



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Inhyningsrelaterade faktorer som påverkar förekomsten av luftvägsinfektioner hos kalvar



Foto: Anna-Linnéa Rundberg

Anna-Linnéa Rundberg

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **432**

Uppsala 2013

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **432**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Inhysningsrelaterade faktorer som påverkar förekomsten av luftvägsinfektioner hos kalvar

Housing-related factors which affect the incidence of respiratory infections in dairy calves

Anna-Linnéa Rundberg

Handledare: Michael Ventorp, SLU, Inst. för biosystem och teknologi
Supervisor:

Ämnesansvarig: Ingemar Olsson, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Subject responsibility:

Examinator: Jan Bertilsson, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 15 hp
Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0553
Course code:

Program: Agronomprogrammet - husdjur
Programme:

Nivå: Grund G2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2013
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 432
Series name, part No:

On-line publicering:
On-line published: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Kalv, luftvägsinfektion, ventilation, inhysning, gruppstorlek, riskfaktor, biosäkerhet
Key words: Calf, respiratory disease, ventilation, housing, group size, risk factor, biosecurity

Abstract

Respiratory disease is one of the most common health problems in dairy calves, creating significant costs for the industry. Respiratory infections, while bacterial in nature, are complex and triggered by viruses and environmental factors. One of the contributing viruses, BVDV, has been eradicated in the Nordic region through a voluntary control programme. There is potential to do this with BRSV as well. In order to reduce the infection pressure and prevalence of respiratory disease in calves it is important to understand how infection spreads and how environmental and management factors influence the incidence and severity of infection. Respiratory disease among calves can be reduced by biosecurity measures, good ventilation of microenvironments, individual housing or small group size, and homogenous age groups.

Sammanfattning

Luftvägssjukdomar är ett av de vanligaste hälsoproblemen hos kalvar och utgör en betydande kostnad för branschen. Luftvägssjukdomar är komplexa till sin natur och uppkommer endast då en kombination av faktorer som inkluderar djuret, miljön och infektiösa agens förekommer. Ofta är den primära patogenen ett virus och den påföljande lunginflammationen orsakas av bakterier. Ett bidragande virus, BVDV, har genom ett frivilligt kontrollprogram utrotats i Norden och det finns potential att utrota även BRSV. Genom en ökad förståelse för biosäkerhet och hur ventilation av mikromiljöer, gruppstorlek och ålderssammansättning påverkar smittrycket och luftvägshälsan hos kalvar kan byggnader och management-rutiner som minimerar risken för respiratoriska sjukdomar utformas.

Inledning

Förekomsten av luftvägsinfektioner hos kalvar anses, tillsammans med diarré, vara ett av de vanligast förekommande hälsoproblemen hos kalvar globalt (Gorden et al., 2010) och är enligt vissa studier ett växande och mer betydelsefullt problem än man tidigare trott (Autio et al., 2007; Svensson et al., 2003, 2006; Gulliksen et al., 2009c). Kalvhälsan har generellt förbättrats märkbart under de senaste 25 åren, mycket tack vare förståelsen för råmjölkens betydelse (LeBlanc et al., 2006). Men trots ökad förståelse för patogenes, orsakande agens, vaccinteknologi och förebyggande åtgärder verkar det som luftvägssjukdomar förblir ett av de främsta hälsoproblemen hos nötboskap globalt (Callan & Garry, 2002).

Luftvägsinfektioner innebär lidande och försämrade djurvälstånd för de drabbade djuren och extra kostnader för lantbrukaren (Ackermann et al., 2010). Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA) hänvisar i rapporten "Hur mycket kostar sjukdomar för lantbrukets djur?" (2012) till en studie utförd 2009 där luftvägsinfektioner hos svenska kvigkalvar av mjölkkras beräknades uppgå till 2150 SEK per fall. Av dessa var 575 SEK direkta kostnader och 1575 SEK indirekta kostnader. De direkta kostnaderna utgjordes bland annat av behandlingskostnader, extra arbete och nedsatt tillväxt vilket i sin tur medför ökade foderkostnader. De indirekta kostnaderna utgjordes av 12 % längre kalvningsintervall och 3 månader senare första kalvning.

I detta arbete kommer fokus att ligga på smittsamma luftvägssjukdomar orsakade av virus och bakterier, i litteraturen samlade under termen Bovine Respiratory Disease Complex (BRDC). BRDC är multifaktoriellt till sin natur och uppkommer endast då en kombination av faktorer som inkluderar djuret, miljön och infektiösa agens förekommer (Callan & Garry, 2002). Mer specifika faktorer som bidrar till hur allvarlig luftvägsinfektionen blir och som i viss mån fall-

ler under den ovan nämnda faktorn miljö är inhysning, klimat och management (Gulliksen et al., 2009a).

Det kanske enskilt mest betydelsefulla framsteget under de senaste 25 åren vad gäller mjölkbesättningars hälsa har varit paradigmskiftet från behandling av kliniska symptom till förebyggande åtgärder (LeBlanc et al., 2006). Under samma tid har forskningen givit oss en tydligare bild av hur smittsamma luftvägssjukdomar uppkommer och varför de är så vanliga. Ändå har inte sjukligheten och dödligheten som förknippas med luftvägsinfektioner minskat, främst på grund av det faktum att djuren sköts och inhyses på sätt som gör dem mottagliga för sjukdomar (Callan & Garry, 2002). Det är denna tanke om förebyggande åtgärder vad gäller kalvens närmiljö och inhysning och gapet mellan kunskap och praktisk implementering som motiverat detta arbete.

Kalvar inhysta i individuella kalvhyddor utomhus uppvisar generellt en lägre förekomst av luftvägsinfektioner (Marcé et al., 2010; Woolums et al., 2009; Virtala et al., 1999) och lägre dödlighet (Waltner-Toews et al., 1986). Kalvhyddor utomhus, förutsatt att de placeras och sköts på rätt sätt, innebär den minsta risken för spridning av patogener eftersom djurtätheten är lägre än den är inomhus, luftrummet inte är begränsat och hyddor kan flyttas till nya fräscha underlag mellan kalvar vilket minimerar ansamlingen av patogener (Maunsell & Donovan, 2008). Det verkar som om ventilation, gruppstorlek och ålderssammansättning är riskfaktorer som påverkar smittrycket kalven utsätts för. Dessa inhyningsrelaterade faktorer, i kombination med biosäkerhetsprogram, kan påverkas och utformas så att risken för luftvägsinfektioner hos kalvar minimeras.

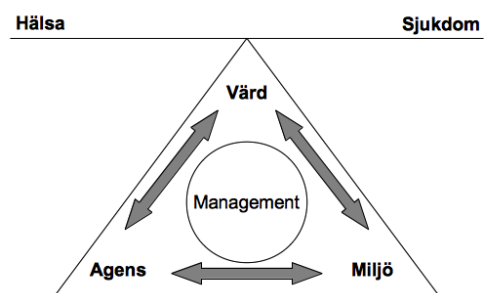
Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva och skapa förståelse för hur ventilation, gruppstorlek och ålderssammansättning påverkar biosäkerhet, smittryck och förekomst av luftvägsinfektioner hos kalvar i mjölkbesättningar i åldern 0-2 månader. Denna åldersavgränsning syftar till att avspegla den tid då det är vanligt att avvänja dessa kalvar från mjölk. Det är också den åldersgräns som den Europeiska Unionens (EU) regler maximalt tillåter en kalv att inhysas individuellt innan kalvens behov av social kontakt med andra djur måste tillgodoses (Council Directive 91/629/EEC, Council Directive 97/2/EC). Genom en ökad förståelse för hur ventilation, gruppstorlek och ålderssammansättning påverkar kalvhälsan kan vi utforma byggnader och rutiner som minimerar risken för respiratoriska sjukdomar.

