



## Fødearestyrelsen

### Bestilling vedr. overbrusningsanlæg eller tilsvarende til svin

Fødearestyrelsen (FVST) er i forbindelse med dyrevelfærdskontrollen i svinebesætninger blevet stillet over for spørgsmålet om passende anordninger til regulering af svins kropstemperatur.

Der er efter FVST's opfattelse behov for at præcisere hvilke principper, der bør lægges til grund ved vurdering af, om en given anordning kan regulere grisenes kropstemperatur i overensstemmelse med lovens krav.

I skrivelsen af 5. oktober 2009 anmoder FVST derfor Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), Aarhus Universitet, om en vurdering af, hvilke typer anordninger, der efter fakultets opfattelse kan regulere svins kropstemperatur i overensstemmelse med lovgivningen.

Specifikt ønskes en vurdering af følgende fire alternative principper for køling:

- 1) Konstant rumtemperatur, der ligger indenfor grisenes termiske komfortzone opnået fx ved anvendelse af et airconditionanlæg. I den forbindelse ønskes grises termiske komfortzone præciseret.
- 2) Afkøling ved fordampning af vand med højtrykskølingsanlæg. Dvs. et anlæg, som baserer afkølingen på fordampning af meget fine vanddråber. Der er primært tale om små dråber, som fordamper, inden de når ned i grisenes opholdsområde.
- 3) Afkøling ved forøgelse af lufthastigheden i grisenes opholdsområde. Der tænkes specielt på luftindtag (ventiler) i loftsfladen, som i varme perioder er åbne og sender en luftstrøm direkte ned i grisenes opholdsområde, hvorved lufthastigheden øges. Systemet ønskes vurderet både ved anvendelse af afkølet og uafkølet luft.

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)

Susanne Elmholt

Dato: 19. november 2009

Journalnr:  
Reference:

Direkte tlf: 8999 1858  
Direkte fax: 8999 1819  
Mobil tlf:  
E-post:  
Susanne.Elmholt@agrsci.dk  
Web: www.agrsci.dk

CVR-nr: 57607556  
EAN-nr: 5798000877412

Det Jordbrugsvidenskabelige  
Fakultet (DJF)  
Aarhus Universitet  
Blichers Allé 20, Postboks 50  
8830 Tjele  
Tlf: 8999 1900  
Fax: 8999 1919  
E-post: djf@agrsci.dk  
Web: www.agrsci.dk



- 4) Afkøling ved varmeledning til staldgulvet. Afkølingssystemet består i, at staldgulvet afkøles i et område af stien, således at grisene efter behov i varme perioder kan vælge at lægge sig i dette område.

Vurderingen gives nedenfor i form af et notat, der redegør for mekanismerne i svins temperaturregulering. På baggrund af notatet gives en vurdering af hensigten med lovtæksten, og med basis i erfaringer og dokumentation vedrørende anordninger baseret på de ovennævnte principper for køling (bilag 1) vurderes disse i forhold til hensigten med lovtæksten.

Sammenfattende er opfattelsen, at hensigten med bestemmelsen vedrørende overbrusningsanlæg eller tilsvarende anordninger er så vidt muligt at sikre termisk komfort for grisene, og - såfremt dette ikke nås - at nedsætte en eventuel varmebelastning. Dette vil kunne tilgodeses ved anordninger, der øger varmeudvekslingen med omgivelserne. Under typiske danske, indendørs forhold kunne det være at:

- sænke lufttemperaturen, så konvektionen øges
- øge lufthastigheden, så konvektionen øges
- installere anordninger, der ved kontakt øger varmeledning
- gøre grisene våde, så den latente varmeafgivelse (EHL) ved fordampningen øges

Ved hensigtsmæssig brug af anordninger, baseret på de nævnte principper, må det forventes, at der kan opnås termiske komfort for grise. Uanset anordning vil en hensigtsmæssig brug indbefatte, at der tages hensyn til et varierende behov for afkøling/varme over døgnet og årstider, og at en afbalanceret diversitet i stiens mikroklima tilgodeses. Den nuværende lov stiller dog ikke krav af denne karakter.

Der foreligger ikke biologisk dokumentation, der generelt taler imod anvendelse af anordninger, der er baseret på ovennævnte principper for køling. Det er således DJF's opfattelse, at anordninger baseret på ovennævnte principper vil være i overensstemmelse med hensigten med lovgivningen.

Seniorforsker og Temakoordinator for Husdyr, Karin Hjelholt Jensen, og Post Doc, Heidi Mai-Lis Andersen, har forestået udarbejdelsen af notatet. Eventuelle opfølgende spørgsmål kan rettes til Karin H. Jensen på tlf. 8999 1313.

Med venlig hilsen

Susanne Elmholt  
Seniorforsker, koordinator for DJF's myndighedsrådgivning

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)



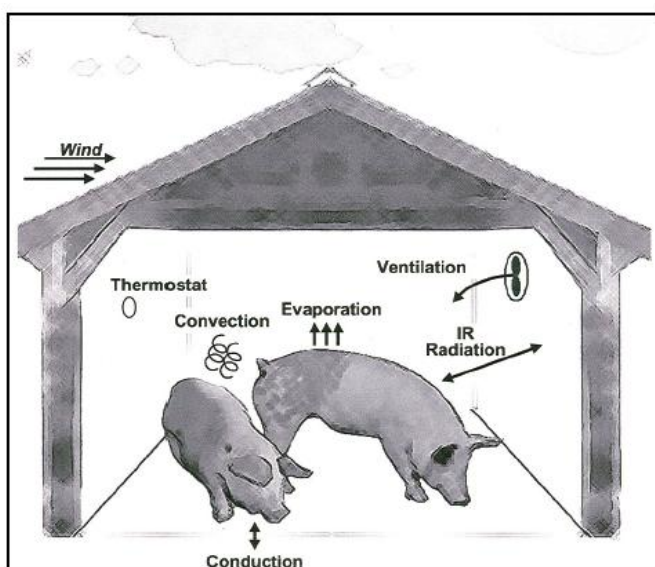
## Notat vedrørende typer af anordninger den kan regulere svins kropstemperatur i overensstemmelse med lovgivningen

Grise er homeotermiske, dvs. at de ved hjælp af fysiologiske og adfærdsmæssige mekanismer søger at opretholde en næsten konstant kropstemperatur, hvor varmetabet til omgivelserne svarer til summen af grisens egen varmeproduktion og eventuel opvarmning ved varmestråling eller varmeledning fra genstande i omgivelserne, der har højere temperatur end grisens overfladetemperatur. Grisens normale kropstemperatur er ca. 39°C. Grisens egen varmeproduktion og kropstemperaturen varierer over døgnet. Foderoptagelse medfører en stigning i varmeproduktionen på op til 0,5°C (DeShazer, 2009).

Opvarmning af grisen sker primært gennem dens egen varmeproduktion fra stofskifteprocesser. Størrelsen af varmeproduktionen afhænger dels af de genetiske forudsætninger og dels af foderniveauet og aktivitetsniveauet. Hertil kan opvarmning ske ved varmestråling (f.eks. varmelamper) eller ved varmeledning ved kontakt med genstande i omgivelserne, der har højere temperatur end grisen (f.eks. opvarmede gulve). Under intensive forhold har opvarmning af grisen ved direkte solstråling ringe betydning, ligesom opvarmning af grisene ved konvektion ikke er aktuel under danske temperatur forhold, hvor lufttemperaturen normalt er lavere end grisens overfladetemperatur.

### Varmeudveksling med omgivelserne

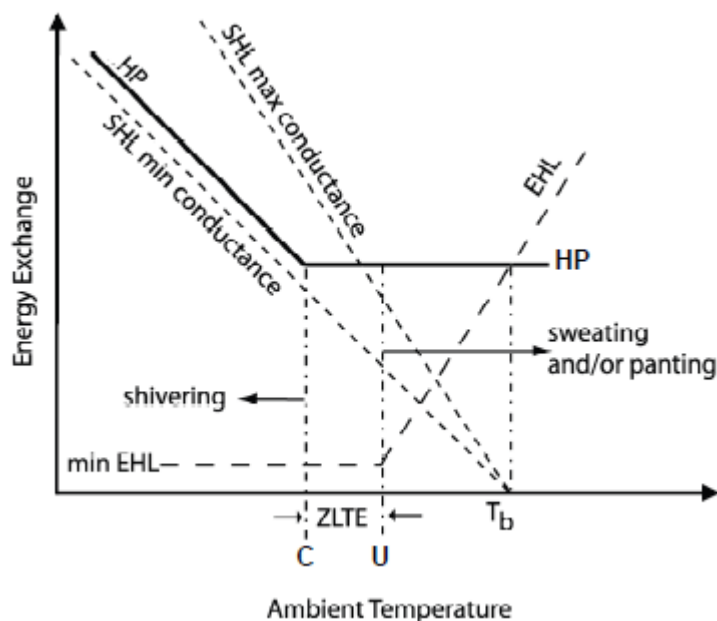
Udveksling af varme med omgivelserne sker gennem konvektion, varmeledning, varmestråling og fordampning (figur 1).



Figur 1. Varmeudveksling mellem dyr og omgivelser i indendørs opstaldning (fra DeShazer, 2009).



Når lufttemperaturen og/eller omgivelsernes overfladetemperatur (f.eks. vægge og inventar) er lavere end grisens overfladetemperatur afgives varme ved konvektion, varmeledning og varmestråling til omgivelserne. Denne varmeafgivelse betegnes samlet "sensible heat loss" (SHL). Størrelsen af SHL afhænger af temperaturforskellen mellem dyret og luftlaget omkring dyret (konvektion) eller overfladetemperaturer i omgivelserne (varmeledning og varmestråling). SHL falder derfor med stigende rumtemperatur, som følge af den faldende temperaturgradient mellem grisen og omgivelserne (figur 2).



Figur 2. The zone of least thermoregulatory effort (ZLTE) is bounded by the lower critical temperature (C) where conductance is minimum and metabolic heat production (HP) increases with falling temperatures and by the evaporative critical temperature (U) where conductance is at its maximum and the onset of rising evaporative heat loss (EHL) begins with sweating, panting or both. The upper critical temperature as defined by IUPS Thermal Commission (2001) is synonymous with evaporative critical temperature presented by Black et al (1986). T<sub>b</sub> = deep body temperature, SHL = sensible heat loss. (fra DeShazer, 2009).

Desuden regulerer grisens blodgennemstrømning i huden fysiologisk afhængigt af behovet for varmeafgivelse. Ved lave temperaturer reduceres blodgennemstrømning (vasokonstriktion). Derved nedsættes grisens overfladetemperatur og temperaturforskellen mellem grisen og omgivelserne mindskes, hvorved varmeafgivelsen reduceres. Omvendt ledsages høje temperaturer af øget blodgennemstrømning (vasodilation) og øget varmeafgivelse (DeShazer, 2009). Dette er illustreret i figur 2 med henholdsvis "SHL min conductance" (vasokonstriktion) og "SHL max conductance" (vasodilation).



Denne evne til at regulere hudens blodgennemstrømning i forhold til omgivelsernes temperatur er en del af forklaringen på, at der ikke blot findes én optimal temperatur, men at grisen indenfor en bredere temperaturzone kan opretholde kropstemperaturen alene ved regulering af blodgennemstrømningen i huden og ved at indtage stillinger, der øger eller reducerer eksponeringen for varme eller kulde. Denne temperaturzone betegnes "zone of least thermoregulatory effort" (ZLTE – figur 2) eller den termiske komfortzone. Som det fremgår af figur 2 udgøres den nedre grænse af den termiske komfortzone af den nedre kritiske temperatur (C) og den øvre grænse af den øvre kritiske temperatur (U) (DeShazer, 2009).

Oprindeligt opererede man med en termoneutrale zone, der blev defineret som det temperaturinterval, hvor stofskiftet er minimalt, konstant og uafhængigt af omgivelsernes temperatur. Grænserne for intervallet blev ligeledes betegnet hhv. den nedre og øvre kritiske temperatur (Huynh et al., 2005b). Den nedre kritiske temperatur var identisk med den nedre kritiske temperatur for den termiske komfortzone. Måling af den øvre kritiske temperatur for dette område var imidlertid vanskelig. Man har derfor nu vedtaget, at betegnelsen "den øvre kritiske temperatur" er den temperatur, hvor varmeafgivelse ved fordampning øges, dvs. den øvre grænse for den termiske komfortzone (DeShazer, 2009).

Betegnelsen "den termiske komfortzone" som synonym for "zone of least thermoregulatory effort" stammer fra menneskers oplevelse af ubehag, når de begynder at svede (DeShazer, 2009). Hos dyr er der ikke en dokumenteret sammenhæng mellem den termiske komfortzone og dyrets oplevelse af varme/kulde eller ubehag. Det kan derfor ikke udelukkes, at temperaturer i nærheden af de kritiske temperaturer er forbundet med et vist ubehag for grisen. Betegnelsen komfortzone kan derfor være misvisende for dyr.

Ved temperaturer under den nedre kritiske temperatur i den termiske komfortzone er varmeafgivelsen ved SHL større end varmeproduktionen fra det basale stofskifte. For at opretholde en relativ stabil kropstemperatur fører dette til, at dyret gradvist øger sit stofskifte og varmeproduktion ved faldende temperatur (figur 2). På kort sigt sker dette ved muskelsammentrækninger, "kulderystelser" og aktivitet. På længere sigt øges foderoptagelsen, hvilket i sig selv øger stofskiftet og varmeproduktionen og giver grundlag for øget forbrænding gennem aktivitet. I produktionssammenhæng betyder dette, at grise, der holdes ved temperaturer under den nedre kritiske temperatur, har en forringet foderudnyttelse og tilvækst (DeShazer, 2009).

Ved temperaturer over den øvre kritiske temperatur i den termiske komfortzone er SHL mindre end dyrets varmeproduktion. Opretholdelse af en stabil kropstemperatur kræver derfor varmeafgivelse ved fordampning, kaldet "latent heat loss" eller "evaporative heat loss" (EHL) (figur 2). Ved



alle temperaturer sker der en lav fordampning fra luftvejene på ca. 10 % af det totale varme tab (Restrepo et al., 1977). Når omgivelsernes temperatur overstiger den kritiske temperatur øges EHL varmetabet gennem fysiologiske reaktioner som forøget åndedrætsfrekvens (panting) og udskillelse af sved, der øger fordampningen (figur 2 - DeShazer, 2009). Sidstnævnte har dog minimal betydning hos svin, der ikke har funktionelle svedkirtler.

Inden for den termiske komfortzone er åndedrætsfrekvensen ca. 32 åndedrag pr. minut hos grise på 60-70 kg, hvorefter den for hver stigning i temperaturen på 1 °C vil stige med ca. 13 åndedrag pr. minut (Huynh et al., 2005b).

Når omgivelsernes temperatur overstiger den øvre kritiske temperatur, sker der desuden et fald i grisens varmeproduktion, idet den frivillige foderoptagelse falder, hvilket nedsætter den foder inducerede varmeproduktion. Reduktionen i den frivillige foderoptagelse ved temperaturer over den øvre kritiske temperatur kan erkendes på daglig basis ved temperaturstigninger på 2 °C pr. dag (Huynh et al., 2005b). Reduktion i den frivillige foderoptagelse kan være markant ved høje temperaturer, og varmebelastning kan således have betydelige negative konsekvenser for ungdyrs tilvækst og diegivende søers mælkeproduktion. Varmebelastning ønskes derfor også af produktionsmæssige årsager så vidt muligt undgået (DeShazer, 2009)

### **Adfærdsmæssig og fysiologisk temperaturregulering**

Grise kan som nævnt ovenfor ændre deres varmeproduktion via stofskifteprocesserne, regulere temperaturgradienten ved regulering af blodgennemstrømningen i huden og øge afgivelse af fordampningsvarme ved at øge åndedrætsfrekvensen.

Parallelt hermed regulerer grise deres temperatur ved hjælp af adfærd.

Den termoregulerende adfærd består blandt andet af adfærd, der regulerer eksponeringen for varmeudveksling med omgivelserne gennem valg af kropsstilling og opholdssted (DeShazer, 2009).

Ved lave temperaturer reducerer grisene deres kontaktflade med genstande, der er koldere end grisens overfladetemperaturen, så tab af varme ved varmeledning minimeres, mens kontaktfladen og nærheden til artsfæller, der har samme overfladetemperatur, øges. Desuden minimeres overfladearealet, hvor varmen kan afgives ved konvektion eller strålevarme. Under hvile fører dette til "klumpning" (huddling), hvor grisene ligger i en tæt bunke i bugleje. Desuden vælges en placering af lejet, hvor der er tørt og mindst mulig lufthastighed. Hvis det er muligt, vil grise tillige opsøge varmestråling fra sol (DeShazer, 2009).



Ved stigende temperatur i omgivelserne øges eksponeringen for varmeudveksling med omgivelserne. Grisen vælger leje i områder med større lufthastighed, kølige overflader og fugtige overflader. Grisene ligger i sideleje, hvor varmeledningen til gulve er øget, og hvor overfladearealet, hvorfra konvektion og varmestråling kan ske, er størst mulig for en liggstilling. Afstanden mellem liggende grise øges, og grisene lægger sig langs vægge eller på spaltegulve, hvor lufthastigheden sædvanligvis er større, og/eller de lægger sig på gulvarealer med øget varmeledningsevne (f.eks. bare betongulve uden isolering) eller på våde gulve med mulighed for varmeafgivelse ved fordampning. Udendørs opstaldede svin vil søge skygge.

Ved temperaturer tæt på den øvre kritiske temperatur nedsættes den aktivitets-inducerede varmeproduktion (DeShazer, 2009). Eksperimentelle data viser, at for grise på 60-70 kg sker dette gennemsnitligt ved 24,2 °C, når den relative luftfugtighed er mellem 50% og 80%, og den gennemsnitlige lufthastighed er 0,2 m/s (Huynh et al., 2005a).

Ved temperaturer i nærheden af den øvre kritiske temperatur begynder grise desuden at søle, hvor de ruller sig i mudder eller andre våde elementer, og derved øger varmeafgivelse ved fordampning af vand fra huden. I naturen søler grisene fortrinsvis i mudder, der virker afkølede i længere tid end vand. I stalde med delvist faste gulve begynder grise ofte at gøde og urinere på det faste gulv i varme perioder og søler i gødningen og urinen, mens de ligger på spaltegulvet. Svin prioriterer således temperaturreguleringen over liggekomforten og hygiejnen.

Undersøgelser har vist, at ved en relativ luftfugtighed på 60 % og en gennemsnitlig lufthastighed på 0,14 m/s vil grise på ca. 25 kg begynde at gøde på det faste gulv ved en lufttemperatur på ca. 25°C. For slagtesvin var den tilsvarende temperatur 20°C (Aarnink et al., 2006).

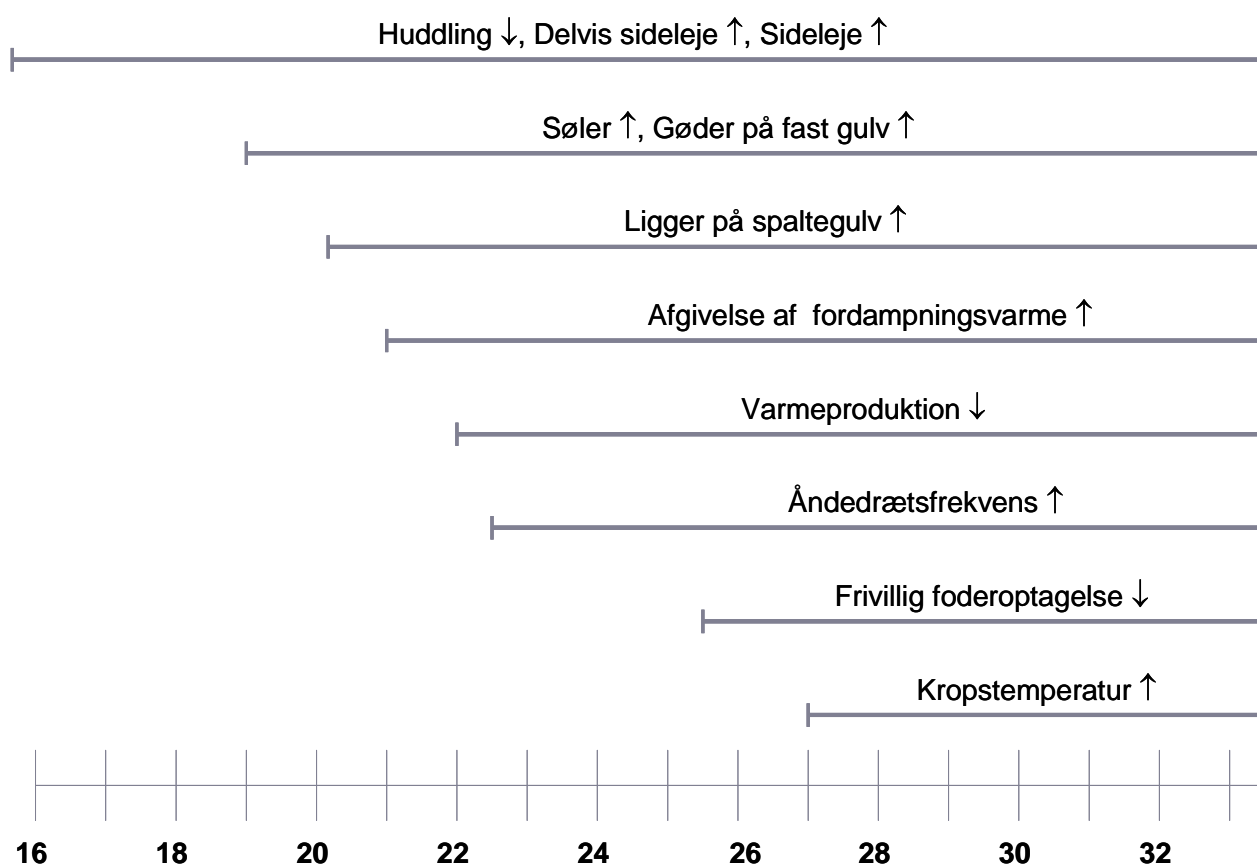
I Figur 3, der sammenfatter eksperimentelle data fra Huynh et al. (2005a og 2005b), ses ved hvilke temperaturer forskellige temperaturreguleringse mekanismer sker, og hvornår en konstant kropstemperatur ikke længere kan opretholdes hos grise på ca. 60-70 kg opstaldet i en stald med kontrollerede termiske forhold med en relativ luftfugtighed på 65 % og en gennemsnitlig lufthastighed på 0,2 m/s.

Svins termoreguleringse adfærd er effektiv, og sammen med deres fysiologiske evner til at regulere varmeudveksling med omgivelserne vil de i naturen som regel kunne opsøge et mikroklima, der svarer til den termiske komfortzone, eller hvor der ved høje temperaturer er mulighed for ekstra varmeafgivelse ved at søle i vand/mudder. Under indendørs produktionsforhold er grisenes egne muligheder for at opsøge et optimalt mikroklima begrænset af opstaldningsforholdene, især hvad angår varmeafgivelse. Muligheden for at undgå artsfæller, der udgør en betydelig varmekilde, er begrænset, og foderstyrken og dermed varmeproduktionen



er høj. Opnåelse af velfærdsmæssige og produktionsmæssige optimale termiske forhold kræver derfor en nøje styring af de termiske forhold.

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)



Figur 3. Sammenhæng mellem temperatur og forskellige temperaturregulerende mekanismer hos grise på ca. 60-70 kg opstaldet i en stald med kontrollerede termiske forhold med en relativ luftfugtighed på 65 % og en gennemsnitlig lufthastighed på 0,2 m/s (baseret på data fra Huynh et al. (2005a og 2005b).

### Den termiske komfortzone

Begrebet, den termiske komfortzone, er ikke en statisk størrelse. De eksakte temperaturgrænser afhænger af alle de forhold, som påvirker dyrenes varmeproduktion og varmeudvekslingen med omgivelserne, og er således





bestemt af de aktuelle dyrs egenskaber og status, det aktuelle fysiske miljø og management (DeShazer, 2009).

Varmeproduktionen afhænger af dyrets genetiske baggrund, foderoptagelsen, dets fysiologiske status, aktivitetsniveauet og tidspunkt på dagen.

Svins basale stofskifte er i høj grad arveligt bestemt og er gennem de seneste års avlsarbejde øget i takt med den øgede kødprocent med deraf følgende reduktion i de kritiske temperaturer. Desuden bestemmes varmeproduktionen bl.a. af foderoptagelsen og dyrenes forbrug af energi til mælkeproduktion, fysisk aktivitet og lignende. Flere af disse forhold afhænger bl.a. af tidspunktet på døgnet. Foderoptagelsen har en markant indflydelse på varmeproduktionen og dermed på den øvre og nedre kritiske temperatur. Eksempelvis medfører en fordobling af vedligeholdelsesfoderoptagelsen et fald i den nedre kritiske temperatur på 5°C for en gris på 22-50 kg (DeShazer, 2009). Man har desuden vist, at hvilestofskiftets størrelse afhænger af de termiske forhold under grisens opvækst. Varmeproduktionen er således forøget hos grise, der er vokset op ved 10 °C sammenlignet med grise, der er vokset op ved 35 °C (Heath & Ingram, 1981). Varmeproduktionen varierer hen over døgnet med den laveste varmeproduktion om natten (McCracken & Caldwell, 1980; Pedersen & Sällvik, 2002), og grise foretrækker ved samme lufttemperatur lavere lufthastighed (varmeafgivelse ved konvektion) i dette tidsrum end i den øvrige del af døgnet (Geers et al., 1986).

Varmeudvekslingen med omgivelserne varierer i forhold til grisenes fysiologiske evne til at kontrollere blodgennemstrømningen i huden og det relative forhold mellem størrelsen af dyrets overfladeareal og varmeproduktionen. Disse forhold er i høj grad bestemt af alderen/størrelsen. Nyfødte grise har eksempelvis en meget dårlig evne til at regulere blodgennemstrømningen i huden, og jo mindre grisene er, jo større overflade har de i forhold til deres varmeproduktion. Den øvre og nedre kritiske temperatur er derfor højere jo yngre grisene er (DeShazer, 2009).

De termiske forhold og fodringsniveauet under opvæksten kan påvirke fordelingen af fedtaflejring, ekstremiteternes længde og overflade- og kropstemperaturen senere i livet (Macari et al., 1983; DeShazer, 2009), og vil således både kunne påvirke varmeudvekslingen med omgivelserne og temperatortolerancegrænsen.

Endelig påvirkes grisenes varmeudveksling med omgivelserne af lufthastigheden, relativ luftfugtighed, og omgivelsernes varmestråling og varmeledning, og disse variable kan flytte den termiske komfortzone (Tabel 2, DeShazer, 2009).



Når lufthastigheden øges, øges varmeafgivelsen ved konvektion (DeShazer, 2009), og grisene vil derfor have behov for og kan tåle højere lufttemperaturer ved øget lufthastighed. Effekten af øgede lufthastigheder vil være størst ved lave lufthastigheder.

En reduktion i luftfugtigheden fra 80 % til 65 % medførte en stigning i den øvre kritiske temperatur fra 21.3 °C til 22.6 °C hos grise på 60-70 kg ved en lufthastighed 2 m/s (Huynh et al., 2005b). Ved gruppeopstaldning af grise og ved overbelægning øges varmestrålingen fra andre grise (DeShazer, 2009), og den termiske komfort zone er lavere end ved individuel opstaldning. Øget varmeledning til kolde overflader øger grises termiske komfort zone (DeShazer, 2009).

Tabel 2. Fysiske faktorerers indflydelse på varmeudvekslingen mellem dyrets overflade og omgivelserne (fra DeShazer, 2009 - adapted from Hahn, 1976).

Factors	Modes of Heat Transfer			
	Convection	Conduction	Radiation	Evaporation
<b>Animal characteristics</b>				
Configuration of animal	X	X <sup>[a]</sup>	X <sup>[b]</sup>	X <sup>[c]</sup>
Surface temperature of animal	X	X	X	X <sup>[d]</sup>
Emissivity of animal's surface			X	
<b>Environmental characteristics</b>				
Surrounding surface temperature		X	X	
Air temperature	X			
Air velocity	X			X
Air vapor pressure				X
Surrounding shape factor for radiation			X	
Emissivity of surrounding surface			X	
Thermal resistance of contact surface		X		
Heat capacity of contact material		X		
<p><sup>[a]</sup> For standing animals, conductive heat transfer is negligible; for animals lying, the area of animal surface in contact with the floor or supporting structure, conductive heat transfer is a factor.</p> <p><sup>[b]</sup> Area of the animal exposed to the radiation source or sink.</p> <p><sup>[c]</sup> Wetted area of the animal surfaces, including the respiratory passages.</p> <p><sup>[d]</sup> Temperature of the animal surface is an indirect factor because vapor pressure is a function of temperature.</p>				

Som det fremgår af ovenstående kan et optimalt termisk miljø ikke beskrives alene ved lufttemperaturen, men skal ses i sammenhæng med alle de forhold, der påvirker grisenes varmeproduktion og varmeudveksling med omgivelserne, dvs. lufthastighed, relativ luftfugtighed, omgivelsernes varmestråling og varmeledning, fodringsforhold, genetik, opvækstforhold, tidspunkt på døgnet mm. (DeShazer, 2009). Disse forhold vil i praksis variere mellem besætninger (f.eks. ventilationsforhold, placering, stidesign), og inden for besætninger mellem stier (f.eks. placering i forhold til luftstrømme i stalden) og dyr (f.eks. aktivitetsniveau, fodringsniveau, social status og adgang til



afkølingsfaciliteter). Der kan således ikke angives generelt gældende temperaturgrænser for den termiske komfortzone.

Ved hjælp af modelleringsværktøjer kan man beregne tilnærmede grænseværdier for en "standard gris" givet de specifikke forhold i en stald samt de forskellige udendørsforhold, der har betydning for staldens klima, så som temperatur, vindhastighed, luftfugtighed og vindretning (DeShazer, 2009).

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)

### Tolkning af lovgivningen

Som det nævnes i FVST's spørgetema kræver lovgivningen, at der i stier til smågrise, avls- og slagtesvin samt til drægtige søer og gylte skal være "installeret et overbrusningsanlæg eller en tilsvarende anordning, der skal bruges til at regulere dyrenes kropstemperatur". I bemærkningerne til loven begrundes dette med, at svin ikke har funktionelle svedkirtler og derfor har et stort behov for at kunne få afkølet kroppen på en anden måde, når det bliver varmt eller efter fysisk aktivitet. Hvis de har mulighed for at blive fugtige, kan de få afkølet kroppen ved fordampning af fugtigheden fra kroppen.

I henhold til FVST's spørgetema tolker FVST umiddelbart dette således, at "det enkelte dyr, hvis temperaturen i omgivelserne overstiger den øvre grænse i dyrets termiske komfortzone, skal have mulighed for at regulere sin kropstemperatur efter behov, hvilket fx kan ske ved at dyret gør sig våd, så kroppen afkøles ved fordampning af vandet."

"Desuden er det Fødevarestyrelsens vurdering, at anordninger, der alene sænker omgivelsernes temperatur uden at give grisene mulighed for individuel afkøling, ikke opfylder lovkravet. Fødevarestyrelsen vurderer dog, at sådanne anordninger muligvis kan eliminere behovet for individuel afkøling, hvis anordningerne sikrer, at omgivelsernes temperatur i det område af stien, hvor grisene opholder sig, sænkes så meget, at den konstant ligger under det temperaturniveau, som modsvarer den øvre grænse i grisenes termiske komfortzone."

Ud fra en dyrevelfærdsmæssig synsvinkel må det forventes, at hensigten med bestemmelsen vedrørende overbrusningsanlæg eller tilsvarende anordninger er så vidt muligt at sikre termisk komfort for grisene, og såfremt dette ikke nås at nedsætte en eventuel varmebelastning. Med udgangspunkt i de ovenfor beskrevne mekanismer for termoregulering kan begge dele opnås med anordninger, der sikrer, at grisene kan afgive en varmemængde, der svarer til deres varmeproduktion ved den givne lufttemperatur. Der kan således være tale om alle anordninger, der øger varmeudvekslingen med omgivelserne.



Varmeudvekslingen med omgivelserne kan under typiske danske, indendørs forhold forøges ved at:

- sænke lufttemperaturen, så konvektionen øges
- øge lufthastigheden, så konvektionen øges
- installere anordninger, der ved kontakt øger varmeledning
- gøre grisene våde, så den latente varmeafgivelse (EHL) ved fordampningen øges

Som det påpeges af FVST, er grises behov for afkøling individuel. Uanset valg af afkølingsanordning er det derfor vigtigt for grisenes termiske komfort at sikre, at der er en tilstrækkelig diversitet i mikroklimaet i forskellige områder af stien, så hverken afkøling eller varme er påtvunget den enkelte gris. Inden for de grænser, der må forventes at være aktuelle, når der tales om individuelle variationer, vil dette almindeligvis kunne opnås uden yderligere tiltag, da der i de fleste stier er områder, der adskiller sig fra hinanden med hensyn til gulvtype samt højde og placering af vægge, og derfor giver forskellige muligheder for varmeledning og konvektion. Ved udformning af anordningerne bør der dog tages hensyn til en passende balance mellem karakteren af lokale zoner, herunder også at adgangen til kølefaciliteter ikke må være så begrænset, at der opstår konkurrence mellem grisene. Sidstnævnte indgår allerede i dag ved udformningen af overbrusningsanlæg i Danmark.

Desuden er det vigtigt, at brugen af afkølingsanordninger tilpasses behovet for afkøling. Eksempelvis ses undertiden negative konsekvenser for grisenenes velfærd ved for hyppig overbrusning i forhold til det aktuelle termiske miljø (upubliceret materiale, DJF). Det er DJF's opfattelse, at de nuværende lovkrav ikke vedrører brugen eller effekten af de afkølede anordninger, men alene at muligheden for afkøling er til stede.

Der foreligger ikke biologisk dokumentation, der generelt taler imod anvendelse af anordninger, baseret på ovennævnte principper for varmeudveksling. Det er således DJF's opfattelse, at anordninger baseret på disse principper vil være i overensstemmelse med hensigten med lovgivningen. Opsummering af erfaringer og dokumentation vedr. de tre alternativer til overbrusning fremgår af bilag 1.

### Referencer

Aarnink A. J. A., Schrama J. W., Heetkamp M. J. W., Stefanowska J. & T. T. T. Huynh, 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. *J Anim Sci.* 84:2224-2231.

Barbari M., Bianchi, M. & F. S. Guerri, 2007. Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. *Rivista di Ingegneria Agraria.*, 38 (1): Abstr. P. 53.



- Bridges T. C., Turner L. W., Gates R. S. & D. G. Overhults, 2000. Swine performance enhancement with cooling as influenced by summer growth period and weather. In: Swine Housing, Proc. First Int. Conf. Des Moines, Iowa. Pp. 348-356.
- Culver A.A., Andrews F.N., Conrad J.H. & T.L. Noffsinger, 1960. Effectiveness of water sprays and a wallow on the cooling and growth of swine in a normal summer environment. *J. Anim. Sci.*, 19:421-428.
- DeShazer J.A. (Ed), 2009. Livestock Energetics and Thermal Environmental Management. American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE, St. Joseph, Mich. 212 pp.
- Geers R., Goedseels V., Parduyns G. & G. Vercruyse, 1986. The Group Postural Behaviour of Growing Pigs in Relation to Air Velocity, Air and Floor Temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 16: 353-362.
- Harp S.L. & R.L. Huhnke, 1991. Drip vs. wetted-pad evaporative cooling of farrowing houses in Oklahoma. *American Society of Agricultural Engineers, ASAE*, 7(4): 461-464.
- Heard L. R., Froehlich D. P., Christianson L. L., Woerman R. & W. Witmer, 1986. Snout cooling effects on sows and litters. *Transactions of the ASAE*, 29: 4, 1097-1101.
- Heath M.E. & D.L. Ingram, 1981. Metabolism of young pigs reared in a hot or cold environment on various energy intake. *J. Therm. Biol.* 6: 19-22.
- