa sikalan ilmanvaihdon toimivuuden katselmointiin. Katselmoinnin toteutus on kaksiosainen koostuen itsearvioinnista ja teknisestä katselmoinnista. Itsearviointi on yksinkertainen isännälle tai eläinten hoitajalle tarkoitettu arviointitapa, jonka avulla voidaan alustavasti selvittää ilmanvaihdon nykytila. Teknisen järjestelmän katselmointiin on kehitetty kolmiosainen katselmuksmalli, jossa kootaan yhteen yleiset tiedot kohteesta, määritellään kohteessa tehtävät mittaukset ja kuvataan eläinten käyttäytymisestä tehdyt havainnot. Näiden tietojen perusteella arvioidaan ilmanvaihdon toimivuutta ja parannustarpeita. Tarvittaessa tehdään korjaavat toimenpiteet, esimerkiksi säädetään ja viritetään järjestelmää ja tehdään toimintakokeet, joilla varmistetaan toimivuus. Itsearviointia tulee toistaa säännöllisin väliajoin, vähintään kerran jokaisen kasvatusjakson aikana. Lisäksi päivittäin tulee varmistaa, että ilmanvaihtolaitteet ovat toiminnassa.</p> <p>Tutkimuksessa testattiin katselmuksen menettelytapaa käytännön kohteissa erityyppisten ilmanvaihtojärjestelmien tapauksissa. Katselmuksenmenettelyn testaus osoitti, että tyypillisiä haasteita kohteissa olivat ilmanvaihtoa ohjaavan lämpötila-anturin paikan valinta, asetusrvojen muuttaminen kasvatusjakson aikana, automaation täysimääräinen hyödyntäminen, järjestelmämuutokset siirryttäessä lämmityskaudesta jäähdytyskauteen ja ääriolosuhteiden aikainen olosuhteiden hallinta.</p> <p>Tutkimuksessa annetaan ohjeita ja vinkkejä, kuinka ääriolosuhteiden ongelmia voidaan ratkaista (esim. sikasuihkun käyttö kesällä, lämmön talteenotto talvella) ja kuinka säätötoimenpiteillä ja asetusrvojen muutoksilla voidaan vaikuttaa olosuhteisiin ja energiankulutukseen. Liian suuri ilmanvaihto johtaa tarpeettomaan energiankulutukseen ja voi aiheuttaa vetoa. Liian pieni ilmanvaihto taas johtaa olosuhteiden huononemiseen, kun kosteus ja CO₂-pitoisuus nousevat yli raja- arvojen. Melko pienillä asetusrvojen muutoksilla voi olla suuri vaikutus energiankulutukseen. Esimerkkitapauksessa pieni hiilidioksidipitoisuuden nosto (200 ppm) pienensi lämmöntarvetta 20 %. Lämpötilan laskulla kahdella asteella oli samansuuruinen vaikutus lämmöntarpeeseen. Asetusrvomutokset on kuitenkin tehtävä siten, että olosuhteet pysyvät suositusrvoissaan. Minimi-ilmanvaihdon sopivan tason asettelemiseksi olisi hyödyllistä mitata osaston hiilidioksidipitoisuutta ajoittain lämmityskaudella. Mittarin hankinta tilalle ei ole suuri investointi.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8171-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)
Julkaisu aika	Lokakuu 2014
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	81 s. + liitt. 4 s.
Projektin nimi	
Rahoittajat	
Avainsanat	sikala, ilmanvaihto, toimivuus, katselmus, itsearviointi
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111

Title	Ventilation performance in pig houses Methods for commissioning the ventilation performance
Author(s)	Ismo Heimonen, Jorma Heikkinen, Jarmo Laamanen, Sakari Alasutari & Eerikki Kaila
Abstract	<p>The project has developed methods for commissioning of ventilation performance in pig houses. The inspection has two phases, the self-assessment and the technical inspection. The self-assessment is targeted for farm owners or animal keepers, and the method is used for the first phase evaluation of the ventilation performance. The technical inspection consists of three phases: collection of basic information about the ventilation system in the animal house, definition of the variables, which will be measured, and observations of the animal behaviour. Based on this information, the performance and the needs for the improvements for the ventilation performance will be evaluated. If necessary, the corrections for the ventilation system will be done, e.g. control, tuning and functional testing confirming the ventilation performance. The self-assessment should be done regularly, at least once during the growing period. The functioning of the mechanical ventilation system should be checked minimum once a day.</p> <p>The assessment methods were tested during the study in real pig houses having different type of ventilation systems. The testing phase showed that the typical challenges are the location of the temperature sensor, the adjustment of the set-point temperatures during the growing period, the level of utilisation of the automation system, the need of modifications in the system when changing from heating to cooling period, and the control of the indoor climate under extreme conditions.</p> <p>The study will give advices and hints for managing the problems in extreme circumstances (sprinkling system for cooling, heat recovery during winter), and shows the influence of the tuning and control actions on indoor climate and energy consumption. Too big ventilation rate leads to unnecessary heating energy consumption and causes draught. Too small ventilation causes deterioration of the indoor conditions by increasing humidity and CO₂ concentration. Quite small changes in target values may have a big influence on energy consumption. In one case study the increase of indoor CO₂ concentration by 200 ppm led to 20 % savings in heating energy. The decrease of room temperature set point by 2 °C has a similar influence. In changing the set values the indoor conditions should however be kept inside the recommended levels. The minimum ventilation rate would be easier to set, if the CO₂ concentration would be controlled during the heating period. The investment for a CO₂ metering device is quite small compared to resulting benefits.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8171-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online)
Date	October 2014
Language	Finnish, English abstract
Pages	81 p. + app. 4 p.
Name of the project	
Commissioned by	
Keywords	pig house, ventilation, performance, commissioning, self-assessment
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

Sikaloiden ilmanvaihdon toimivuus

Toimintamalli ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseen

ISBN 978-951-38-8171-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Online)