Litteraturgenomgång

Respiratoriska patogener

Balansen mellan riskfaktorer och skyddande faktorer avgör hälsostatusen hos ett djur. Balansen är beroende av samspelet mellan komponenterna i den epidemiologiska triaden: värd, agens och miljö som alla påverkas av management och rutiner, se Figur 1 (LeBlanc et al., 2006).

Denna grundläggande förståelse för det komplexa samspel som råder mellan djuret, miljön som djuret befinner sig i och vilka patogener djuret utsätts för är utgångspunkten för detta arbete. Denna förståelse lägger även grunden för biosäkerhet, smittskyddsrutiner och försök att minimera smittryck.



Figur 1: En schematisk beskrivning av samspelet mellan sjukdomsframkallande faktorer. Modifierad efter LeBlanc et al. (2006).

BRDC är en komplex infektiös sjukdom (Ackermann et al., 2010) som yttrar sig som lunginflammation men kan orsakas av en mängd olika kombinationer av infektiösa agens, försämrad immunitet hos djuret och miljömässiga betingelser (Woolums et al., 2009). Det finns ytterligare två kategorier av sjukdomar relaterade till de respiratoriska organen: interstitiella lunginflammationer samt metastatiska lunginflammationer. Dessa två kategorier är ganska ovanliga och anses inte vara smittsamma till sin karaktär, men utgången för de djur som drabbas ofta är dödlig (Callan & Garry, 2002). Litteraturen som detta arbete baseras på har genomgående behandlat BRDC, det vill säga den smittande typen av lunginflammation, eftersom BRDC är den överlägset vanligaste typen av luftvägssjukdom hos nöt och då speciellt kalvar. Eftersom BRDC är smittsamt till sin natur kan sjukdomskomplexet delvis förebyggas med hjälp av biosäkerhetsprogram och förståelse för hur inhysning och ventilation påverkar riskerna för att utveckla sjukdomen.

I arbetet används termer som luftvägssjukdomar, luftvägsinfektioner, respiratoriska sjukdomar och lunginflammation beroende på hur sjukdomskomplexet beskrivits i litteraturen. I litteraturen används ofta termen *enzootic pneumonia* för lunginflammation hos kalvar i mjölkbesättningar och *shipping fever* för lunginflammation hos kalvar i dikobesättningar. Dessa termer skulle kunna bytas ut mot BRDC eftersom det är den smittsamma kategorin som avses. I detta arbete behandlas BRDC hos kalvar inom mjölkbesättningar eftersom inhysningen av mjölkkalvar avsevärt skiljer sig från inhysningen av kalvar i dikobesättningar och därmed skiljer sig även sjukdomsutvecklingen. BRDC orsakas ofta av två eller flera infektiösa agens i samverkan, även om vissa agens kan orsaka sjukdom på egen hand (Woolums et al., 2009).

Virus

Virus är associerade med utvecklingen av BRDC även om den slutliga lunginflammationen i första hand orsakas av bakterier. De virus som är associerade med BRDC är bovint herpesvirus typ 1, bovint respiratoriskt syncytialt virus (BRSV), bovint virusdiarré virus (BVDV), bovint parainfluenza virus typ 3 (PIV-3) och bovint coronavirus (BCV) (Woolums et al., 2009; Callan & Garry, 2002; Ackermann et al., 2010). Virus som i den internationella litteraturen anses vara mindre viktiga eller som sällan isoleras från nöt i samband med respiratoriska sjukdomar är bovint herpesvirus typ 4, bovint adenovirus, bovint rhinovirus, bovint reovirus, bovint enterovirus, calicivirus och influensavirus (Woolums et al., 2009).

I Sverige förekommer BRSV, BCV, PIV-3 och bovint adenovirus emedan Sverige har förklarats fritt från bovint herpesvirus typ 1 (Hägglund et al., 2006). En studie utförd i södra Sverige, ett område där förekomsten av BRSV och BCV har bekräftats hög på besättningsnivå, visade att endast 38 % av testade besättningar visade antikroppar mot BVDV i tankmjölken i jämförelse med 91 % år 1991. Denna nedgång i förekomst av BVDV indikerar att det frivilliga kontrollprogrammet för BVDV i Sverige fungerar (Hägglund et al., 2006). I dagsläget anses BVDV vara helt utrotat i Sverige, Finland, Norge och Danmark (Alenius, 2013 personligt meddelande). Däremot hittas adenovirus typ 3 i stort sett i alla svenska besättningar (Alenius, personligt meddelande, 2013) och detta virus är därmed ett av de vanligaste virusen associerade med respiratoriska sjukdomar i Sverige.

I en studie av Ohlson et al. (2013) studerades infektionsdynamiken för BRSV och BCV i totalt 79 besättningar från Västerbotten och Jämtland i norr samt Gotland och Halland i söder. De två södra landskapen uppvisade en kontinuerligt hög andel besättningar som var positiva för antikroppar mot både BCV och BRSV (75-100%). I de norra besättningarna var variationen större och där uppvisade 38-80% av besättningarna antikroppar mot BCV emedan 0-80%

av besättningarna var positiva för BRSV. I ett av landskapen var samtliga besättningar negativa för BRSV under de tre år som studien pågick. I de norra landskapen verkade nivån av antikroppar mot BRSV dessutom sjunka över tid. Detta resultat indikerar att det är möjligt att etablera regioner som är helt fria från BRSV-infektioner (Ohlson et al., 2013).

Spridningen av BRSV och BCV sker i första hand genom direktkontakt mellan djur eller genom besökare (Ohlson, 2010). BRSV och BCV är båda så kallade höljda virus vilket gör att de är mer instabila och känsliga för avdödning jämfört med nakna virus (Baker, 1997; Clark, 1993). Bovint adenovirus, bovin rhinovirus, bovin reovirus och bovin enterovirus är alla så kallade nakna virus, det vill säga virus som saknar hölje (Woolums et al., 2009). Av alla nämnda virus är det i stort sett endast BRSV som på egen hand kan orsaka allvarliga skador i lungorna. Däremot kan alla nämnda virus göra lungorna mottagliga för bakteriell infektion genom att försämra luftvägarnas försvarsmekanismer (Callan & Garry, 2002).

Bakterier

De bakterier som vanligtvis associeras med skador på lungorna är så kallade kommensaler, det vill säga de är del av idisslarens normala mikroflora, och förekommer normalt i de övre luftvägarna (Woolums et al., 2009). De flesta av dessa smittsamma bakterier kan inte orsaka sjukdom utan närvaro av andra faktorer så som negativa miljöförhållanden, fysiologisk stress eller samverkande infektioner som försvagar världens immunförsvar (Griffin et al., 2010). De bakterier som vanligen är associerade med BRDC är *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni* och *Mycoplasma bovis* (Woolums et al., 2009; Griffin et al., 2010). I Sverige är det oftast *P. multocida* som isoleras i samband med lunginflammationer hos kalvar (Alenius, 2013 personligt meddelande). Sverige har fram till nyligen varit fritt från *M. bovis* men bakterien har nyligen bekräftats i några besättningar i Skåne (Alenius, 2013 personligt meddelande).

