

Navetoiden ja vasikoiden pitopaikan olosuhdevaatimuksia

Johdanto

Oleellinen osa tuotantoeläinten hyvinvoinnin hyviä käytänteitä on tuotantotilojen olosuhteet, joihin kuuluvat ilmaston säätö, ilman liikenoisuus, lämpötila, kosteus, kaasut, pöly, melu ja valaistus (CIGR, 1999). Hyvä hygienia maksimoi vasikoiden hyvinvoinnin ja kasvun, joten vasikoiden pitopaikan tulee olla puhdas, kuiva, vedoton ja helposti puhdistettavissa (AHDB, 2018). Vasikoiden hyvään hoitoon kuuluu niiden juottaminen hyvälaatuisella ternimaidolla, joka tuottaa immuniteetin siksi ajaksi, kunnes vasikan oma puolustusjärjestelmä kehittyy (CIGR, 2015). Kuitenkin ympäristöllä ja vasikoiden pito-olosuhteilla on olennainen osa eläinten hyvinvoinnissa. Vasikan pitoympäristö voi tukea taudinaiheuttajien lisääntymistä ja toimia tartuntalähteenä. Lisäksi vasikan huonot pito-olosuhteet aiheuttavat vasikalle stressiä, heikentäen sen vastustuskykyä ja lisäten sairastumisen riskiä. Tämä voi osaltaan johtaa korkeampaan vasikkakuolleisuuteen sekä hiehojen ennenaikaiseen poistoon karjasta ja vähentyneeseen ensikotuotokseen (Moore ym., 2012). Vasikan kahden ensimmäisen elinkuukauden aikana on myös erityisen tärkeää, että vasikoita ei altisteta massiiviselle määrälle vanhemmista eläimistä peräisin oleville ilmajäljenteille infektionaiheuttajille. Edellä mainittu on pääsyy sille, että nuoria vasikoita ja aikuisia lehmäiä ei pitäisi kasvattaa samoissa sisätiloissa näiden kahden kuukauden aikana (Aho, 2003; CIGR, 2015).

Perinteisesti vastasyntyneet vasikat on erotettu emästään heti syntymän jälkeen johtuen juottamisen helpoudesta sekä tarpeesta kontrolloida vasikan ruokintaa ja ympäristön olosuhteita, kuten puhtautta, ilmanvaihtoa ja -kosteutta sekä valaistusta. Vasikoita on myöhemmässä iässä pidetty 4-6 vasikan ryhmäkarsinoissa tai kytkettynä parteen (Moore ym. 2012b). Nykyisen Suomen lainsäädännön mukaan alle 6 kuukautta vanhaa vasikkaa ei saa pitää parteen kytkettynä (Valtioneuvoston asetus 592/2010). Nykyisinkin maitorotuisia vasikoita kasvatetaan hyvin erilaisissa olosuhteissa, joita määrittävät tuotannossa käytössä olevat tilat ja rakenteet (vasikoiden määrä karsinassa, ryhmäkoko) sekä niiden käyttö eri ikävaiheissa. Vasikoiden hoidossa otetaan huomioon monet erilaiset tekijät kuten käytännöllisyys, eläinten hyvinvointi, säädökset ja tilalla olemassa olevat tilat (Marce ym., 2010).

Vasikoiden pitopaikka

Vasikan ensimmäiset 24 elintuntia ovat kriittisimmät sen eloonjäämisen ja myöhemmän elinvoimaisuuden kannalta, joten poikimaympäristön tulee tukea vasikan sopeutumista ympäristöön. Hyvin ilmastoitu ja kuivitetty, puhdas ja tilava erillinen poikimakarsina takaavat hyvät poikimaolosuhteet lehmälle. Hyvä ilmanvaihto poikimaympäristössä vähentää taudinaiheuttajille herkän vastasyntyneen vasikan altistumista ilman epäpuhtauksille, kuten ammoniakille, hiilidioksidille, pölylle ja mikrobeille. Koneellisen ilmanvaihdon ollessa käytössä, 4 ilmanvaihtoa tunnissa on riittävä pitämään poikimaympäristön ilman puhtaana. Vasikka tulee siirtää puhtaaseen ja desinfioituun yksilökarsinaan, jossa on riittävästi kuiviketta ja raikas ilma. Vasikan karsinan tulee olla vedoton (Moore ym., 2012b).



Vasikan kasvaessa se usein siirretään ryhmäkarsinaan muiden vasikoiden kanssa ennen vieroitusta (Moore ym., 2012b). Vasikat sopeutuvat parhaiten 6-9 vasikan ryhmäkokoan (Svensson ja Liberg, 2006). Yksilökarsinassa oleminen vähensi kuitenkin vasikan riskiä sairastua hengitystietulehduksiin huomattavasti enemmän verrattuna 3-8 ja 12-18 vasikan ryhmässä olemiseen (Svensson ja Liberg, 2006). Cummins ja Brunner (1991) vertasivat ulkona polypropyleeni igluissa ja sisällä metallirakenteisissa yksilökarsinoissa kasvatettujen vasikoiden veriplasman askorbaati ja kortisoli konsentraatioita sekä IgG-pitoisuuksia. Iglu-kasvatetuilla vasikoilla veriplasman kortisolipitoisuudet olivat matalampia ja askorbaati pitoisuudet korkeampia verrattuna metallihäkeissä kasvatettuihin vasikoihin (Cummins ja Brunner, 1991; Referoitu Moore ym., 2012b). Iglussa vasikalla on mahdollisuus itse valita, millaisessa mikroympäristössä se haluaa olla (Brunsvold ym., 1985; referoitu Moore ym., 2012b). Yksilökarsinan kokoa kasvattamalla (3,71 m² per vasikka) Calvo-Lorenzo ym. (2016) totesivat olevan hyviä vaikutuksia vasikan terveyteen, puhtauteen ja hyvinvointiin.

Juotolla olevien vasikoiden pidosta sisä- ja ulkoilmassa on ristiriitaista tutkimustietoa. Ympäristön on todettu sisältävän sisäkasvatusjärjestelmässä enemmän kookkidiä verrattuna ulkona tapahtuvaan iglukasvatukseen (Davis ym., 1954). Jorgensen ym. (1970) ei puolestaan todennut eroa sisällä kasvatettujen ja iglukasvatettujen vasikoiden välillä sairastuvuudessa hengitystietulehduksiin tai ripuliin. Sitä vastoin Peters (1986) ja Hanninen ym. (2003) totesivat vasikoiden ulkokasvatuksen lisäävän kuolleisuutta hengitystietulehdukseen ja riskiä sairastua ripuliin. Razzague ym. (2009) tehdyssä tutkimuksessa ulkokasvatetuilla vasikoilla oli kuitenkin suurempi päiväkasvu ja pienempi kuolleisuus verrattuna sisällä kasvatettuihin vasikoihin. Mikäli vasikoita kasvatetaan sisätiloissa (navetassa), riittävään ilmanvaihtoon tulee kiinnittää huomiota. Sitä vastoin ulkokasvatuksessa tulee taata vasikalle riittävän lämmin makuupaikka ja tarpeeksi energiaa ruumiinlämmön ylläpitämiseksi. Paksu olkikuivikekerros pitää vasikan lämpimänä ja iglun voi eristää lumella (Wormsbecher ym., 2017). Pareittain tai yksin pidetyt vasikat makasivat noin 17 tuntia päivässä ulkokasvatuksessa igluissa, kun ulkoilman lämpötila vaihteli -1,7°C ja -10,7°C välillä talvella (Wormsbecher ym., 2017). Sitä vastoin kesällä yksittäin ulkokasvatuksessa igluissa pidetyt vasikat viettivät enemmän aikaa ulkona verrattuna pareittain pidettyihin vasikoihin (Wormsbecher ym., 2017). Ulkokasvatuksessa vasikat pitävät iglua tai karsinaa säänsuojana; yksittäin pidetyt vasikat olivat sateella enemmän karsinassa verrattuna pareittain pidettyihin vasikoihin, vaikka muuten yksin olevat vasikat tarkkailivat muita vasikoita karsinan ulkopuolella useammin verrattuna pareittain oleviin vasikoihin (Wormsbecher ym., 2017).

