



Metoder för att motverka värmestress hos slaktgrisar

Methods to counteract heat stress in growing-finishing pigs

Julia Ancher

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för biosystem och teknologi
Agronomprogrammet - husdjur
Uppsala 2021



Metoder för att motverka värmestress hos slaktgrisar

Methods to counteract heat stress in growing-finishing pigs

Julia Ancher

Handledare: Knut-Håkan Jeppsson, SLU, Biosystem och teknologi

Examinator: Elin Karlsson, SLU, Biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Agronomprogrammet - husdjur

Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Hampus Heljelid

Nyckelord: slaktsvin, kylning, temperatur, beteende

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Grisar är högproducerande djur som är känsliga för värmestress. Klimatförändringarna leder till ökade perioder av värme och det är därför viktigt att finna applicerbara metoder som erbjuder grisarna kyla. Värmestress påverkar grisarnas välfärd och leder till en rad olika förändringar i det naturliga beteendet. Värmen påverkar inte bara grisen negativt utan orsakar också en ökad arbetsbelastning för lantbrukaren samt resulterar i sämre betalt för slutprodukten.

Det finns ett antal metoder för att kyla grisarna som studerats i olika delar av världen. Grisens värmeavgivning kan ökas genom att erbjuda ett vätande kylsystem såsom dusch och bad. Även kylning i golvet och ökad lufthastighet används för att öka värmeavgivningen. Lufttemperaturen i stallarna kan sänkas med evaporativ kylning samt dimmspridning och intresset ökar också för att utveckla energisnåla system som markvärmväxlare. Studien sammanställer de olika kylmetoderna och utvärderar huruvida de kan appliceras i ett stall för slaktgrisproduktion i Sverige. System som dusch, bad, kylt golv, markvärmväxlare, ökad lufthastighet samt dimmspridning är lämpliga metoder i svenska grisstallar. Evaporativ kylning är en mindre lämplig metod med tanke på Sveriges klimat.

Nyckelord: slaktsvin, kylning, temperatur, beteende

Abstract

Pigs are high producing animals that are sensible for heat stress. Climate change is leading to increased periods of heat and it is important to find methods that offers the pigs' cooling. Heat stress affects the pigs' welfare and leads to multiple changes in their natural behaviour. The heat not only affects the pig negatively, but also causes an increased workload for the farmer and less payment for the product.

There are several cooling methods studied around the world. The pigs' heat loss can be increased by wetting their skin using shower or bath. Floor cooling and high-velocity air stream also increases the pigs' heat loss. Air temperature in the stable can be decreased using evaporative cooling or high-pressure nozzles and there is an increasing interest in using energy-efficient systems such as earth-air heat exchangers. The study aims to compare the different cooling methods and evaluate whether they can be applied in a stable for finishing pigs in Sweden. Systems like shower, bath, floor cooling, earth-air exchanger, high-velocity air stream and high-pressure nozzles are suitable in Swedish pig stables. Evaporative cooling are less suitable considering the Swedish climate.

Keywords: growing-finishing pigs, cooling, temperature, behaviour

Innehållsförteckning

Figurförteckning	8
1. Inledning	9
2. Effekter av värmestress	10
3. Värmeavgivning	11
4. Tekniska metoder för att erbjuda grisar kyla	13
4.1. Dusch och bad.....	13
4.2. Dimmspridning.....	14
4.3. Kylning i golvet	14
4.4. Kylning av tilluften i stallet	15
4.4.1. Evaporativ kylning.....	15
4.4.2. Markvärmväxlare	15
4.5. Ökad lufthastighet.....	16
5. Diskussion	17
5.1. Slutsats	19
Referenser	20

Figurförteckning

Figur 1- Termoreglering mellan grisen och omgivningen samt ett antal kylmetoder. (Modifierad efter Mayorga et al. 2019)	11
--	----

1. Inledning

Grisar är högproducerande djur som är känsliga för värmestress och konsekvenserna kan leda till välfärdsproblem hos dagens moderna raser. Värmestress är inte bara ett problem i tropiska länder. Med klimatförändringarna får vi extremare perioder även här i Sverige och grisarna påverkas under de varma sommarmånaderna. Grisar saknar svettkörtlar och kyler sig till viss del genom att öka andningsfrekvensen men detta är oftast inte tillräckligt (Huynh et al. 2007).

Vid lufttemperaturer från 22 °C och uppåt visar grisar ett ändrat beteende genom att bland annat minska foderintaget (Huynh et al. 2005a; da Fonseca de Oliveira et al. 2018). Även liggbeteendet och gödslingsbeteendet påverkas av värmestress. Vid hög värme visar grisar en ökad kroppskontakt med golvytan samtidigt som de undviker fysisk kontakt med andra grisar. De väljer även att ligga på spaltgolvet i boxen för att svalka sig (Huynh et al. 2005a; b). Att spaltgolvet ockuperas av grisar resulterar i sin tur i att boxen blir smutsigare (Aarnink et al. 2006).