P. multocida är en diversifierad bakterie som kan delas in i fem olika serotyper och det är i huvudsak serotyp A som förknippas med BRDC. *P. multocida*, liksom *M. haemolytica* och *H. somni*, kan förekomma normalt i slemhinnan i de övre luftvägarna (Woolums et al., 2009). Det verkar som om *P. multocida* kräver samverkande faktorer så som miljöförhållanden, brister eller snabba förändringar i utfodringen, dåligt foder, transport, andra infektiösa agens, gastrointestinala patogener eller parasiter för att orsaka lunginflammation (Griffin et al., 2010). *P. multocida* förknippas oftast lunginflammation hos kalvar i mjölkbesättningar. Det har föreslagits att kalvar med ihållande skador på lungornas försvarsmekanismer orsakade av virus, mycoplasma eller bristande inhysning och ventilation andas in små doser av *P. multocida* över lång tid vilket leder till att bakterien kan etablera sig och orsaka skador på lungorna (Woolums et al., 2009).

Hälsoläget i Sverige, Norge och Finland

Svensson et al. (2006) studerade dödligheten bland kvigkalvar i 122 icke-slumpvist utvalda mjölkbesättningar i sydvästra Sverige och fann att trots att diarré var den vanligaste dödsorsaken hos kalvar yngre än 31 dagar var lunginflammation den vanligaste dödsorsaken (27%) i åldersgruppen 1-6 månader. Medianåldern vid dödsfall var 50 dagar och risken för att dö var högst under den första levnadsveckan. Författarna påpekar att dödligheten generellt bland svenska kvigkalvar är relativt låg i förhållande till internationella siffror.

Gulliksen et al. (2009c) studerade förekomsten av kalvsjukdomar i 135 slumpvist utvalda norska mjölkbesättningar och fann att den registrerade förekomsten av respiratoriska sjukdomar var 2,9 % med en medianålder på 37 dagar. Man studerade också hur väl dessa registreringar speglar verkligheten och fann att förekomsten av kalvsjukdomar i Norge underskattas med ca 40 % vilket betyder att den verkliga förekomsten av luftvägssjukdomar är 4,1 %. Gulliksen et al. (2009b) konstaterade i en studie om kalvdödlighet i Norge att lunginflammation var den vanligaste obduktionsdiagnosen där 27,7 % av de avlidna kalvarna hade dött som följd av lunginflammation. Man kunde även visa att luftvägsinfektioner ökade risken för dödlighet i alla studerade åldersgrupper. Norge har, liksom Sverige och Finland, förklarats fritt från BVDV. Allmänt förekommande virus associerade till respiratoriska sjukdomar i mjölkbesättningar i Norge är PIV-3, BRSV och bovint coronavirus (Gulliksen et al., 2009a).

Autio et al. (2007) studerade förekomsten av bakterier, mycoplasma och virus i de lägre respiratoriska organen i all-in all-out inhysningssystem för icke-vaccinerade kalvar i Finland. Man fann att *P. multocida* var den vanligaste bakteriella patogenen emedan *Mannheimia* spp. *H. somni* förekom sällan. *M. bovis* påvisades inte överhuvudtaget och inga fall av mastit orsakade av *M. bovis* har rapporterats i Finland. Av de 40 besättningarna som ingick i studien uppvisade 16-21 besättningar BRSV, bovint adenovirus, bovint coronavirus eller PIV-3. Sex besättningar uppvisade inga virusinfektioner alls.

Sivula et al., (1996) visade i en studie om sjuklighet och dödlighet på grund av respiratoriska sjukdomar hos kalvar i Minnesota, USA, att kalvskötaren kunde avgöra att kalven dog av lunginflammation med en säkerhet på 100 % men med en känslighet på endast 56 %. Känslighet i detta fall innebär att skötaren upptäckte bara dryga hälften av alla fall av verkliga lunginflammationer, alltså det antal lunginflammationer som kunde säkerställas som dödsorsak genom obduktion. Resultatet indikerar att det är svårt att upptäcka och diagnostisera luftvägsinfektioner i tid. Detta skulle vidare kunna indikera att mörkertalet gällande luftvägssjukdomar som kalvskötaren rapporterar in i nationella program så som Kokontrollen är betydande och att antalet kalvar som lider av luftvägssjukdomar troligtvis är större än vad som anges i officiella siffror.

Biosäkerhet och smittryck

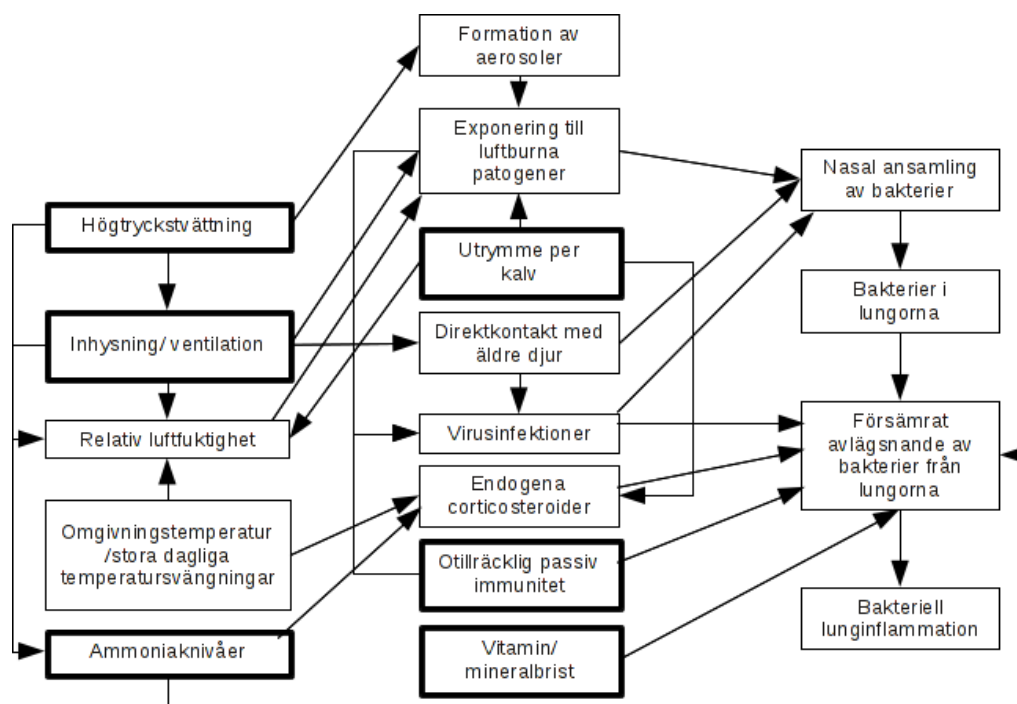
Den grundläggande idén med biosäkerhet är att minska spridningen av patogener mellan djur (Callan & Garry, 2002). För att kunna göra detta är det viktigt att förstå hur smittspridning går till mellan besättningar och mellan enskilda djur samt vilka faktorer som ökar eller minskar risken för att djuren insjuknar. Förståelsen för hur management och rutiner kan minska spridningen av eller exponering för patogener är nyckeln till att skapa effektiva biosäkerhetsprogram (Callan & Garry, 2002).

En studie av Nöremark et al. (2010) visade att det förekommer stor variation gällande biosäkerhet både inom och mellan grupper av djurhållare i Sverige och trots att rekommendationer om smittskyddsrutiner funnits länge är rutinerna fortfarande otillräckliga i många besättningar. För att uppnå en uthållig djurhållning anser Ohlson (2010) att smittskyddet måste skärpas i svenska besättningar. För att göra detta måste det finnas en strategi för kommunikation mellan forskare, djurägare, veterinärer och andra aktörer som verkar inom näringen. Ett ökat intresse för smittskydd och ökad mottaglighet för nya smittskyddsrutiner skulle uppnås om alla aktörer skulle få vara med och utforma de nya rutinerna (Ohlson, 2010).

Trots en hög biosäkerhet mellan besättningar kommer vissa patogener att finnas kvar i stallmiljön (Alenius, 2013 personligt meddelande). Därmed blir det viktigt att på gårdsnivå minska smittrycket, det vill säga koncentrationen av patogener, från de infektiösa agens som redan finns i besättningen. Det finns ett antagande om att den nivå av smittsamma infektioner som den nyfödda kalven utsätts för är direkt proportionell mot koncentrationen av patogener i miljön (Radostits & Heinrichs, 2001). Infektionsdosens storlek kan ha en avgörande betydelse för hur sjukt djuret blir eller inte (Alenius, 2013, personligt meddelande) och det totala miljömässiga smittrycket är extremt viktigt att beakta vid spridning av respiratoriska patogener (Callan & Garry, 2002). Det är här faktorer relaterade till management och hygien på gårdsnivå kommer in i bilden, liksom faktorer relaterade till ventilation och gruppstorlek. Genom att beakta bland annat ventilation och gruppstorlek kan man planera och bygga för god inhysning av kalvar vilket leder till ett minskat smittryck och ökad biosäkerhet i besättningen.

Inhysningsrelaterade faktorer som påverkar förekomsten av luftvägsinfektioner

Det komplexa samspelet mellan riskfaktorer som påverkar förekomsten av lunginflammation hos kalvar illustreras i ett flödesschema i Figur 2, sammanställt av Woolums et al. (2009). Dessa specifika faktorer knyter ihop djuret, agens och miljön, och överensstämmer väl med den epidemiologiska triaden som beskriver balansen mellan hälsa och sjukdom (LeBlanc et al., 2006).



Figur 2: Flödesschema över riskfaktorer för lunginflammation hos kalvar. Rutor i fet ram anger faktorer som kan påverkas med management. Det diskuteras om inte också förekomsten av virusinfektioner kan påverkas genom management eftersom risken för virusinfektioner kan minimeras med goda biosäkerhetsprogram och nationella kontrollprogram. Modifierad efter Woolums et al., 2009.

Faktorer som påverkar kalvens immunitet, så som otilräcklig passiv överföring av antikroppar i moderns råmjölk, kan leda till försämrat avlägsnande av bakterier från lungorna och som i sin tur kan leda till bakteriell lunginflammation. Miljömässiga stressfaktorer så som höga ammoniaknivåer och för höga eller låga omgivningstemperaturer kan utlösa ett hormonellt påslag av endogena corticosteroider i kalven som i sin tur påverkar immuniteten och gör kal-

ven mer mottaglig för smitta. Relativ luftfuktighet, som påverkas av ventilation, temperatur och t.ex. högtryckstvättning i närheten av kalven, kan påverka antalet luftburna patogener vilket i sin tur öppnar upp för ansamling av bakterier i de övre luftvägarna. Inhysningen kan påverka smittrycket genom till exempel gruppstorlek som i sin tur påverkar hur mycket direktkontakt ett enskilt djur har med andra djur. Ventilationen har en direkt inverkan på koncentrationen av luftburna patogener vilket påverkar smittrycket. Virusinfektioner påverkar immunförsvaret negativt vilket i sin tur kan öppna upp för bakterier som normalt finns i djurets mikroflora att tränga ned i lungorna (Woolums et al., 2009).

Ovanstående flödesschema illustrerar hur komplicerad balansen är och att det är många faktorer som samverkar när luftvägsinfektioner bryter ut. Detta arbete söker klarlägga hur ventilation och inhysning, i form av gruppstorlek och ålderssammansättning, påverkar förekomsten av luftvägsinfektioner hos kalvar.

Gruppstorlek och ålderssammansättning

Kalvar bör inhysas individuellt tills de är avvanda för att minimera risken för kontaktsmitta av luftvägsinfektioner och diarré (Maunsell & Donovan, 2008; Radostits & Bickert, 2001). I de flesta svenska besättningar flyttas kalvarna idag från individuella boxar till gruppboxar när de är mellan fyra och sju dagar gamla, något som inte är optimalt ur hälsosynvinkel (Svensson & Liberg, 2006). Eftersom man funnit att förekomst av sjukdom hos kalvar är som högst när de är två- tre veckor gamla (Svensson et al., 2003; Sivula et al., 1996) vore det fördelaktigt att vänta med att blanda djuren.

Gulliksen et al. (2009b) visade att kalvar inhysta i grupp från två veckors ålder löpte större risk att avlida under den första levnadsmånaden än individuellt inhysta kalvar. Bilden kompliceras något av data publicerade av Svensson et al. (2006) som indikerade att kalvar inhysta i små grupper uppvisade lägre dödlighet än individuellt inhysta kalvar eller kalvar inhysta i större grupper. Även om författarna understryker att dessa associationer inte var statistiskt signifikanta visar detta att det kan finnas hälsofördelar med inhysning i små grupper. Hepola et al. (2006) visade i en finsk studie omfattande 80 tjurkalvar av mjölkkras att kalvar i åldern 1-7 veckor som hölls i grupp oftare åt koncentrat och idisslade mer än individuellt hållna kalvar. Dock såg man ingen skillnad i daglig tillväxt eller foderomvandlingsförmåga mellan kalvar hållna i grupp jämfört med individuellt hållna kalvar.

Att gruppera avvanda kalvar, som hållits enskilt fram till två månaders ålder, i grupper baserat på huruvida de har en tidigare historia av luftvägslidanden har visat sig minimera risken för att de friska djuren skall drabbas av luftvägslidanden (Bach et al., 2011). Orsaken anses vara att det är större risk för en kalv som i tidig ålder uppvisat luftvägsinfektioner att drabbas av återfall när den placeras i grupp och därmed ökar risken att smitta andra. Intressant nog ökade dödligheten i hela gruppen när man blandade djur med tidigare sjukdomshistoria med djur som inte uppvisat någon sjukdom. Studier visar vidare att det kan vara gynnsamt att flytta ihop kalvar i grupp innan de är helt avvanda (i samband med att mjölkgiven minskas) eftersom detta har visat sig öka kalvarnas tillväxt samtidigt som andelen luftvägsinfektioner minskat (Bach et al., 2010).

Större gruppstorlek av kalvar med automatisk mjölkutfodring är associerad med högre risk för luftvägsinfektioner (Svensson et al., 2003). Liknande resultat erhöles av Svensson & Liberg (2006) som i en studie utförd på gårdar med automatisk mjölkutfodring i södra Sverige fann att minskad gruppstorlek är korrelerad med en minskad risk för luftvägsinfektioner. Luftvägs-

infektioner orsakas, som tidigare nämnts, mestadels av virusinfektioner vilka kan spridas som luftburen smitta till alla djur som delar samma luftrum. Risken för virusspridning anses dock större vid direkt kontakt mellan djur och kalvgrupper utfodrade med kalvamma bör därför inte överstiga 10 djur per grupp (Svensson & Liberg, 2006).

Ålderssammansättningen i en grupp av kalvar är viktig eftersom äldre djur anses vara smittreservoar för de yngre (Radostits & Heinrichs, 2001) och stora ålderskillnader måste anses som ogynnsamt ur ett hälsoperspektiv (Svensson & Liberg, 2006). Gulliksen et al. (2009a) visade i en studie av 135 registrerade norska mjölkbesättningar att risken för respiratoriska sjukdomar ökade om ålderskillnaden mellan kalvarna i en grupp översteg åtta veckor jämfört med att alla kalvar i gruppen var i samma ålder. Samma studie fann även en ökad risk för luftvägsinfektioner om kalvarna delade luftrum med äldre djur under den första levnadsveckan. Majoriteten av norska mjölkkraskalvar inhyses i samma husdjursrum som de vuxna djuren. Beroende på djurtätheten i stallet antas smittrycket vara avsevärt större i sådana stall jämfört med om kalvarna inhyses i ett separat stall. Gulliksen et al. (2009a) påminner dock om att yngre djur bör betraktas som den primära reservoaren för de flesta infektiösa patogener som drabbar kalvar.

Virtala et al. (1999) studerade råmjölkens koncentration av immunoglobulin G (IgG) och risken för luftvägsinfektioner under kvigkalvens första tre månader. Man studerade även inhysningens påverkan på förekomsten av lunginflammation och fann att kalvhyddor utgjorde en skyddande faktor medan inhysning i samma husdjursrum som vuxna djur innebar en riskfaktor och ökad förekomst av lunginflammation. I en tidigare studie av Virtala et al. (1996) hade man isolerat *Mycoplasma* sp. tillsammans med andra bakterier eller virus från de drabbade kalvarna medan kalvarna i kontrollgruppen uppvisade mer isolat av bara *Mycoplasma* sp., utan andra mikroorganismer. Virtala et al. (1999) förklarar resultatet som att dessa andra mikroorganismer skulle kunna härröra från de vuxna djuren och detta skulle öka smittrycket på kalvarna.

Ventilation

Ventilation kan definieras som ett luftutbyte där förorenad luft inifrån stallet byts mot ren luft utifrån (Radostits & Bickert, 2001). God ventilation är en mycket viktig del av djurhållningen och kan ha avgörande inverkan på luftvägshälsan. God ventilation uppfyller åtta primära funktioner: minskar koncentrationen av luftburna patogener; eliminerar skadliga gaser så som ammoniak, koldioxid och metan; minskar koncentrationen av damm; minskar koncentrationen av luftburna endotoxiner; upprätthåller optimal omgivningstemperatur; upprätthåller optimal luftfuktighet; eliminerar drag; eliminerar fickor av stillastående luft. Vad gäller biosäkerheten och smittrycket är ventilationens viktigaste uppgift att minska koncentrationen av luftburna patogener (Callan & Garry, 2002). Sålunda kan ventilation även beskrivas som en utspädningseffekt där alla ovan nämnda komponenter kontinuerligt späds ut och därmed reduceras smittrycket (Radostits & Bickert, 2001).

Sjukdomsförekomst orsakad av luftburna patogener påverkas av koncentrationen av patogener och dessa patogeners överlevnadstid i luftburet tillstånd. Överlevnadstiden påverkas främst av den relativa fuktigheten, det vill säga hur mycket fukt en viss mängd luft innehåller i förhållande till hur mycket fukt luften maximalt kan innehålla vid en given temperatur. Det har visat sig att en relativ luftfuktighet mellan 55-75 % ger den kortaste överlevnadstiden för den största delen av potentiella patogener. Ventilationen håller luftfuktigheten inom de önskade

gränserna och är samtidigt det mest effektiva sättet att reducera koncentrationen av patogener (Radostits & Bickert, 2001).

Wathes et al. (1984) studerade luftens bakteriekoncentration i två gödkalvsavdelningar med olika luftfuktighet. Man fann att det är kalven själv som är den primära källan till luftburna bakterier eftersom halten bakterier sjönk till 1/6 när stallet hade tömts på djur. Författarna påminner att majoriteten av alla luftburna bakterier är ofarliga men att även döda bakterier kan utgöra en börda för luftvägarnas försvarsmekanismer. Studien konkluderade att det inte var möjligt att beräkna ett minimivärde för ventilation baserat på antal cfu/l (bakteriekolonier per liter luft) eftersom den kritiska koncentrationen av ofarliga bakterier i luften inte är känd. Författarna påpekar dock att detta resultat inte betyder att det inte skulle gå att använda sig av cfu/l luft som en indikator för hygien i ett stall, vilket bland andra Lago et al. (2006) har tagit fasta på i en studie om mikroklimatet i individuella kalvboxar.

Lago et al. (2006) fann att traditionella redskap som ammoniakmätare och rökflaskor som används vid utvärdering av ventilation i naturligt ventilerade kalvstall var otillräckliga när man ville utvärdera mikroklimatet i individuella kalvboxar. Istället användes antal cfu/m³ luft, uppmätt i både öppna gångar och i individuella kalvboxar, som en indikator för luftkvalitet och smittryck i 13 kommersiella, naturligt ventilerade kalvstall. Bakteriekoncentrationen per m³ luft, cfu/m³, uppmättes med en luftmätare där 5 l luft samlades på blodagarplattor. Nordlund (2008) har rapporterat att utomhusluft vanligtvis innehåller mellan 100 och 1000 cfu/m³, men att man i vissa situationer uppmätt 20 000 cfu/m³ utomhus. I väl ventilerade stallar kan man förvänta sig 5000 - 30 000 cfu/m³ och generellt är stallar med över 100 000 cfu/m³ associerade med lunginflammationer hos kalvar.

Lago et al. (2006) visade att individuella kalvboxar i naturligt ventilerade kalvstall ofta blir mikromiljöer med sämre lufthygien än det övriga stallet. Ett ökat luftutbyte, det vill säga ökad ventilering, gav bättre lufthygien i gångarna men denna effekt uteblev från boxarna på grund av solida fram-och baksidor samt tak över kalvboxarna. Solida fram-och baksidor resulterade i en ökning av bakteriekoncentrationen inne i boxarna, vilket i sin tur var signifikant korrelerat med en högre förekomst av luftvägsinfektioner. Författarna framhåller dock att denna studie inte bevisar ett orsakssamband mellan ökad bakteriekoncentration och ökad förekomst av luftvägsinfektioner. Halm som strömedel var också korrelerat till en högre koncentration av bakterier i boxarna men halmens isolerande egenskaper och det faktum att kalvarna kunde bädda ner sig i halm och därmed hålla värmen mer än väge upp för den ökade bakteriekoncentrationen.