Yli 8 viikon ikäistä vasikkaa ei saa pitää yksilökarsinassa ilman painavaa eläinlääketieteellistä syytä (Valtioneuvoston asetus 592/2010). Maidolta vieroituksen jälkeen ryhmäkokoja voidaan kasvattaa ja vasikoita pitää pihattotyypisissä olosuhteissa (Moore ym., 2012b). Suuri ryhmäkoko kuitenkin lisää tautipainetta ympäristöstä ja taudinaiheuttajien leviämisen riskiä eläinten välillä. Vasikkakasvattamoissa tulee siksi tarkkailla ryhmäkokoja ja huolehtia riittävästä makuutilasta joka eläimelle. Takaamalla teurasvasikalle tilaa 2,5-3,0 m² ryhmäkarsinassa, paranivat vasikoiden päiväkasvut ja hyvinvointi (Park ym., 2020). Mikäli vasikoita kasvatetaan pihatossa, joka vasikalle pitää olla oma makuuparsi (Moore ym., 2012 b). Taulukossa 1 on esitetty Valtioneuvoston asetuksessa (592/2010) nautojen suojelusta tuodut vähimmäistilavaatimukset nautaeläimille. Ryhmässä pidettäessä vasikoiden käytettävissä olevan tilan on oltava sellainen, että eläimet voivat kääntyä ympäri ja asettua vaivatta makuulle (Valtioneuvoston asetus 592/2010).



Taulukko 1. Vaatimukset vasikan yksilö- tai ryhmäkarsinassa olevalle pinta-alalle vasikkaa kohti (Valtioneuvoston asetus 592/2010).

Karsinatyyppi	Vähimmäistilavaatimus vasikkaa kohti
Yksilökarsina	Karsinan on oltava vähintään vasikan säkäkorkeuden levyinen ja karsinan pituuden vähintään vasikan pituus mitattuna turvasta lantioluun istuinkyhmyyn kerrottuna 1,1:llä.
Ryhmäkarsina	
< 150 kg painavat vasikat	1,5 m ²
150 – 220 kg painavat vasikat	1,7 m ²
>221 kg painavat vasikat	1,8 m ²

Sisäilman laatu

Tuotantorakennuksen sisäilman laadulla on oleellinen vaikutus rakennuksissa elävien eläinten terveyteen ja huonon sisäilman dramaattisimmat vaikutukset näkyvät nuorissa vasikoissa niiden kahden ensimmäisen elinkuukauden aikana (Mannfors ja Hautala, 2011; CIGR, 2015). Puhdas hengitysilma vähentää vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehduksiin sekä lisää eläinten hyvinvointia ja riittävä ilmanvaihto vähentää ilmassa leijuvaa pölyä, johon taudinaiheuttajat kiinnittyvät (AHDB, 2018) sekä kosteutta, lämpöä ja ummehtunutta ilmaa (Moore ym., 2012b). Suuri eläintiheys ja määrältään runsas biologinen aine tuotantorakennuksessa lisää hengitysilman laatua heikentäviä tekijöitä, joita ovat esim. kuivikkeesta ja kuivasta rehusta peräisin oleva biologinen pöly, erilaiset allergeenit ja mikro-organismit, eläinten hengityksessä rakennuksen sisäilmaan vapautuva hiilidioksidi, eläinten lannasta ja virtsasta rakennuksen ilmaan erittyvä ammoniakki, nautaeläinten ruoansulatuksessa vapautuva metaani, lietelantavarastosta rakennukseen erittyvä rikkivety sekä kosteilta pinnoilta kuten märiltä lattioilta sekä avonaisista juoma- ja liemirehuastioista höyrystyvä vesi (kosteus) (Mannfors ja Hautala, 2011). Vasikat ovat erityisen herkkiä huonolle ilmanvaihdolle, sillä veto ja suuri ilmankosteus heikentävät karvapeitteen lämpöä eristävää vaikutusta. Yhdessä hitaasti kehittyvän lämmönsäätelykyvyn ja vähäisen rasvakudoksen kanssa tämä suurentaa vasikoiden riskiä sairastua (Aho, 2003).

Lämpötila ja ilmankosteus

Vastasyntynyt vasikka tuntee kylmää ilman lämpötilan ollessa 10-15 °C, mutta jo muutaman viikon kuluessa terve vasikka sietää matalia lämpötiloja lähellä 0°C. Veto ja suuri ilmankosteus yhdessä kylmän lämpötilan kanssa heikentävät vasikan hyvinvointia. Yli 25 °C lämpötila aiheuttaa vasikalle lämpöstressiä vähentäen syöntiä ja vasikan kasvua sekä lisäten sairastumisen riskiä (ADHB, 2018). Ympäristön viilentäminen kuumalla ilmalla lisää vasikan päiväkasvua ja vähentää hengitystiheyttä (Hill ym., 2011). Aho (2003) antaa suosituslämpötilaksi vasikalle +15 - +18 °C. Hulsen ja Swormink (2014) puolestaan kehottavat pitämään vasikoita 20 °C lämpötilassa ensimmäisen elinviikon ajan ja 15-25 °C lämpötilassa ensimmäisen elinkuukauden ajan. Nordlund ja Halbach (2019) antavat vastasyntyneen vasikan optimilämpötilaksi 10-26 °C, joka kuukauden ikäisellä vasikalla laskee 0-23 °C. Nykyiset maa- ja metsätalousministeriön tuotantoeläinrakennusten sisäilmanlaatua koskevat ohjeelliset suositukset (MMM 2001) on annettu ilman kriittiselle lämpötilalle (taulukko 2).

Taulukko 2. Nautojen alimmat ja ylimmät sekä optimilämpötilat. (MMM 2001)

Eläinlaji	Kriittiset lämpötilat, °C		
	Alin	Ylin	Optimi
Lehmä	-25 – -15	23 – 27	5 – 15
Nuorkarja	-15 – 0	25 – 30	10 – 20
Pikku vasikka	0 – 10	• 30	15 – 25
Lihakarja, > 3 kk	-35 – -15	25 – 30	-10 – 15

Sisätilan lämpötilan mittausta ei kuitenkaan kerro sitä, miltä lämpö eläimistä tuntuu. Ilmankosteus vaikuttaa ilman lämpötilan tuntemukseen. Jos ilmankosteus ylittää 80% vastasyntyneen vasikan pitopaikassa, tulee lämpötilan olla korkeampi (70 °F = 21 °C) verrattuna matalampaan ilmankosteuteen, jolloin matalampi lämpötila (10 °C) riittää takaamaan vasikan ruumiinlämmön ylläpidon (Moore ym., 2012b). Suositeltu suhteellinen ilmankosteus on 60-80% koneellisen ilmanvaihdon ollessa käytössä ja 40-70% lämmitetyssä rakennuksessa (DIN, 1992; referoitu Roland ym., 2016). Taulukossa 3 on eritelty eri tekijöiden vaikutusta eläimen tosiasiassa tuntemaan lämpötilaan. Muun muassa ilmanvirtaus 0,1 m/s makuualueella saa eläimen tuntemaan lämpötilan 1,5 astetta viileämmäksi verrattuna ympäristön mitattuun lämpötilaan ja betonilattia makuualueella 4 astetta viileämmäksi. Sitä vastoin olkikuivike lisää eläimen tuntemaan lämmön määrää 5 astetta verrattuna ympäristön lämpötilaan.

Taulukko 3. Eläimen tuntema lämpötila verrattuna mitattuun sisäilman lämpötilaan erilaisista tekijöistä riippuen.

	Viitearvot, °C
Ilmanliike	
Ilmanvirtaus makuualueella 0,1 m/s	-1,5
Makuualueen lattiamateriaali	
Betoni	-4
Teräs	-5,5
Puu	+/- 0
Muovi	+0,5
Kuivikkeiden käyttö	
5-7 cm olkea	+5

Sisäilman kaasui- ja pölypitoisuus

Ilmassa olevien haitallisten kaasujen ja pölyn pitoisuuksille on annettu myös ohjeelliset suositukset maa- ja metsätalousministeriön toimesta (MMM, 2001) (taulukko 3). Ammoniakille, hiilimonoksidille (häkä) ja rikkivedylle asetetut korkeimmat suositusarvot ovat 10 ppm, 5 ppm ja 0,5 ppm verrattuna huomattavasti korkeampaan hiilidioksidin maksimisuositusarvoon 3000 ppm. Orgaanisen pölyn suurin hyväksytty pitoisuus on 10 mg/m³ (taulukko 4).

Taulukko 4. Vaarallisten kaasujen suurimmat hyväksyttävät pitoisuudet, ppm = miljoonasosa (=cm³/m³). (MMM 2001)

Kaasu	Pitoisuus
Hiilidioksidi, CO ₂	3000 ppm

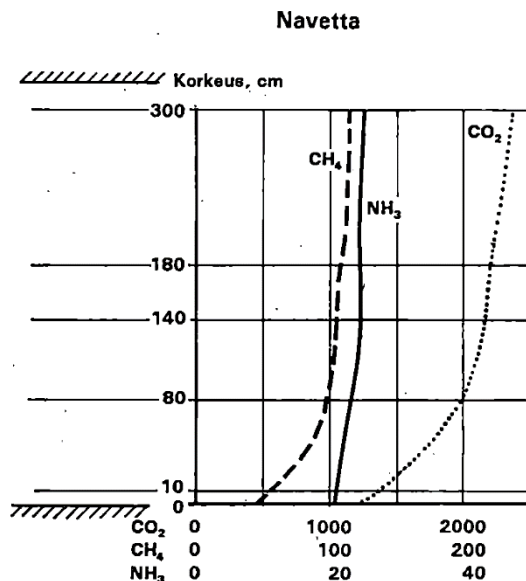
Ammoniakki, NH ₃	10 ppm (25 ppm) ¹
Rikkivety, H ₂ S	0,5 ppm
Häkä, CO	5 ppm
Orgaaninen pöly	10 mg/m ³

¹ Siipikarjarakennuksissa

Ammoniakkipitoisuudet nautojen pitopaikoissa ovat yleensä alle 100 ppm (Moore ym., 2012b). Mitattu keskimääräinen ammoniakkipitoisuus 2,2 mg/kg karsinoiden ilmassa oli yhteneväinen Seedorfin ja Hartungin (1999) raportoimien 3 - 7 mg/kg saksalaisista vasikka kasvattamoista mitattujen tulosten kanssa. Arvot olivat selvästi alle suositeltujen raja-arvojen 15 - 20 mg/kg (Urbain et al., 1994), ja myös alle 5 mg/kg tason, josta alkaen ammoniakilla on havaittu olevan yhteys *Pasteurella multocida* kanssa aiheuttaen sioille nuhaa (Hamilton et al., 1996). (Referoitu Lago ym., 2006)

Hiilidioksidi toimii ilmastoinnin tason mittarina (Prill, 2000; De Sousa ja Pedersen, 2004). Hiilidioksidia muodostuu hengityksestä ja lannan hajoamisesta ja voi kertyä huonosti ilmastoiduissa tiloissa. Hyvin ilmastoiduissa tiloissa hiilidioksidipitoisuuksien pitäisi olla alhaisia ulkoympäristöön verrattavia, jossa tyypillinen keskiarvo on 350 ppm (Prill, 2000). (ref. Moore ym., 2012)

Kuvassa 1 on esitetty, miten eri kaasujen pitoisuudet vaihtelevat mittauspaiosta (korkeus lattiasta mitattuna) riippuen. Pitoisuudet ovat pääsääntöisesti suurempia lähellä lattian rajaa ja pienentyvät kattoa kohti. Ammoniakkipitoisuuksissa ei ole suurta eroa eri mittauskorkeuksien suhteen.



Kuva 1. Lietelantanavetan kaasupitoisuuksia eri korkeuksilla lattiasta (Sällvik et al. 1992, ref Karhunen 1992)

Tuotantoeläinrakennuksia koskevat suositukset hengitysilman kaasu- ja pölypitoisuuksille perustuvat lähinnä ihmisille havaittuihin enimmäispitoisuuksien arvoihin. Eläimiä koskevat raja-arvot

ovat vaikeasti määritettävissä eläinten tiettyyn rajaan asti ulottuvan sopeutuvaisuuden vuoksi. Eläimensä hyvin tunteva tilallinen onkin avainasemassa kyetessään arvioimaan eläimensä kasvua, tuotosta ja yleistä hyvinvointia niiden käyttäytymisen perusteella. Taulukkoon 5 on koottu kirjallisuudesta löytyneitä ilmakulkuisen pölyn enimmäispitoisuuksia tuotantoeläinrakennusten sisäilmalle. (Mannndorf ja Hautala, 2011)

Taulukko 5. Sallittuja pölypitoisuuksia tuotantoeläinrakennuksissa (Mannndorf ja Hautala 2011)

Pölyn laatu	Enimmäispitoisuus (mg/m ³)
Orgaaninen	10 (Suomi)
Hengittyvä jae (inspirable, > 10 µm)	< 3,4 (COBB-rotuiset kanat, hoito-opas s.8)
Alveolijae (respirable, < 10 µm)	
Kokonaispöly ¹	0,5 (USA, jauhopöly), 3 (Tanska), 4 (Saksa), 4 (USA, vilja), 10 (Ontario)
Endotoksiini (EU/m ³)	50 – 200 (8 tunnin arvo)
Mykotoksiinit	
Allergeenit (ng/m ³)	60 (USA)