Värmeavgivning till omgivningen kan ske via två principer. Fri värme avges genom konduktion, konvektion eller värmestrålning, alternativt bunden värme som avges via avdunstning (Forcada & Alfonso Abecia 2019). Egenskaper i miljön, såsom temperatur och lufthastighet, kan påverka sätten att avge värme. Genom att modifiera miljöegenskaperna kan vi minska värmestress hos grisarna (Mayorga et al. 2019).

Att erbjuda grisarna en kylmetod kan därför öka produktionseffektiviteten och grisarnas välfärd samtidigt som arbetsbelastningen för lantbrukaren minskar (Huynh et al. 2005b; Larsen et al. 2018). Det kan även minska problem med ökad ammoniakavgivning som sker då grisarna smutsar ned golvytan (Jeppsson et al. 2021).

Syftet med denna studie är att sammanställa ett antal olika tekniska metoder som kan användas för att motverka värmestress hos grisar. Vilka system finns, hur fungerar de och hur kan de appliceras i stallar för grisproduktion i Sverige?

2. Effekter av värmestress

När grisar utsätts för värmestress är första reaktionen att öka andningsfrekvensen i ett försök att kyla ned sig. Vid ännu högre omgivningstemperatur räcker inte det utan grisen börjar ändra sitt beteende (Huynh et al. 2007). Varma temperaturer lockar grisarna att ligga på den kallaste platsen för att öka värmeförlusten (Randall et al. 1983). Grisarna sprider även ut sig mer i boxen för att undvika kroppskontakt med varandra. De ökar kontakten med golvet genom att ligga mer på sidan i ett försök att kyla sig (Aarnink et al. 2001; Huynh et al. 2005a). Vid höga temperaturer väljer grisarna att ligga i gödsel eller på spaltgolvet där det är något svalare. Att ligga i gödsel eller på spaltgolvet är inte ett naturligt beteende och indikerar att grisarna lider av termiskt obehag (Aarnink et al. 2001; Huynh et al. 2005a; b).

Vid ökad temperatur ökar gödslingen på liggytan (Aarnink et al. 2001; Huynh et al. 2005a). En anledning till detta kan vara att det redan ligger grisar på spaltgolvet eller som blockerar vägen till den (Huynh et al. 2005a). Att liggytan smutsas ned med gödsel kräver mer manuellt arbete av personalen i stallet (Larsen et al. 2018). Gödsel som utsätts för hög luftväxling i kombination med värme ökar också avgivningen av ammoniak (Aarnink et al. 2006). En ökad ammoniakavgivning sker likväl då grisarna vältrar sig i gödsel och urin för att svalka sig. Att vältra sig i lera är normalt då grisarna blir varma men att göra det i sin egen avföring har åsidosatt det naturliga beteendet (Huynh et al. 2005b).

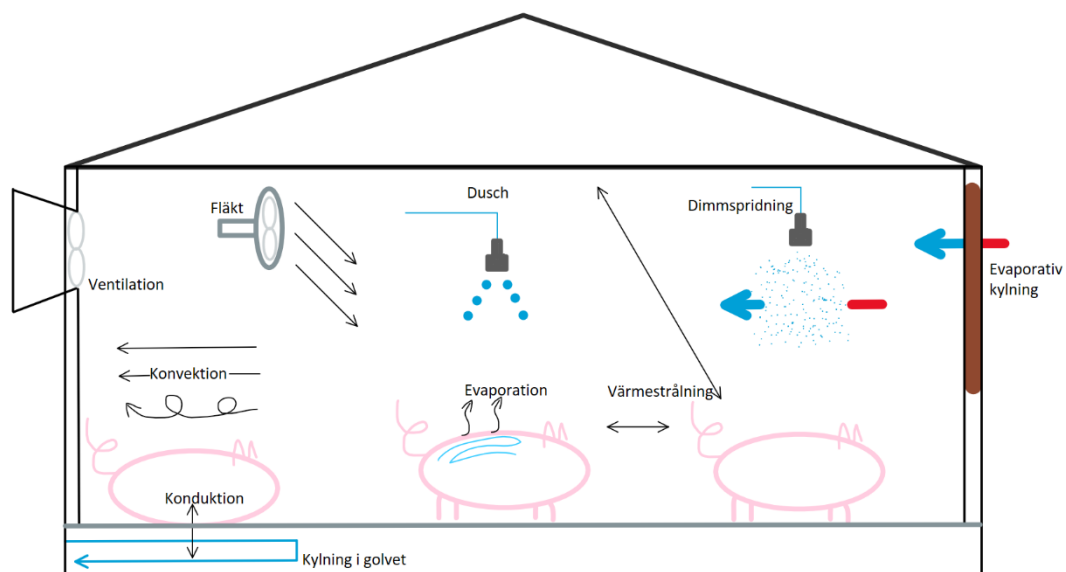
Även ätbeteendet förändras på ett flertal sätt vid värmestress (Huynh et al. 2007; da Fonseca de Oliveira et al. 2018; Cross et al. 2020). Med ökande värme minskar grisarnas dagliga foderintag. Detta påverkar även den dagliga tillväxten som vid höga temperaturer blir lägre (Huynh et al. 2007; da Fonseca de Oliveira et al. 2018). En studie av Cross et al. (2020) visar att under normala förhållanden väljer grisar med fri tillgång till foder att äta den största delen av födan mitt på dagen. Vid höga temperaturer äter de istället under tidig morgon och sen eftermiddag. Samma studie visar också att grisarna minskar den totala ättiden vid värmestress (Cross et al. 2020).

Värmestress påverkar inte bara grisens välfärd då den lever utan har även effekt på slutprodukten (Ma et al. 2019). Den slutliga kroppsvikten är lägre hos de grisar som varit utsatta för värmestress vilket ger sämre betalt till lantbrukaren vid slakt. Köttkvaliteten påverkas genom att köttet får ett högre pH-värde och ett lägre glykogenvärde vilket resulterar i bland annat sämre hållbarhet (Ma et al. 2019).

3. Värmeavgivning

Den termiska miljön i ett grisstall påverkas av skillnader i inom- och utomhusklimatet samt av interaktionen mellan grisarna, ventilationssystemet och byggnaden. Det sker ett konstant värmeutbyte mellan griserna och dess omgivning och detta kan ske på olika sätt (figur 1) (Forcada & Alfonso Abecia 2019). Evaporativ värmeöverföring innebär att vatten avdunstar från kroppsytan eller via andningssystemet. Värmeavgivningen påverkas av skillnaden i vattenångans tryck mellan grisens yta och omgivningen (Forcada & Alfonso Abecia 2019; Mayorga et al. 2019). Avdunstning från grisarna kan öka då de erbjuds dusch, bad eller dimmspridning. Evaporativ värmeöverföring är även principen bakom evaporativ kylning (Schauberger et al. 2020).

Genom konduktion överförs termisk energi från ett objekt till ett annat då de är i kontakt, till exempel då griserna ligger på golvet. Värmeavgivningen beror på liggytans värmemotstånd, det vill säga om det finns tillgång till strömmaterial samt själva golvet isoleringsförmåga. Griserna kan även välja hur mycket kroppskontakt de har med golvytan och på så sätt påverka värmeavgivningen (Forcada & Alfonso Abecia 2019). Vid höga omgivningstemperaturer väljer grisarna att ligga med en stor kroppsyta mot golvet och söker den svalaste platsen att ligga på (Aarnink et al.



Figur 1. Termoreglering mellan griserna och omgivningen samt ett antal kylmetoder. (Modifierad efter Mayorga et al. 2019)

2006). Ett exempel på en kylmetod med värmeavgivning genom konduktion är kylt golv (Schauberger et al. 2020).

Värmeöverföring i form av konvektion sker till luften och påverkas av temperaturskillnader mellan grisen och luften. Eftersom grisens hudtemperatur är högre än omgivningstemperaturen skapas en luftrörelse omkring grisen och luften tar upp värmen som grisen avger. Principen går ut på att energiflödet från ett föremål, grisens kroppsytta, överförs till en gas, den omgivande luften. Om luften rör sig av en yttre drivkraft, till exempel fläktar, kallas processen forcerad konvektion. Luftrörelse som uppkommer genom variationer i luftens densitet kallas naturlig eller fri konvektion. En ökning av lufthastigheten eller en sänkning av lufttemperaturen ökar värmeförlusten hos grisen (Forcada & Alfonso Abecia 2019). Vid varma temperaturer kan värmeöverföring genom konvektion uppnås med en kylmetod som ger ökad lufthastighet kring grisarna (Schauberger et al. 2020).

Värmestrålning sker genom överföring av termisk energi från en yta till en annan på grund av skillnader i temperatur och storleken på ytan som exponeras mellan objekten. I detta fall handlar det om temperaturen på grisens hud och omgivande ytor samt hur stor del av grisens hud som exponeras. Vid höga temperaturer ökar grisar avståndet till varandra för att öka värmeöverföringen via värmestrålning och konvektion (Forcada & Alfonso Abecia 2019).