Lundborg et al. (2005) rapporterade att kalvar hållna i boxar där man uppmätt drag överstigande 0,5 m/s hade en ökad risk för onormala lungljud jämfört med kalvar i boxar utan drag. Fler solida paneler runt kalven kan tänkas minska direkt drag på kalven men Lago et al. (2006) fann alltså att koncentrationen bakterier och därmed förekomsten av luftvägsinfektioner var signifikant lägre hos de kalvar som hölls i boxar utan solida paneler fram och bak. Författarna understryker dock vikten av att ströa rikligt med halm så att kalven kan bädda in sig ordentligt och på så sätt undgå den nedkylning som eventuellt drag medför.

Lago et al. (2006) visade även att avskiljande, solida paneler mellan kalvar var korrelerad med en minskad förekomst av luftvägsinfektioner, vilket bekräftar tidigare diskuterade studier om gruppstorlek och risk för kontaktsmitta mellan djur (Gulliksen et al., 2009b). Denna minimering av risk återspeglas dock inte i de svenska djurskyddsföreskrifterna (SJVFS, 2010)

som fastslår att "ensamboxar för kalvar ska ha genombrutna mellanväggar som tillåter ögonkontakt och direkt beröring mellan kalvarna". Djurskyddsföreskriften innehåller inga särskilda råd om inhysning av kalvar i kalvhyddor. Slutligen kunde Lago et al. (2006) visa att koncentrationen av bakterier i boxen minskade ju större boxen var. Detta är i och för sig inte så konstigt eftersom det är kalven, och inte strömaterialet, som är den primära källan till luftburna bakterier i boxen (Wathes et al., 1984).

Nordlund (2008) påpekar att även om naturlig ventilation eller mekanisk undertrycksventilation erbjuder en mycket god miljö för vuxna djur så har fältundersökningar i besättningar med luftvägssjukdomar visat att dessa ventilationsmetoder är problematiska i kalvstall, speciellt under den kalla årstiden. Detta beror på att luftutbytet i undertryckssystem är mycket litet i kallt väder eftersom systemet strävar efter att hålla en viss inomhustemperatur och därmed minskar luftintaget om utemperaturen sjunker. Undertryckssystem är dessutom mycket känsliga vad gäller oavsiktliga öppningar som får den totala mängden inkommande luft att flöda in för långsamt och därmed inte blanda sig tillräckligt bra med inneluften. Detta resulterar i bristfällig fördelning av frisk luft inne i kalvstallet. Bristfällig ventilation i undertryckssystem är mer regel än undantag (Nordlund, 2008).

Som tidigare nämnts verkar det som om det är problem med fördelningen av frisk luft även i naturligt ventilerade kalvstallar eftersom den inkommande luften ofta kommer in för långsamt för att kunna blandas väl med inneluften (Albright, 1990) och eftersom inredningen, det vill säga kalvboxarna med solida väggar, skapar dåligt ventilerade mikromiljöer (Lago et al., 2006). Dessutom avger kalvar för lite värme för att skapa en betydande temperaturskillnad mellan inomhusluften och utomhusluften, något som annars skulle driva luftutbytet i ett naturligt ventilerat stall för vuxna djur.

För att råda bot på denna försämrade ventilation beskriver Nordlund (2008) ett system som kan installeras som supplement till naturlig ventilation eller undertrycksventilation och som bygger på övertryck i ett distributionsrör genom stallet. En fläkt blåser in luft i ett distributionsrör försett med små strategiskt placerade utlopp och genom att placera röret i lämplig höjd och vinkel i förhållande till kalvboxarna distribueras en liten volym frisk luft till alla mikromiljöer utan att för den skull skapa drag. Detta system har visat sig minska koncentrationen av luftburna bakterier i individuella kalvboxar konstruerade enligt rekommendationerna givna av Lago et al. (2006). Exempelvis minskade koncentrationen av bakterier i ett naturligt ventilerat kalvstall från 170 000 cfu/m³ till 40 000 cfu/m³ och antalet behandlade luftvägssjukdomar reducerades med 75 % efter installation av detta övertryckssystem (Nordlund, 2008). Författaren konkluderar att detta kompletterande ventilationssystem verkar matcha kalvhyddor vad gäller minimering av sjukdomsförekomst hos kalvar. Hill et al. (2011) noterar dock att det inte finns någon vetenskaplig litteratur om koncentrationen av bakterier i kalvhyddor, förutom en jämförande studie utförd av just Hill et al. (2011).

Minskade respiratoriska problem hos kalvar hållna i ett stall med övertrycksventilation har rapporterats även av Hillman et al. (1992). I försöket filtrerades luften från partiklar större än 5 µm samtidigt som den inkommande luften distribuerades jämnt i kalvstallet med hjälp av upphängda plastgardiner i taket. Systemet tillät även kontroll av miljön genom en motor som hela tiden kände av och balanserade nivåerna av ny och återanvänd luft vilket medförde lägre luftfuktighet och ammoniakhalter i stallet. Studien konkluderade att systemet erhöll en luftkvalitet som i hög grad liknade den luftkvalitet som återfinns utomhus. Det är värt att notera

att man inte mätte cfu/m³ i denna studie, troligen för att teknologin för detta inte var tillgänglig då studien gjordes.

Hill et al. (2011) jämförde koncentrationen av bakterier i kalvhyddor utomhus med koncentrationen i ett modernt, väl ventilerat kalvstall på en försöksstation. Genomförandet och utrustningen för mätning av cfu/ m³ var identisk med den som användes av Lago et al. (2006). Man fann att koncentrationen av bakterier var lägre runt kalvar hållna i kalvstallet än runt kalvar hållna i kalvhyddor. Koncentrationen av bakterier i luften minskade ju längre bort från kalvhyddorna man kom, vilket indikerar att bakterierna härstammade från det begränsade luftutbytet i hyddorna och inte från marken. När hyddorna höjdes ca 4 cm från marken sjönk cfu/ m³ jämfört med de hyddor som inte var upphöjda. Författarna konkluderar att den höga koncentrationen av bakterier inne i hyddorna indikerar att denna typ av hyddor inte har tillräckligt många öppningar som skulle tillåta ett större luftutbyte. Författarna påpekar även att cfu/m³ i kalvstallet var exceptionellt lågt i jämförelse med vad som uppmätts i kommersiella kalvstall och detta skulle kunna förklaras av att försöksstallet är modernt med ett mycket bra ventilationssystem. Studien innehöll inga data om förekomst av luftvägsinfektioner hos kalvarna så huruvida den ökade koncentrationen av bakterier i kalvhyddorna skulle ha varit tillräcklig för att orsaka luftvägsinfektioner framgick inte.