¹ Terveydenhuollon raja-arvoja

Ilmanvaihto

Vasikkarakennuksen ilmanvaihto voi olla joko luonnollinen tai koneellinen, mutta riippumatta ilmanvaihtosysteemistä tulee sen mahdollistaa hengitysilman jatkuva vaihtuvuus ilmankosteuden vähentämiseksi. Riittämätön ilmanvaihto altistaa vasikat hengitystietulehduksille (Moore ym., 2012). Alueilla, joissa kesä- ja talvikuukausien väliset vaihtelut ilman lämpötilassa sekä kosteudessa ovat suuria, täytyy ilmanvaihtojärjestelmän mukautua vaihtuviin olosuhteisiin. Talvikuukausina ulkoilma voi olla 25% painavampaa verrattuna navetan sisäilmaan ja luonnollisen ilmanvaihdon ollessa käytössä, ulkoa tuleva sakeampi ilma painuu katonrajasta nopeasti kohti lattiaa aiheuttaen haitallista vetoa navettarakennuksessa. Tätä voi vähentää pienentämällä ilmanottoaukkojen läpimittaa, jolloin ilma virtaa vähintään 2 m/s-5 m/s sisään navettaan ja sekoittuu navetassa olevan lämpimän ilman kanssa nopeammin (Turnbull, 1980; Nordlund ja Halbach, 2019). Koneellinen ilmanvaihto on usein edellytys riittävälle ilman vaihtuvuudelle läpi vuorokauden vasikoiden pitopaikassa (ADHB, 2018). Suositeltu ohjeellinen ilmanvaihdon määrä koneellisesti ilmastoiduille eläinsuojille on 25 m³/h vasikka (Midwest Plan Service, 1990. Page 6 in Mechanical Ventilating Systems for Livestock Housing. 1st ed. Iowa State University, Ames, IA.). Koneellisessa ilmanvaihdossa tukeudutaan alipaineeseen, jonka tulisi taata ilmanvaihtuvuus 4/tunnissa kylmällä säällä, 15/tunnissa keväällä ja syksyllä sekä 40/tunnissa lämpimänä vuodenaikana (Nordlund ja Halbach, 2019). Koneellisen ilmanvaihdon puutteita ovat raikkaan ilman epätasainen jakautuminen rakennukseen, tuulettimien kunnossapito sekä ilmanoton oikea sijoitus. Suositeltavaa on käyttää automaattista ilmanvaihtoa, joka mukautuu navetan sisäilman lämpötilaan (Nordlund ja Halbach, 2019). Korkeat tuotantorakennukset, joissa luonnollisen ilmanvaihdon kanavat ovat katonrajassa, eivät sovellu vasikoiden pitopaikaksi. Vasikat eivät tuota tarpeeksi lämpöä, jotta lämmin ilma nousisi ylös virraten ilmanvaihtokanavista ulos (ADHB, 2018). Nordlund ja Halbach (2019) suosittelevat kuitenkin luonnollista ilmanvaihtoa, joka on edullisempaa verrattuna koneelliseen ilmanvaihtoon. Luonnollisen ilmanvaihdon rajoituksia ovat riippuvuus tuulesta ja ilmanvirtauksen loppuminen, jos ulkona on lämpimämpi ilma kuin navettarakennuksen sisällä. Lisäämällä luonnolliseen ilmanvaihtoon ylipaineinen putki saadaan

parannettua luonnollisen ilmanvaihdon toimivuutta. Ylipaineinen putki takaa ilmanvaihdon 4 ilmanvaihtoa/tunti (Nordlund ja Halbach, 2019). Bates ja Anderson (1979) (referoitu Moore ym., 2012 b) raportoivat lääkehoitojen lisääntyneen 60%, kun ilmanvaihto väheni 4/h ilmanvaihdosta 1/h. Sisäkiertoinen ilmanvaihto ei ole suositeltavaa, mutta ulkoa otettu ilma voidaan esilämmittää ennen vasikkarakennukseen virtausta. Esilämmitetty ilma ennaltaehkäisee vetoa (Turnbull, 1980) ja pitää vasikkarakennuksen sisälämpötilan tasaisena (Nordlund ja Halbach, 2019). Ilmaa voi esilämmittää maalämpöputkilla (geothermal tube), jotka on kaivettu 2-3 metrin syvyyteen tai kaasulämmittimillä (Nordlund ja Halbach, 2019).

Yleinen ilman nopeuden tavoitearvo, jolla saadaan aikaan viilennystä kuumastressiä vastaan on 1 m/s (200 ft per minute). Tämä nopeus saadaan aikaan ylipaineisella putkella, joka on suunniteltu käytettäväksi lämpimässä ilmastossa tai joko läpivirtaukselle tai tunnelivirtaukselle suunnitellulla koneellisella ilmanvaihdolla, joka on suunniteltu liikuttamaan ilmaa tällä nopeudella koko eläinrakennuksen poikki (Nordlund ja Halbach, 2019). Kuitenkin jo ilmanvirtaus yli 0,25 m/s (DeLaval, 2020) tai yli 0,5 m/s aiheuttaa vetoa, heikentäen vasikan sopeutumista ympäristöön (ADHB, 2018). Koska veto aiheutuu lämpötilan muutoksista ympäristössä, paras tapa välttää vetoa on huolehtia tasaisesta lämpötilasta vasikkarakennuksissa (DeLaval, 2020).

Yksilökarsinassa tulisi olla kaksi kiinteää seinämää, mutta etu- ja takaseinän tulisi olla mahdollisimman avonaisia ilmanvaihdon takaamiseksi karsinan sisällä. Lämpöstressistä tulisi huolehtia käyttämällä kuivikepohjaa, eikä sulkemalla karsinan seinämiä. Ilman puhtautta voidaan parantaa vähentämällä eläintiheyttä tai käyttämällä lisänä ylipaineilmastointia puhaltamaan pieniä määriä ilmaa kuhunkin karsinaan. Näiden ohjeiden noudattaminen luo vasikkatiloihin olosuhteet, jotka ovat tautipaineen pienentämisessä verrattavissa vasikka-igluihin ja samalla tarjoavat hyvät työskentelyolosuhteet työntekijöille. (Nordlund 2008)

Pintamateriaalit ja kuivitus vasikoiden pitopaikassa

Vasikkakarsinan materiaalin tulee olla helposti puhdistettava ja taata hyvä sisäilma karsinassa. Vasikoita pidettäessä ulkona katollisissa karsinoissa, kattomateriaalin pitää heijastaa auringon säteilyä, ettei lämpötila karsinassa nouse liikaa (Roland ym., 2016). Synteettiset materiaalit (muovi, polyetyleni) takaavat hyvän mikroilmaston kylmällä, sateisella ja tuulisella säällä, mutta kuuma ja kostea säätila saa lämpötilan ja ilmankosteuden nousemaan liian korkeaksi synteettisestä materiaalista valmistetussa karsinassa (Roland ym., 2016). Polyetyleni-igluissa sekä ilmankosteus että bakteerien lukumäärä sisäilmassa ovat korkeampia verrattuna avoimeen karsinaan (Hill ym., 2011).

Syvää olkikuivitusta suositellaan vastasyntyneelle vasikalle, jonka lämmönsäätelykyky on vielä heikko. Valtioneuvoksen asetuksen (592/2010) mukaan alle 2 viikkoisella vasikalla tulee olla tarpeeksi kuiviketta karsinassa. Olkikuiviketta on vasikkakarsinassa tarpeeksi kylmässä ilmassa, kun vasikan maatessa sen takajalat peittyvät kokonaan olkipetiin (Nordlund ja Halbach, 2019). Hill ym. (2011) tutkimuksessa olkikuivikkeella pidetyillä vasikoilla oli suurempi päiväkasvu verrattuna hiekkapohjalla pidettyihin vasikoihin. Samoin olkikuivike takasi kylminä kuukausina paremman päiväkasvun vasikoille verrattuna hiekkapohjaisessa karsinassa pitoon (Hill ym., 2011). Mikäli ihmisen ollessa polvilla 10 sekuntia karsinan lattialla ilman, että housut jäävät polven kohdalta märäksi, on vasikan karsina riittävän kuiva riippumatta kuivikemateriaalista.

Vedenpoisto vasikkakarsinasta on tärkeää, jotta virtsa ja maahan roiskunut vesi pääsee poistumaan kastelematta karsinan kuiviketta. Noin 0,5 metrin syvyydessä oleva

soratäytteinen viemärikouru mahdollistaa vedenpoiston. Veden tulee poistua karsinan ulkopuolelle. Jos lattian pitää olla tasaisesti betonia, lattian tulee olla kallistettu 2% veden valumiseksi pois karsinasta (Nordlund ja Halbach, 2019). Vaikka ritiläpalkki mahdollistaa ylimääräisen nesteen poistumisen karsinasta, saattaa se aiheuttaa ongelmia verrattuna ritilättömään lattiaan. Ritiläpalkilla pidettävien vasikoiden veren hiilidioksidipitoisuus oli korkeampi verrattuna syväkuivikkeella pidettävien vasikoiden pitoisuuksiin (Thielscher ym., 1995). Vasikoilla, joita pidetään ryhmässä ritiläpalkilla esiintyy myös enemmän ripulia ja antibioottien käyttöä (Holstege ym., 2018). Toisaalta taas Bangoura ym. (2011) totesivat ritiläpalkilla kasvatettavien vasikoiden erittävän vähemmän *Eimeria*-alkueläinten ookystiä verrattuna kuivikepohjalla pidettäviin vasikoihin. Vaughan ym. (2014) mukaan ritiläpalkki myös pitää ryhmäkarsinan puhtaampana, erityisesti juoma- ja ruokintapaikalla. Park ym. (2020) totesivat olkipohjaisen syväkuivikkeen olevan kuitenkin paras teurasvasikoiden kasvattamisessa verrattuna betonilattiaan, ritiläpalkkikarsinoin tai kumimatotettuun ritiläpalkkikarsinaan. Ritiläpalkkikarsinassa eläimillä esiintyi enemmän ruhjeita ja tapaturmia ja kumimatotetulla ritiläpalkilla taas häiriökäyttäytymistä (Park ym., 2020). Ulkotiloissa pidettävien karsinoiden kuivana pysymistä edesauttaa niiden sijoittaminen katon alle. Lisäksi karsinan suuaukko on hyvä suunnata pois tuulten ja sateen suunnasta (Roland ym., 2016). Lattialämmitys voi auttaa lämpötilan ylläpitämistä talvikuukausina, mutta sillä on myös haittavaikutuksia. Lämmitetty lattia haittaa veden poistoa lisäten kuivikkeiden märkyttä. Samoin lämmitetty lattia lisää ammoniakkin vapautumista lannasta; 13 °C lämpötilassa ammoniakkia vapautuu huomattavasti enemmän verrattuna 0 °C lämpötilaan (Nordlund ja Halbach, 2019).

Pintojen puhdistettavuus

Ihanteellinen lattia on kompromissi (Baxter, 1984) tai tasapainoinen ratkaisu erilaisten ominaisuuksien välillä (Shaw, 1988). Kotieläinrakennuksissa käytettävien materiaalien puhdistuvuudesta on tehty melko vähän tutkimusta (Sundahl, 1974; Hörndahl, 1995; Puumala ja Lehtiniemi 1993; Larsson, 2000). Puhdistettavuus on kuitenkin yksi tärkeä lattiapintojen hygieenisyyteen vaikuttava tekijä, joka puolestaan vaikuttaa eläinten hyvinvointiin ja terveyteen sekä tuotteiden hygieniaan (Kymäläinen ym., 2008).

Sundahlin (1974) mukaan puuhierretyn betonilattian puhdistettavuus sikaloissa oli huono, mutta teräshierretyn hyvä. Betonin kemiallinen kestävyys, johon vaikuttavat sen koostumus ja tiiveys, vaikuttavat sen puhdistettavuuteen, samoin kuin betonin pinnoittaminen. (Shaw 1988; Puumala ja Lehtiniemi, 1993, Pelletier ym., 2002; Calle ja Carrete 2005). Kymäläisen ym. (2008) mukaan betonin pinnoittamisen vaikutus puhdistettavuuteen oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0.000$), mutta eri pinnoitteiden (5 muovipinnoitetta) välillä ei löydetty merkitsevää eroa ($p=0.050$).

Foschino ym. (2003) tutkivat 12 eri lattiapäällysteen (3 epoksinpinnoitetta, 5 polyuretaanipinnoitetta ja 4 keraamista laatoitusta saumauksineen) puhdistuvuutta. Hygieenisyyden markkereina yksittäin käytetyt bakteerit olivat *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ja *Aspergillus niger*. Tulosten mukaan kaikki bakteereilla saastutetut pinnat olivat puhdistettavia, lukuun ottamatta laatoituksen saumoja ja sen kaltaisia pinnoitteita, kun käytettiin alkaalista pesuainetta.

Valaistus

Pitkänpäivän valaistusohjelma sopii vasikoille, jolloin vasikat viettävät 16 tuntia valoisassa päivävalaistuksessa ja 8 tuntia hämärässä yövalaistuksessa. Navetan päivävalaistukseksi suositellaan vasikan silmän korkeudella yli 200 luksia, joka lisää aktiivisuutta ja karkearehun syöntiä. Yövalaistukseksi suositellaan alle 50 luksia eläimen silmän korkeudella, sillä tällöin vasikka tunnistaa päivän ja yön eron. Yöllä valaistus voi olla sävyllään punainen, joka ei stimuloi aivoja (Dahl, 2003; Nolan ym.; Roy ym., 2016).

Pito-olosuhteiden vaikutus vasikan terveyteen

Taulukossa 6. on esitetty maatalousrakennusten epäpuhtauksien ja kuormitusten vaikutusta eri eläinlajien terveyteen Heimonen ym. (2009) selvityksen pohjalta. Korkea sisäilman pölypitoisuus, ilmankosteus ja kaasupitoisuus vaikuttavat negatiivisesti eläimen terveyteen ja tuotokseen, minkä vuoksi niiden pitoisuus maatalousrakennuksessa on pidettävä suositusten mukaisena.

Taulukko 6. Yhteenveto maatalousrakennusten merkittävimmistä epäpuhtauksista ja kuormituksista sekä yleisesti käytettyjä keinoja niiden pienentämiseksi (Heimonen ym. 2009)

Kuormitus/ epäpuhtaus	Lähde	Kuormituksen pienentämisen keinot	Ohjearvot	Vaikutus eläimiin
Pöly	Rehu	Minimoidaan pölyn synty ruokinnan ja kuivittamisen yhteydessä	MMM 10 mg/m ³	Kanoilla hengitysteiden ja silmien limakalvojen ärsytys Hevosilla hengitystieoireita Pölypartikkelit kuljettavat ammoniakkia sikojen hengityselimistöön, seuraa hengitystieoireita
	Kuivunut lanta	Ilmanvaihdon lisääminen		
	Eläinten iho, karvapeite	Kohdepoisto lähellä pölyn lähdeä		
	Siitepöly, hyönteiset	Pölyn suodatus tulo- ja kiertoilmasta		
Kosteus	Homeet, sienet	Ilman kierrätys ja suodatus	50-85%	Pieneliöt lisääntyvät liian kosteassa, seuraa mm. hengityselinsairauksia, utaretulehduksia jne. Kosteista kulkukäytävistä seuraa herkästi sorkkasairauksia. Homeet lisääntyvät kosteassa. Liian kuivassa pölypitoisuus sekä viirukset ja mikrobit lisääntyvät. Liian kuivassa kanojen höyhenpeite haurastuu ja katkeilee.
	Viirukset, bakteerit	Ilmanpuhdistimet/pesurit		
	Ruokintatapa	Kuivikkeen määrä ja tyyppi Kuivikkeen vaihtoväli		
	Juominen	Veden käytön minimoiminen		
Kosteus	Rehu	Juomatavan järjestelyt	50-85%	Pieneliöt lisääntyvät liian kosteassa, seuraa mm. hengityselinsairauksia, utaretulehduksia jne. Kosteista kulkukäytävistä seuraa herkästi sorkkasairauksia. Homeet lisääntyvät kosteassa. Liian kuivassa pölypitoisuus sekä viirukset ja mikrobit lisääntyvät. Liian kuivassa kanojen höyhenpeite haurastuu ja katkeilee.
	Pesuvesien pois johtaminen			
	Virtsa	Pintojen kuivaaminen,		
	Lanta	kuivattaminen lämmityksellä		
Kosteus	Hengitys	Ilmanvaihdon määrän lisääminen	50-85%	Pieneliöt lisääntyvät liian kosteassa, seuraa mm. hengityselinsairauksia, utaretulehduksia jne. Kosteista kulkukäytävistä seuraa herkästi sorkkasairauksia. Homeet lisääntyvät kosteassa. Liian kuivassa pölypitoisuus sekä viirukset ja mikrobit lisääntyvät. Liian kuivassa kanojen höyhenpeite haurastuu ja katkeilee.
	Pesu	Ilman kuivaaminen kuivureilla		



		Kuivikkeeseen sitominen Kuivikkeen laatu, C/N suhde		
		Lannanpoiston järjestäminen: lantakourun ala, lantapinnan ala, lannanpoiston aika, säilytysaika virtsan erottaminen lannasta		
		Ruokinta: lannan pH arvoon vaikuttaminen rehun valkuainen, ei valkuaisyli ruokintaa		
Ammoniakki NH ₃	Lanta (kuiva- aineen hajoaminen) Virtsaa (urea)	Lannan lämpötila: lannan jäädyttäminen ilman/ympäristön lämpötilan hallinta ilmanvaihdon määrän lisääminen ei ilmanvaihtoa/huuhtelua lantaisilta pinnoilta, aina puhtaalta alueelta likaiselle pään kohdepoisto lantakanavasta tai läheltä ammoniakkilähdettä Kohdepoisto- ja puhdistuslaitteet, ammoniakkipesurit	MMM 10 ppm	Silmä- ja hengitystieoireet, sairastumiset pitkässä altistumisessa Sioilla pitoisuuksissa > 50 ppm tuotantotulos ja terveys heikkenee
Hiilidioksidi CO ₂	Hengitys Syrjäyttää hapen ja huonontaa ilman laatua sitä kautta	Ilmanvaihdon lisääminen Kohdepoistot	MMM 3000 ppm	Ei määräysten/ohjeiden pitoisuuksilla havaittua tuottavuusmuutosvaikutusta
Rikkivety H ₂ S	Lietelanta	Ilmanvaihdon lisääminen Kohdepoistot Lietelantajärjestelmän vesilukot	MMM 0,5 ppm	> 700 ppm pitoisuuksissa välitön hengenvaara





Optimaalisilla pito-olosuhteilla on suuri vaikutus myös vasikan terveyteen ja riskiin sairastua tai kuolla. Antibioottien käytön lisääntynyt insidenssi vasikoilla on yhteydessä mm. koneelliseen ilmanvaihtoon ja yli 10 ppm ammoniakki pitoisuuteen hengitysilmassa. Samoin suuri lämpötilan vaihtelu on yhteydessä yli 3% vasikkakuolleisuuteen (Schnyder ym., 2019). Vaikka ympäristötekijöiden ja vasikkaripuliin sairastumisen riskiä ei ole voitu tieteellisesti osoittaa, voi ympäristön kosteus ja korkea lämpötila edesauttaa mikrobien lisääntymistä ympäristössä altistaen vasikan ripulin taudinaiheuttajille.

Korkea ammoniakkipitoisuus hengitysilmassa ärsyttää silmiä ja hengitysteitä vähentäen hengityskapasiteettia sekä toimii kroonisena stressinaiheuttajana heikentäen vasikoiden vastustuskykyä (Moore ym., 2012b). Ammoniakin ärsyttäessä silmiä kyynelvuoto on runsaampaa (Suyama ym., 2019), joka voi johtaa ihon ärsytykseen silmien alueella altistaen vasikan ihotulehduksille. Korkea hiukkaspitoisuus hengitysilmassa voi välittää taudinaiheuttajia vasikalta toiselle, sillä mikrobit tarttuvat hiukkasiin. van Leenen ym. (2020) tutkimuksessa altistus yli 4 ppm ammoniakkipitoisuuksille tunnissa oli yhteydessä vasikoilla esiintyviin lieviin (> 1 cm) keuhkokudoksen tiivistymiin. Samassa tutkimuksessa todettiin vasikkatilan ammoniakkipitoisuuden vaikuttavan suurentavasti vasikalta otetun keuhkohuuhtelunäytteen epiteelisolujen osuuteen.

Korkea hiukkas- ja mikrobipitoisuus hengitysilmassa voi altistaa vasikan hengitystiesairauksille (Moore ym., 2012b). Hengitystietulehduksen riski kasvoi Louie ym. (2018) tehdyssä tutkimuksessa 12,7%, kun puisen vasikkakarsinan sisälämpötila kasvoi yhden asteen vasikan sietämällä maksimilämpötila alueella. Myös van Leenen ym. (2020) tutkimuksessa vasikkakarsinan suurempi keskilämpötila vaikutti altistavasti vasikan keuhkoissa esiintyviin eriasteisiin (> 1 cm, > 3 cm, > 6 cm) tiivistymiin, jotka viittaavat hengitystietulehduksen olemassaoloon. Riski yli 3 ja 6 cm suuruisiin keuhkokudoksen tiivistymiin oli vasikoilla, joiden ympäristössä vetoa oli yli 0,8 m/s (van Leenen ym., 2020). Samoin lämpötila-kosteusindeksin (temperature humidity index) noustessa yhdellä yksiköllä, vasikan riski sairastua hengitystietulehdukseen kasvoi 7,0%, vaikka ilmankosteus yksinään ei ollut tilastollisesti merkittävä tekijä hengitystietulehduksen syntymiselle (Louie ym., 2018). Myös silminnähtävä pöly ilmassa sekä vasikoiden kasvatus metallikatkoisessa puukarsinassa lisäsi vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehdukseen verrattuna pölyttömään ilmaan ja kokonaan puusta valmistettuun vasikkakarsinaan (Dubrovsky ym., 2019). Mikäli vasikoita pidettiin vetoisassa, tai kuivassa, mutta lämpimässä ja ammoniakkipitoisessa ympäristössä, oli niillä suurempi riski vakava-asteisten (> 3 ja 6 cm) kudostiivistymien esiintyvyyteen sekä tiivistymien syvyyteen (van Leenen ym., 2020).

Yhteenveto

Vasikoita kasvatetaan nykyisin monenlaisissa olosuhteissa riippuen vasikan tulevasta käyttötarkoituksesta, iästä, maantieteellisestä sijainnista ja olemassa olevista rakennusratkaisuista. Riippumatta vasikan kasvatustavasta ja pitopaikasta, tulee vasikan pitoympäristön olla puhdas ja kuiva sekä tarjota suojaa tuulta, sadetta, auringon säteilyä ja kylmää tai kuumaa lämpötilaa vastaan. Riittävä tila eläintä kohti ja mahdollisuus sosiaaliseen käyttäytymiseen lajitovereiden kesken lisää vasikan hyvinvointia. Ympäristön lämpötila tulee suhteuttaa vasikan ikään; vastasyntyneet vasikat sopeutuvat heikommin lämpötilan ääripäihin verrattuna teinivasikoihin ja nuorkarjaan. Ilmankosteus vaikuttaa ympäristön lämpötilan tuntemiseen lisäten kylmyyden tunnetta matalissa lämpötiloissa ja kuumuuden tunnetta korkeissa lämpötiloissa. Hyvästä ilmanvaihdosta on pidettävä huolta, kun vasikoita kasvatetaan sisätiloissa, sillä huono ilmanvaihto yhdessä korkean ympäristön lämpötilan kanssa lisää vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehduksiin. Hyvä ilmanvaihto vähentää myös haitallisten kaasujen pitoisuutta





hengitysilmassa lisäten vasikoiden hyvinvointia. Ilmanvaihto vasikkarakennuksessa ei saa kuitenkaan aiheuttaa vetoa, sillä se heikentää vasikoiden terveyttä. Ympäristön veto, korkea lämpötila ja ammoniakkipitoisuus vaikuttavat altistavasti hengitystietulehdusten esiintyvyyteen. Vasikan makuupaikan tulee olla hyvin kuivitettu ja puhdas. Rakennemateriaali vaikuttaa vasikkakarsinan mikroilmastoon, joten karsinaa rakennettaessa rakennusmateriaali tulee ottaa huomioon. Jotta karsina tai makuupaikka pysyy kuivana, on kuivituksen lisäksi mahdollista vaikuttaa lattian kaltevuuteen ja viemärointiin ylimääräisen nesteen poistamiseksi vasikan ympäristöstä. Yhdessä laadukkaan ruokinnan ja hyvän hoidon kanssa optimaaliset pito-olosuhteet takaavat vasikan hyvän terveyden ja kasvun lypsylehmäksi tai teuraseläimeksi sekä ennaltaehkäisevät vasikan riskiä sairastua mm. hengitystietulehduksiin.



Lähteet

AHDB 2018. AHDB Beef and Lambs, Better Returns Programme. <https://beefandlamb.ahdb.org.uk/wp-content/uploads/2018/04/BRP-plus-Better-calf-housing.pdf>

Aho, P. 2003. Vasikoiden hoito-opas 2003. Helsinki: Valio, Alkutuotanto ja neuvonta 2003.

Bangoura, B., Mundt, H.C., Schmäschke, R., Westphal, B., Dauschies, A. 2011. Prevalence of Eimeria bovis and Eimeria zuernii in German cattle herds and factors influencing oocyst excretion. Parasitol Res. Suppl 1:S129-S138. doi:10.1007/s00436-011-2409-1

Baxter, S. 1984. Intensive Pig Production: Environmental Management and Design. 588 p. Granada Publishing Ltd, Great Britain.

Calleja Carrete, J. 2005. The aggressive agents for concrete in agricultural, livestock and agroalimentary industries. In: Proceedings of the V International Symposium "Concrete for a sustainable agriculture", 5-8 June 2005, San Lorenzo de El Escorial, Spain. 427 p. (pp. 153-160)

Calvo-Lorenzo, M.S., Hulbert, L.E., Fowler, A.L. ym. 2016. Wooden hutch space allowance influences male Holstein calf health, performance, daily lying time, and respiratory immunity. J Dairy Sci. 99, 4678-4692. doi:10.3168/jds.2016-10888

CIGR 2015. CIGR Working Group Reports. [The Design of Dairy Cow and Replacement Heifer Housing](http://cigr.org/Resources/working-group-reports.php). <http://cigr.org/Resources/working-group-reports.php>

CIGR 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. II: Animal Production and Aquacultural Engineering. <http://cigr.org/Resources/handbook.php>

Cummins, K.A. ja Brunner, C.J. 1991. Effect of calf housing on plasma ascorbate and endocrine and immune function. Journal of Dairy Science 74, 1582-1588.

Dahl, G.E. 2003. Photoperiod Management of Dairy Cattle for Performance and Health. Advances in Dairy Technology, 15, 347.

Davis, L.R., Autrey, K.M., Herlich, H., Hawkins, G. 1954. Outdoor individual portable pens compared to conventional housing for raising dairy calves. Journal of Dairy Science 37, 562-570.

DeLaval. Calf Management. <http://www.delavalcorporate.com/globalassets/category-pages/delaval-calf-care-and-management-booklet.pdf>

De Sousa, P., and Pedersen, S. 2004. Ammonia emission from fattening pig houses in relation to animal activity and carbon dioxide production. Agric. Eng. Intl. 6:BC04 003. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/547/541>.

- Dubrovsky, S.A., Van Eenennaam, A.L., Karle, B.M., Rossito, P.V., Lehenbauer, T.W., Aly, S.S. 2019. Epidemiology of bovine respiratory disease (BRD) in preweaned calves on California dairies: The BRD 10K study. *Journal of Dairy Science*, 102, 7306-7319.
- Foschino, R., Picozzi, C., Giorgi, E., Bontempi, A. 2003. Cleanability of floor surface materials in terms of removal of microorganisms at a low contamination level. *Annals of Microbiology*. 2003; 53(2): 253-265
- Hanninen, L., Hepola, H., Rushen, J., de Passille, A.M., Pursiainen, P., Tuure, V.M. ym. 2003. Resting behavior, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agriculture Scandinavia, Animal Science* 53, 21-28.
- Heimonen, I., Heikkinen, J., Kovanen, K., Laamanen, J., Ojanen, T., Piippo, J., Kivinen, T., Jauhiainen, P., Lehtinen, J., Alasuutari, S., Louhelainen, K. & Mäittä, J. 2009. Maatalouden kotieläinrakennusten toimiva ilmanvaihto. VTT TIEDOTTEITA . RESEARCH NOTES 2521.
- Hill, T.M., Bateman II, H.G., Aldrich, J.M., Schlotterbeck, R.L. 2011. Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 94, 2138-2146.
- Holstege, M.M.C., de Bont-Smolenaars, A.J.G., Santman-Berends, I.M.G.A., ym. 2018. Factors associated with high antimicrobial use in young calves on Dutch dairy farms: A case-control study. *J Dairy Sci*. 101, 9259-9265.
- Hulsen, J. ja Swoemink, B.K. 2014. From calf to heifer. A practical guide for rearing your youngstock.
- Hörndahl, T. 1995. Slitstyrka och halksäkerhet hos golv i djurstallar. Inverkan av material och utförande. Specialmeddelande 220, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, Lund, Sweden. 49 p.
- Jorgenson, L.J., Jorgenson, D J., Schingoethe, D.J., Owens, M.J. 1970. Indoor versus outdoor calf rearing at three weaning ages. *Journal of Dairy Science* 53, 813-816.
- Karhunen, J. 1992. Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa. *Vakolan tiedote* 52/92. ISSN 0355-1415.
- Kymäläinen, Hanna-Riitta; Mäittä, Jenni; Puumala, Maarit; Kaustell, Kim O.; Mattila, Tiina; Joutsen, B.-L.; Kuisma, Risto; Hurme, K.-R.; Uusi-Rauva, A.; Sjöberg, Anna-Maija. 2008. A laboratory study of the effect of coating on cleanability of concrete flooring for use in piggeries. *Biosystems Engineering* 99 1: 88-98.
- Lago, A., McGuirk, S.M., Bennett, T.B., Cook, N.B. and Nordlund, K.V. 2006. Calf Respiratory Disease and Pen Microenvironments in Naturally Ventilated Calf Barns in Winter. *J. Dairy Sci*. 89:4014-4025.
- Louie, A.P., Rowe, J.D., Love, W.J., Lehenbauer, T.W., Aly, S.S. 2018. Effect of the environment on the risk of respiratory disease in preweaning dairy calves during summer months. *Journal of Dairy Science*, 101, 10230-10247.

Mannfors, B. ja Hautala, M., 2011. Eläinten hyvinvointiin perustuva tuotantoeläinrakennusten mikroilmasto: Ilmanvaihtoon ja lämpötilaan liittyvät suositukset. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos, Julkaisuja 6.

Marce, C., Guatteo, R., Bareille, N. and Fourichon, C. 2010. Dairy calf housing systems across Europe and risk for calf infectious diseases. *Animal* (2010), 4:9, pp 1588–1596.

MMM 2001. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamista koskevat määräykset ja ohjeet. Liite 10 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista määräyksistä ja suosituksista (100/01): Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto, MMM-RMO C2.2. (ei enää voimassa, vain ohjeellinen)

Moore, D.A., Duprau, J.L. and Wenz, J.R. 2012. Short communication: Effects of dairy calf hutch elevation on heat reduction, carbon dioxide concentration, air circulation, and respiratory rates. *Journal of Dairy Science* Vol. 95 No. 7.

Moore, D.A., Heaton, K., Poisson, S., Sisco, W., M. 2012b. Dairy Calf Housing and Environment: The Science Behind Housing and On-Farm Assessments. Washington state university extension. EM045E. <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2147/2017/07/EM045E.pdf>

Nolan, D., Amaral-Phillips, D, Bewley, J. The Effects of Lighting Manipulation on Dairy Cattle Management. <https://afs.ca.uky.edu/dairy/effects-lighting-manipulation-dairy-cattle-management>
Nordlund, K.V. 2008. Practical considerations for ventilating calf barns in winter. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*. Volume: 24, Issue: 1. Pages: 41-+

Nordlund, K.V. and Halbach, C.E. 2019. Calf Barn Design to Optimize Health and Ease of Management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Volume 35, Issue 1, March 2019, Pages 29-45. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.002>

Park, R. M., Foster, M., Daigle, C. L. 2020. A Scoping Review: The Impact of Housing Systems and Environmental Features on Beef Cattle Welfare. *Animals : an open access journal from MDPI*, 10(4), 565. <https://doi.org/10.3390/ani10040565>

Peters, A.R. 1986. Some husbandry factors affecting mortality and morbidity in a calf-rearing unit. *Veterinary Record* 119, 355-357.

Prill, R. 2000. Why measure carbon dioxide inside buildings? Washington State University Extension Energy Program, Spokane. <http://www.energy.wsu.edu/Documents/CO2inbuildings.pdf>.

Razzaque, M.A., Abbas, S., Al-Mutawa, T., Bedair, M. 2009. Performance of pre-weaned female calves confined in housing and open environment hutches in Kuwait. *Pakistan Veterinary Journal* 29, 1-4.

Roland, L., Drillich, M., Klein-Jöbstl, D., Iwersen, M. 2016. Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 99, 2438-2452.



Roy, A.K., Singh, M., Kumar, P., Kumar, B.S.B. 2016. Effect of extended photoperiod during winter on growth and onset of puberty in Murrah buffalo heifers. *Veterinary World*, 9, 216-221.

Schnyder, P., Schönecker, L., Schüpbach-Regulab, G., Meylana, M. 2019. Effects of management practices, animal transport and barn climate on animal health and antimicrobial use in Swiss veal calf operations. *Prev. Vet. Med.* 167:146-157.

Suyama, Y., Matsuda, K., Teshima, T., Matsumoto, H., Koyama, H. 2019. The effect of environmental and biological factors on STT I and normal total tear protein concentration in Japanese black calves. *J. Vet. Med. Sci.* 81(1): 26–29.

Svensson, C. ja Liberg, P. 2006. The effect of group size on health and growth rate of Swedish dairy calves housed in pens with automatic milk-feeders. *Preventive Veterinary Medicine* 73, 43-53.

Thielscher, H.H, Hoppe, T., Thielscher, M. 1995. The Acid-Base Balance in the Blood of Calves of Different Breeds in a Mother Cow Herd Raised on Deep Straw and Strawless Conditions. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, 108, 339-343.

Turnbull, J.E. 1980. Housing and Environment for Dairy Calves. *Can. Vet. J.* 21: 85-90.

Valtioneuvoston asetus nautojen suojelusta 592/2010.

van Leenen, K., Jouret, J., Demeyer, P., Van Driessche, L., De Cremer, L., Masmeyer, C., Boyén, F., Deprez, P., Pardon, B. 2020. Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 181, 105056.

Vaughan, A., de Pasillé, A.M., Stookey, J., Rushen, J. 2014. Urination and defecation by group-housed dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97, 4405-4411.