4. Tekniska metoder för att erbjuda grisar kyla

4.1. Dusch och bad

Vatten direkt på huden kan öka värmeförlusten då värme direkt från grisen överförs till avdunstningsvattnet. System som dusch, sprinklers och bad kan därför användas för att kyla grisarna vid relativt höga lufttemperaturer (Mayorga et al. 2019). Munstyckena ska producera stora droppar och vara placerade strax ovanför grisen. Detta undviker att luftfuktigheten blir alltför hög vilket istället kan öka värmestressen (Huynh et al. 2005b).

Då dusch och bad erbjuds som kylmetod bör hänsyn tas till den relativa luftfuktigheten och variationerna i dygnstemperaturen. Det är viktigt med ett välkontrollerat system och att grisen själv kan välja om den vill använda det eller ej. En kombination av dusch och hög lufthastighet kan dessutom medföra en allt för stor kyleffekt som påverkar framförallt yngre grisar negativt eftersom de är känsliga för drag (Huynh et al. 2005b).

Det finns flera studier som pekar på ett flertal positiva effekter av dusch och bad (Huynh et al. 2005b, 2006; Jeppsson et al. 2021). Dusch är ett av de billigaste sätten för att minska värmestress och kan användas för att förbättra produktionseffektiviteten och grisarnas välfärd (Huynh et al. 2005b). En jämförelse mellan grisar med eller utan tillgång till dusch under höga temperaturer visade att de grisar som hade tillgång till dusch även hade en högre daglig tillväxt (Huynh et al. 2006).

Kylning med dusch har positiva effekter på de beteenden som grisar utvecklar under värmestress. Med tillgång till dusch ligger grisarna mer på den avsedda liggytan än på spaltgolvet vid höga temperaturer (Jeppsson et al. 2021). De har också mer kroppskontakt än då de är värmestressade (Huynh et al. 2006).

Vid höga temperaturer smutsar grisarna ned liggytan med träck och urin. Då grisarna har tillgång till dusch eller bad minskar nedsmutsningen i hela boxen samt gödningen på liggytan (Huynh et al. 2006; Jeppsson et al. 2021). Huynh et al. (2006) jämförde grisar med tillgång till dusch eller bad som kylmetod. Badet användes i snitt 7,4 gånger per dygn och duschen 4,7 gånger per dygn. Grisar med

tillgång till bad hade ett lägre antal gödslingar på liggytan än grisar med tillgång till dusch. Detta förklaras dock av att grisarna oftare gödslade i badet vid tillgång till det (Huynh et al. 2006). En studie av Jeppson et al. (2021) visar på att tillgång till dusch leder till minskad ammoniakavgång eftersom liggytan hålls renare.

4.2. Dimmspridning

Dimmspridning går ut på att sänka lufttemperaturen genom vattenavdunstning (Mayorga et al. 2019). Avdunstningshastigheten, och därmed värmeavgivningen, begränsas av luftfuktigheten. Andelen luftburet vatten som dunstar ökar med en minskande droppstorlek. Fördelar med dimmspridning är en lägre vattenförbrukning jämfört med dusch samt att kylning sker även vid högre luftfuktighet (Haeussermann et al. 2007; Mayorga et al. 2019). Nackdelar är att det vatten som inte dunstar leder till våta ytor som blir nedsmutsade och som en konsekvens av det ökar ammoniakavgivningen (Haeussermann et al. 2007). Högt luftfuktighet i stallet i kombination med hög temperatur kan dessutom öka värmestressen hos grisarna (Huynh et al. 2005a).

Kylning uppnås genom i huvudsak två olika tillvägagångssätt. Första alternativet är genom finfördelade vattendroppar som uppnås med högtrycksmunstycken placerade vid friskluftsintag. Alternativ två sker med något större droppar som fås med lågtrycksmunstycken. De större dropparna avdunstar inte helt i luften utan fuktar även grisarna och omgivande ytor (Mayorga et al. 2019).

Haeussermann et al. (2007) visar i en studie att vid höga temperaturer har grisar i boxar med dimmspridning en högre daglig viktökning än grisar utan dimmspridning. Samma studie pekar också på att dimmspridning är en kostnadseffektiv kylmetod (Haeussermann et al. 2007).

4.3. Kylning i golvet

Om golvet håller en lägre temperatur än grisens kroppstemperatur kan grisen avge värme till det via termisk konduktion. Kylsystemet består av cirkulation av kallt vatten i rör som löper genom betonggolvet och på så vis kyler ned det (Mayorga et al. 2019). När vattnet rinner i ett slutet system uppstår inte problem med ökande luftfuktighet under kylprocessen. Vattnet kan även återanvändas, exempelvis som dricksvatten (Shi et al. 2006).