Diskussion

Hälsoläget i Sverige, Norge och Finland

Hälsoläget vad gäller respiratoriska sjukdomar hos kalvar i Norden är bra jämfört med många andra länder. En bidragande orsak till detta är att Sverige, Norge och Finland som följd av ett frivilligt kontrollprogram är fria från BVDV vilket visar på potentialen för frivilliga kontrollprogram inom regionen. Ohlson et al. (2013) har föreslagit att det är möjligt att utrota även BRSV genom frivilliga kontrollprogram och ökad biosäkerhet mellan besättningar, något som skulle bidra till ökad djurvälstånd och effektivare produktion. Denna progressiva tanke om förebyggande djurhälsovård genom att helt utrota olika smittsamma virus står i stark kontrast till användningen av vacciner och profylaktisk antibiotika-användning som är vanlig i t.ex. USA. Det är vidare rimligt att tänka sig att bekämpning av nakna, mer stabila virus som adenovirus sker effektivare genom minskat smittryck inom besättningar och där skulle förbättrad ventilation och inhysning spela en viktig roll.

Det är generellt svårt att bedöma hur stor förekomsten av respiratoriska sjukdomar är och det kan diskuteras huruvida de nordiska studier som här granskats kan jämföras eftersom metoderna skiljer sig något. Det råder även stor spridning i vad som i de olika studierna definieras som luftvägsinfektioner eller tecken på luftvägsproblem. Det som i en studie klassas som symptom behöver inte vara det i en annan. Här skulle standardiserade protokoll för definition av luftvägsproblem göra stor nytta.

Det är lättare att jämföra dödlighet och dödsorsaker, men även här finns det problem. Svensson et al. (2006) poängterar svårigheten med typen av studier som bygger på producentdeltagande. Tillförlitligheten kan ifrågasättas eftersom de studerade besättningarna inte var slumpvist utvalda och i hög utsträckning byggde på att producenterna tog sig tid att skicka in avlidna kalvar till obduktion för att den verkliga dödsorsaken skulle kunna bestämmas, något som en del gjorde men inte alla. De producenter som valts ut för deltagande i studien ansågs av veterinärer och rådgivare vara kapabla att föra goda register. Det kan tänkas att dessa producenter var extra intresserade och även låg under snittet vad gäller kalvdödlighet, något som

skulle ge en lägre förekomst av luftvägsinfektioner. Studien kanske hade stärkts om man som Gulliksen et al. (2009b) slumpvist valt ut besättningar och dessutom beräknat hur mycket resultatet över- eller underskattar den verkliga dödsorsaken hos kalvarna.

Grupstorlek och ålderssammansättning

Ur smittskyddsperspektiv är individuell inhysning av kalven det bästa. Individuell inhysning skapar även bättre förutsättningar för skötaren att övervaka djuren och det är troligt att insatser vid misstanke om sjukdom sätts in tidigare än om djuren skulle hållas i grupp. Men kalvens behov av rörelse, lek och social samvaro med andra kalvar begränsas kraftigt om den hålls enskilt under de första åtta veckorna. Om och hur denna avsaknad av social samvaro påverkar den respiratoriska hälsan kräver dock mer forskning. Social samvaro anses av många vara gynnsamt ur ett välfärdsperspektiv och grupphållna kalvar äter mer fast föda och börjar idissla tidigare än individuellt hållna kalvar (Hepola et al., 2006) vilket är positivt för våmmens utveckling. Gulliksen et al. (2009b) poängterar dock att fördelarna med individuell inhysning, ur ett smittskyddsperspektiv gällande luftvägshälsan, borde inkluderas i debatten om djurvälstånd och optimala inhysningssystem för kalvar eftersom kalvens hälsostatus i högsta grad påverkar dess välbefinnande. Det nuvarande svenska regelverket kring individuellt inhysta kalvar kan mot denna bakgrund ifrågasättas ur välfärdsperspektiv eftersom kontakt mellan kalvarna är tillräcklig för att öka smittrycket samtidigt som djurets sociala kontakt kraftigt begränsas. Regelverket kan således ses som en kombination av det sämsta av två världar.

Kanske är lösningen att hålla kalven enskilt under de första fyra veckorna, i par fram till avvänjning och slutligen i grupper mindre än 10 jämgamla individer fram till sex månaders ålder. Möjlighet till flexibel gruppering av kalvar i grupphyddor utomhus eller ett kalvstall med flyttbara grindar skulle kunna vara en lösning för de flesta producenter oberoende om kalvningarna är koncentrerade eller utspridda över året. Detta skulle även medföra att kalvarna inte delar luftrum med äldre djur, något som annars är vanligt i de nordiska länderna. En sådan flexibilitet skulle även tillåta särskild gruppering av djur med tidigare sjukdomshistoria.

Ventilation

Denna litteraturstudie bekräftar att god ventilation är ett krav för friska kalvar. Ändå verkar det inom näringen finnas brister i hur man utvärderar ventilationen på så sätt att man utgår från att om ventilationen är tillräckligt god för vuxna djur så är den det också för kalvarna. Att luftkvaliteten i enskilda kalvboxar med solida väggar, och ibland även tak, kan vara märkbart sämre än i resten av stallet är en intressant upptäckt och visar att det finns goda skäl att inkludera cfu/m^3 i rutinmässiga kontroller av ventilationen i mikromiljöer. Även om cfu/m^3 inte säger något om vilka patogener som finns i luften och trots att även harmlösa bakterier räknas så verkar metoden vara en god indikator vad gäller luftkvalitet och smittryck. Kalven som inhyses i en ensambox inomhus befinner sig i denna mikromiljö 100 % av tiden medan kalven som inhyses i en hydda utomhus faktiskt kan välja att vara utanför hyddan delar av tiden. Detta skulle kunna tänkas vara en del av förklaringen varför luftvägshälsan generellt är bättre i kalvhyddor även om cfu/m^3 enligt Hill et al. (2011) inte alltid är lägre i hyddor. Detta indikerar vidare att det finns möjligheter att förbättra ventilationen även i kalvhyddor.

Det övertryckssystem som Nordlund (2008) presenterat är relativt enkelt att installera och kräver inga större ombyggnationer i existerande kalvstall med naturlig- eller undertrycksventilation jämfört med t.ex. det som presenterats av Hillman et al. (1992). Både Nordlund (2008) och Hill et al. (2011) visar att det går att skapa god ventilation med moderna och till kalvar

anpassade ventilationssystem där bakteriekoncentrationen minimeras i mikromiljöerna. Kalvhyddor kan fortfarande vara det bästa alternativet för små besättningar där alternativet annars är gruppållning och delat luftrum med äldre djur. Stora och växande besättningar kan tänkas tjäna på specialbyggda kalvstall där ventilation och reducering av smittryck minimerar förekomsten av respiratoriska sjukdomar samtidigt som personalen inte utsätts för de tuffa väderförhållanden som kan råda utomhus.

Slutsats

Individuell inhysning eller inhysning i små grupper med jämngamla djur är positivt för luftvägshälsan. Väl ventilerade mikromiljöer för kalvar reducerar smittrycket märkbart och så länge kalven har tillgång till halm att bädda ned sig i kan negativa effekter av eventuellt drag undvikas. Koncentrationen av bakterier i luften kan användas som indikator för luftkvalitet i mikromiljöer. Moderna ventilationsmetoder som är anpassade till kalvstall kan märkbart förbättra mikromiljön i ensamboxar. Ur smittskyddsperspektiv, där hälsa ses som en del av djurvården, kan det ifrågasättas huruvida de svenska reglerna kring individuell inhysning av kalvar är optimalt utformade. Genom frivilliga kontrollprogram är det möjligt att etablera regioner fria från BRSV.

Referenser

- Ackerman, M.R., Derscheid, R., Roth, J.A. 2010. Innate immunology of bovine respiratory disease. *Veterinary Clinics Food Animal* 26, 215-228.
- Albright, L. D. 1990. Environment control for animals and plants, 319-345. The American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.
- Autio, T., Pohjanvirta, T., Holopainen, R., Rikula, U., Pentikäinen, J., Huovilainen, A., Rusanen, H., Soveri, T., Sihvonen, L., Pelkonen, S. 2007. Etiology of respiratory disease in non-vaccinated, non-medicated calves in rearing herds. *Veterinary Microbiology* 119, 256-265.
- Bach, A., Ahedo, J., Ferrer, A. 2010. Optimizing weaning strategies of dairy replacement calves. *Journal of Dairy Science* 93, 413-419.
- Bach, A., Tejero, C., Ahedo, J. 2011. Effects of group composition on the incidence of respiratory afflictions in group-housed calves after weaning. *Journal of Dairy Science* 94, 2001-2006.
- Baker, J.C., Ellis, J.A., Clark, E.G. 1997. Bovine respiratory syncytial virus. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 13, 425-545.
- Callan, R.J., Garry, F.B., 2002. Biosecurity and bovine respiratory disease. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 18, 57-77.
- Clark, M.A. 1993. Bovine coronavirus. *British Veterinary Journal* 149 (1), 51-70.
- EEC. 1991. Council Directive 91/629/EEC of 19 November 1991 laying down minimum standards for the protection of calves.
- EC. 1997. Council Directive 97/2/EC of 20 January 1997 amending Directive 91/629/EEC laying down minimum standards for the protection of calves.
- Gorden, P.J., Plummer, P. 2010. Control, management, and prevention of bovine respiratory disease in dairy calves and cows. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 243-259.
- Griffin, D., Chengappa, M.M., Kuszak, J., McVey, D.S. 2010. Bacterial pathogens of the bovine respiratory disease complex. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 381-394.
- Gulliksen, S.M., Jor, E., Lie, K.I., Løken, Åkerstedt, J., Østerås, O. 2009a. Respiratory infections in Norwegian dairy calves. *Journal of Dairy Science* 92, 5139-5146.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Løken, T., Østerås, O. 2009b. Calf mortality in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science* 92, 2782-2795.
- Gulliksen, S.M., Lie, T., Østerås, O. 2009c. Calf health monitoring in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science* 92, 1660-1669.
- Hepola, H., Hänninen, L., Pursiainen, P., Tuure, V.-M., Syrjälä-Qvist, L., Pyykkönen, M., Saloniemi, H. 2006. Feed intake and oral behaviour of dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Livestock Science* 105, 94-104.
- Hill, T.M., Bateman, 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.
- Hillman, P., Gebremedhin, K., Warner, R. 1992. Ventilation system to minimize airborne bacteria, dust, humidity, and ammonia in calf nurseries. *Journal of Dairy Science* 75, 1305-1312.

- Hägglund, S., Svensson, C., Emanuelson, U., Valarcher, J.F., Alenius, S. 2006. Dynamics of virus infections involved in the bovine respiratory disease complex in Swedish dairy herds. *The Veterinary Journal* 172, 320-328.
- Lago, A., McGuirk, S.M., Bennett, T.B., Cook, N.B., Nordlund, K.V. 2006. Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *Journal of Dairy Science* 89, 4014-4025.
- LeBlanc, S.J., Lissemore, K.D., Kelton, D.F., Duffield, T.F., Leslie, K.E. 2006. Major advances in disease prevention in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89, 1267-1279.
- Lundborg, G.K., Svensson, E.C., Oltenacu, P.A. 2005. Herd-level risk factors for infectious disease in Swedish dairy calves aged 0-90 days. *Preventive Veterinary Medicine* 68, 123-143.
- Marcé, C., Guatteo, R., Bareille, N., Fourichon, C. 2010. Dairy calf housing systems across Europe and risk for calf infectious diseases. *Animal* 4:9, 1588-1596.
- Maunsell, F., Donovan, G.A. 2008. Biosecurity and risk management for dairy replacements. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 24, 155-190.
- Nordlund, K.V. 2008. Practical considerations for ventilating calf barns in winter. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 24, 41-54.
- Nöremark, M., Frössling, J., Sternberg Lewerin, S. 2010. Application of routines that contribute to on-farm biosecurity as reported by Swedish livestock farmers. *Transboundary and Emerging Diseases* 57 (4), 225-236.
- Ohlson, A. 2010. Bovine coronavirus and bovine respiratory syncytial virus infections in dairy herds. Doctoral thesis. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, no. 2010:51.
- Ohlson, A., Alenius, S., Tråvén, M., Emanuelson, U. 2013. A longitudinal study of the dynamics of bovine corona virus and respiratory syncytial virus infections in dairy herds. *The Veterinary Journal*, currently in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.01.28>
- Radostits, O.M., Bickert, W.G. 2001. Housing and environment for dairy cattle. In: *Herd health. Food Animal Production Medicine*. 3rd edition (ed. Radostits, O.M.) 475-482. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Radostits, O.M., Heinrichs, A.J. 2001. Health and production management of dairy calves and replacement heifers. In: *Herd health. Food Animal Production Medicine*. 3rd edition (ed. Radostits, O.M.) 333-348. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Sivula, N.J., Hurd, S. 1996. Descriptive epidemiology of morbidity and mortality in Minnesota dairy heifers calves. *Preventive Veterinary Medicine* 27, 155-71.
- SJVFS. 2010:15 Statens jordbruksverks författningssamling. nr L 100. Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m., kap 2: Särskilda bestämmelser för nötkreatur.
- SVA. 2012. Statens veterinärmedicinska anstalt. Anslagspost 2 från SJVs anslag 1:7, bekämpande av smittsamma husdjurssjukdomar. Hur mycket kostar sjukdomar för lantbrukets djur?
- Svensson, C., Lundborg K., Emanuelson, U., Olsson, S.O. 2003. Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. *Preventive Veterinary Medicine* 58, 179-197.
- Svensson, C., Linder, A., Olosson, S.-O. 2006. Mortality in Swedish dairy calves and replacement heifers. *Journal of Dairy Science* 89, 4769-4777.

- Svensson C., 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.
- Virtala, A.-M.K, Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., Erb, H.N., Dubovi, E.J. 1996. Epidemiologic and pathologic characteristics of respiratory disease in dairy heifers during the first 3 months of life. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 208, 2035-2042.
- Virtala, A.-M.K., Gröhn, Y.T., Mechor, G.D., Erb, H.N. 1999. The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Preventive Veterinary Medicine* 39, 25-37.
- Waltner-Toews, D., Martin, S.W., Meek, A.H. 1986. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. III. Association of management with morbidity. *Preventive Veterinary Medicine* 4, 137-158.
- Wathes, C.M., Howard, K., Jones, C.D.R., Webster, A.J.F. 1984. The balance of airborne bacteria in calf houses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 30, 81-90.
- Woolums, A.R., Ames, T.R., Baker, J.C. 2009. The bronchopneumonias (respiratory disease complex of cattle, sheep and goats. In: *Large animal internal medicine*. 4th edition (ed. Smith, B.P), 602-640. Mosby Elsevier, St Louis, Missouri, USA.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*