Syftet med att kyla golvet är inte att minska inomhustemperaturen utan att transportera bort värmen som grisarna överför till golvet via kontakt. Samma system kan också användas på vintern för att värma golvet då det är kallt (Opderbeck et al. 2020). Kylsystemet är energibesparande eftersom det endast kyler liggytan, inte hela stallet (Shi et al. 2006). Det mest ekonomiska sättet för att kyla

och värma det cirkulerande vattnet sker med användning av en värmepump (Geers et al. 1990)

Studier visar att kylning i golvet påverkar både gödsel- och liggbeteenden positivt under höga temperaturer (Huynh et al. 2004; Shi et al. 2006). I boxar med kylt golv är golvet mindre nedsmutsat med gödsel och urin (Huynh et al. 2004). Kylning av liggytan gör också att fler grisar ligger ned där och färre på spaltgolvet (Huynh et al. 2004; Shi et al. 2006). Kylmetodens påverkan på det ändrade liggbeteendet under varma perioder förbättrar grisens termiska komfort och dess välfärd. Grisar i boxar med kylt golv har också ett högre dagligt foderintag och en större daglig viktökning (Huynh et al. 2004).

4.4. Kylning av tilluften i stallet

4.4.1. Evaporativ kylning

Kylmetoden består av ett system längs stallets väggar som sänker temperaturen på den luft som passerar genom det. Varm luft utifrån transporteras via väggsystemet som hålls fuktig genom konstant vattentillförsel. Temperaturen på den luft som kommer in i stallet blir lägre eftersom energi avlägsnas från systemet och luften då vattnet avdunstar (Mayorga et al. 2019).

Väggsystemet kan bestå av bland annat cellulosa, plast och metall. Kylningseffektiviteten påverkas av flera faktorer. Area och tjocklek på väggsystemet, plats och material samt utetemperatur och relativ luftfuktighet är exempel på några faktorer (Lucas et al. 2000; Schauburger et al. 2020).

Hög temperatur och låg relativ luftfuktighet indikerar att ett avdunstande kylsystem är genomförbart och kostnadseffektivt för att minska effekten som blir av värmestress (Lucas et al. 2000). Kylmetoden gör också att den inkommande luften renas från bland annat dammpartiklar innan den når grisarna (Schauburger et al. 2020).

4.4.2. Markvärmeväxlare

Markvärmeväxlare är en utredd, praktiskt testad och energibesparande luftbehandlingsanordning där jorden används för värmelagring (Schauburger et al. 2020). Metoden kan delas i två grupper där luften leds i kanaler i marken under stallet eller vid sidan av stallet. Vid kanaler under stallet är luftintag placerade på marknivå längs hela byggnaden. Utomhusluften leds sedan i rör mellan marklagret och utgödslingen innan den når grisarna. Den friska luften kommer in i stallet i respektive box. Det gör att risken för smittspridning mellan boxar minskar samt att grisarnas luftvägshälsa förbättras (Botermans et al. 2014; Krommweh et al. 2014).

I system där rören placeras vid sidan av stallet leds luften genom rör nedgrävda på 1–3 meters djup innan den når insidan av stallet (Schauberger et al. 2020).

Tilluftens temperatur och fuktighet beror av bland annat marktemperaturen, utomhustemperaturen och rörens geometri. En fördel med markvärmväxlare är att det kan användas under hela året. Luften kyls på sommaren och värms på vintern. Kylsystemet har även en effektiv dämpning på korta temperaturvariationer (Botermans et al. 2014; Schauberger et al. 2020).

4.5. Ökad lufthastighet

Grisstallar är oftast försedda med ett mekaniskt ventilationssystem med två huvudsakliga uppgifter. Att tillhandahålla god luftkvalitet under vintern tillsammans med en inomhustemperatur nära grisens termoneutrala zon. Samt att minimera skillnaden mellan inom- och utomhustemperaturen genom hög ventilationshastighet för att undvika hög värmebelastning i form av fri värme i byggnaderna under sommaren (Schauberger et al. 2020).

En ökad luftrörelse över grisen påverkar både konvektiv och evaporativ värmeförlust. För att få en god effekt bör det finnas en temperaturgradient mellan omgivningstemperaturen och grisens kroppstemperatur (Mayorga et al. 2019). Stallets tilluftsdon kan användas för att kontrollera lufthastigheten. Öppningsstorleken på tilluftsdonet avgör kylningseffekten där den mest effektiva och enhetliga kylningen fås när öppningen är tillräckligt liten för att skapa en jetstråle från taket till golvet (Bjerg et al. 2018).

Ökad lufthastighet kan även uppnås genom att extra fläktar monteras i stallet. Fläktarna höjer lufthastigheten nära grisens kropp för att öka den konvektiva värmeavgivningen. Fläktarna påverkar inte ventilationsflödet eftersom de endast ökar den lokala lufthastigheten inne i stallet (Schauberger et al. 2020).

En studie av Geers et al. (1986) visar att grisar föredrar en högre lufthastighet tillsammans med eller utan ett kylt golv framför en yta där ingen av dessa kylmetoder finns. Samma studie visar också att om golvet håller en konstant temperatur som är högre än lufttemperaturen föredrar grisarna att ligga där det finns en ökad lufthastighet (Geers et al. 1986). Även Sällvik och Walberg (1984) visar i sin studie att grisar väljer att ligga där det finns en högre lufthastighet vid varma temperaturer. En ökad lufthastighet ökar den totala liggtiden för grisarna samtidigt som liggtiden på spaltgolvet minskar. Det ger också andra positiva effekter såsom bättre boxhygien och större viktökning (Sällvik & Walberg 1984).

5. Diskussion

Värmestress leder till flertalet negativa konsekvenser och det är därför viktigt att finna applicerbara metoder för att erbjuda grisarna kyla. Syftet med denna litteraturstudie var att sammanställa ett antal olika tekniska metoder som används för att kyla grisar vid höga temperaturer. Samtliga metoder i studien visar på en rad olika positiva effekter av kylning.

I studier som granskat kylmetoder som väter grisarnas hud har det konstaterats att dessa system är kostnadseffektiva (Huynh et al. 2005b; Haeussermann et al. 2007). De vätande systemen som behandlas i denna studie är dusch, bad och dimmspridning. Hela grisens omgivning påverkas med dimmspridning då lufttemperaturen sänks medan dusch och bad istället påverkar grisens möjlighet att öka värmeavgivningen (Huynh et al. 2005b; Mayorga et al. 2019). Dimmspridning med lågtrycksmunstycken väter grisar och ytor lätt eftersom allt vatten inte dunstar i luften (Mayorga et al. 2019). Detta medför dock att grisarna inte kan välja om de vill bli våta eller ej. Kylning med dusch och bad erbjuder istället grisarna att själva bestämma när de vill använda kylsystemet.

Dimmspridning klarar att kyla vid högre temperaturer än dusch och bad samt har en lägre vattenförbrukning (Mayorga et al. 2019). Men då dimmspridning verkar över hela boxen kan det vatten som inte avdunstar leda till en högre ammoniakavgång om ytorna smutsas ned (Haeussermann et al. 2007). Studier där grisarna erbjuds dusch och bad som kylmetod pekar istället på en renare box och minskad ammoniakavgång (Huynh et al. 2006; Jeppsson et al. 2021).

Jämfört med dimmspridning är evaporativ kylning av tilluften fördelaktigt ur två synpunkter. Dels för att det endast påverkar den inkommande luften, inte grisarna eller gödseln, och dels då systemet kan rena den inkommande luften från bland annat dammpartiklar (Schauberger et al. 2020). System med evaporativ kylning fungerar däremot inte vid hög luftfuktighet. I Sverige är detta inget problem men eftersom vi endast har behov av kylning under sommarmånaderna är systemet obrukbart på vintern. Evaporativ kylning fungerar inte under den kallare delen av året och systemet måste därför stängas av samt täckas över för att isolera stallet. Den mesta forskning om evaporativ kylning är gjord i länder med ett varmt klimat året runt. För att kunna utvärdera och utveckla systemet för ett svenskt klimat krävs mer forskning.

Enligt flera studier kan både system för kylning i golvet och markvärmväxlare användas året runt (Botermans et al. 2014; Opderbeck et al. 2020; Schauburger et al. 2020). Vattnet som används vid kylning av golvet kan även återanvändas (Shi et al. 2006) och markvärmväxlare kräver dessutom ingen extra energi för vare sig uppvärmning eller nedkylning av tilluften. Effekten på grisens tillväxthastighet och den förbättrade välfärden kan vara en ekonomisk motivering till att installera kylning i golvet (Huynh et al. 2004).

Det befintliga ventilationssystemet kan användas för att få en ökad lufthastighet i stallet (Bjerg et al. 2018). Vid tillfälliga värmeböljor är det också enkelt att montera extra fläktar för att få ned temperaturen i stallet. Flera studier pekar på ett antal positiva effekter då grisarna erbjuds en ökad lufthastighet under varma perioder (Sällvik & Walberg 1984; Geers et al. 1986). Randall et al. (1983) visar dock i sin studie att en ökad lufthastighet också kan resultera i att grisarna gödslar mer på liggytan om där uppstår ett drag.

Majoriteten av systemen går att installera i det befintliga stallet. De vätande systemen samt ökad lufthastighet går relativt enkelt att installera. Evaporativ kylning, markvärmväxlare och kylning i golvet kräver dock ett större ingrepp i samband med installation eftersom de integreras i byggnaden. Vid val av kylmetod bör hänsyn tas till typ av stall och produktionsinriktning. Markvärmväxlare där luften leds vid sidan av stallet kan vara enklare att installera i efterhand än där luften leds under stallet. Dusch, bad och dimmspridning kräver ett välfungerande ventilationssystem för att undvika allt för hög luftfuktighet i stallet. Det saknas forskning om bad i Sverige men med tanke på hur inhysningssystemen för konventionella slaktgrisar är utformade är ett system som bad bättre lämpat för grisar i ekologisk produktion.

En viktig aspekt är om grisarna själva kan bestämma om de vill kyla sig eller inte. Metoder som dusch, bad och kylning i golvet ökar grisarnas möjlighet till värmeavgivning och de kan själva välja om och hur de vill använda metoderna. Vad gäller ökad lufthastighet så beror utformningen av systemet om grisen kan undvika det eller ej. Om den ökade lufthastigheten ger en gradient över liggytan kan grisarna välja liggplats efter behov. Med en ökad lufthastighet över hela liggytan kan de inte undvika kylmetoden. Dimmspridning, evaporativ kylning och markvärmväxlare påverkar i störst mån grisens omgivningstemperatur och kan därför vara svårare för grisen att undvika. Yngre grisar är känsligare för kyla och drag vilket gör det viktigt att tillämpa korrekt kylning med respektive metod. Geers et al. (1990) konstaterar i sin studie att kontroll av mikroklimatet (golv- och lufttemperatur samt lufthastighet) enligt grisens värmepreferenser gör att grisen kan utse miljön den föredrar och på så sätt välja att ligga långt ifrån gödselytan.

5.1. Slutsats

Det är svårt att peka ut det enskilt bästa systemet för grisproduktion i Sverige. Valet beror av många aspekter. System med evaporativ kylning av tilluften passar däremot mindre bra i det svenska klimatet. Installationstillfället styr till viss del val av kylmetod där markvärmepåväxlare och kylning i golvet med fördel installeras i samband med stallbygget. Dusch, bad, dimmspridning och ökad lufthastighet är enkla att installera även i efterhand. Att grisen själv kan välja sin miljö är positivt ur välfärdssynpunkt. System som dusch, bad, kylning i golvet och ökad lufthastighet kan ge grisen valmöjligheter medan dimmspridning och markvärmepåväxlare påverkar hela grisens vistelsezon.

Referenser

- Aarnink, A.J.A., Schrama, J.W., Heetkamp, M.J.W., Stefanowska, J. & Huynh, T.T.T. (2006). Temperature and body weight affect fouling of pig pens. *Journal of Animal Science*, 84 (8), 2224–2231. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-521>
- Aarnink, A.J.A., Schrama, J.W., Verheijen, R.J.E. & Stefanowska, J. (2001). Pen Fouling in Pig Houses Affected by Temperature. *Proceedings of Livestock Environment*, 2001. 180–186. <https://doi.org/10.13031/2013.7071> [2021-03-30]
- Bjerg, B., Rong, L. & Zhang, G. (2018). Computational prediction of the effective temperature in the lying area of pig pens. *Computers and Electronics in Agriculture*, 149, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.016>
- Botermans, J., Olsson, A.-C. & Jeppsson, K.-H. (2014). *Energiförbrukningen för att ventiler i slaktgrisstallar kan reduceras genom att använda ventilationskanaler under stallet*. [LTV-fakultetens faktablad 2014:21] Alnarp: SLU.
- Cross, A.J., Brown-Brandl, T.M., Keel, B.N., Cassady, J.P. & Rohrer, G.A. (2020). Feeding behavior of grow-finish swine and the impacts of heat stress. *Translational Animal Science*, 4 (2), 986–992. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa023>
- da Fonseca de Oliveira, A.C., Vanelli, K., Sotomaior, C.S., Weber, S.H. & Costa, L.B. (2018). Impacts on performance of growing-finishing pigs under heat stress conditions: a meta-analysis. *Veterinary Research Communications*, 43 (1), 37–43. <https://doi.org/10.1007/s11259-018-9741-1>
- Forcada, F. & Alfonso Abecia, J. (2019). How Pigs Influence Indoor Air Properties in Intensive Farming: Practical Implications - a Review. *Annals of Animal Science*, 19 (1), 31–47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030>
- Geers, R., Goedseels, V., Parduyns, G., Nijns, P. & Wouters, P. (1990). Influence of Floor Type and Surface-Temperature on the Thermoregulatory Behavior of Growing Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 45 (2), 149–156. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(05\)80146-5](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(05)80146-5)
- Geers, R., Goedseels, V., Parduyns, G. & Vercruyssen, G. (1986). The Group Postural Behavior of Growing-Pigs in Relation to Air Velocity, Air and Floor Temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 16 (4), 353–362. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(86\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90007-9)
- Haeussermann, A., Hartung, E., Jungbluth, T., Vranken, E., Aerts, J.-M. & Berckmans, D. (2007). Cooling effects and evaporation characteristics of fogging systems in an experimental piggery. *Biosystems Engineering*, 97 (3), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.019>
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Gerrits, W.J.J., Heetkamp, M.J.H., Canh, T.T., Spooler, H.A.M., Kemp, B. & Verstegen, M.W.A. (2005a). Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science*, 91 (1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.10.020>
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Heetkamp, M.J.W., Verstegen, M.W.A. & Kemp, B. (2007). Evaporative heat loss from group-housed growing pigs at high

- ambient temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 32 (5), 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.03.001>
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Spoolder, H. a. M., Verstegen, M.W.A. & Kemp, B. (2004). Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs. *Transactions of the Asae*, 47 (5), 1773–1782
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Truong, C.T., Kemp, B. & Verstegen, M.W.A. (2006). Effects of tropical climate and water cooling methods on growing pigs' responses. *Livestock Science*, 104 (3), 278–291. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.029>
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A. & Verstegen, M.W.A. (2005b). Reactions of pigs to a hot environment. *Proceedings of Livestock Environment*, 2005. 544–550
- Jeppsson, K.-H., Olsson, A.-C. & Nasirahmadi, A. (2021). Cooling growing/finishing pigs with showers in the slatted area: Effect on animal occupation area, pen fouling and ammonia emission. *Livestock Science*, 243, 104377. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104377>
- Krommweh, M.S., Roesmann, P. & Buescher, W. (2014). Investigation of heating and cooling potential of a modular housing system for fattening pigs with integrated geothermal heat exchanger. *Biosystems Engineering*, 121, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.02.008>
- Larsen, M.L.V., Bertelsen, M. & Pedersen, L.J. (2018). Review: Factors affecting fouling in conventional pens for slaughter pigs. *Animal*, 12 (2), 322–328. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001586>
- Lucas, E.M., Randall, J.M. & Meneses, J.F. (2000). Potential for Evaporative Cooling during Heat Stress Periods in Pig Production in Portugal (Alentejo). *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76 (4), 363–371. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0550>
- Ma, X., Wang, L., Shi, Z., Chen, W., Yang, X., Hu, Y., Zheng, C. & Jiang, Z. (2019). Mechanism of continuous high temperature affecting growth performance, meat quality, and muscle biochemical properties of finishing pigs. *Genes and Nutrition*, 14, 23. <https://doi.org/10.1186/s12263-019-0643-9>
- Mayorga, E.J., Renaudeau, D., Ramirez, B.C., Ross, J.W. & Baumgard, L.H. (2019). Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*, 9 (1), 54–61. <https://doi.org/10.1093/af/vfy035>
- Opderbeck, S., Kessler, B., Gordillio, W., Schrade, H., Piepho, H.-P. & Gallmann, E. (2020). Influence of A Cooled, Solid Lying Area on the Pen Fouling and Lying Behavior of Fattening Pigs. *Agriculture-Basel*, 10 (7), 307. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070307>
- Randall, J., Armsby, A. & Sharp, J. (1983). Cooling Gradients Across Pens in a Finishing Piggery .2. Effects on Excretory Behavior. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28 (3), 247–259. [https://doi.org/10.1016/0021-8634\(83\)90073-2](https://doi.org/10.1016/0021-8634(83)90073-2)
- Schauberger, G., Hennig-Pauka, I., Zollitsch, W., Hoertenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Knauder, W., Anders, I., Andre, K. & Schoenhart, M. (2020). Efficacy of adaptation measures to alleviate heat stress in confined livestock buildings in temperate climate zones. *Biosystems Engineering*, 200, 157–175. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.09.010>
- Shi, Z., Li, B., Zhang, X., Wang, C., Zhou, D. & Zhang, G. (2006). Using floor cooling as an approach to improve the thermal environment in the sleeping area in an open pig house. *Biosystems Engineering*, 93 (3), 359–364. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.12.012>

Sällvik, K. & Walberg, K. (1984). The Effects of Air Velocity and Temperature on the Behavior and Growth of Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 30 (4), 305–312. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(84\)80031-1](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(84)80031-1)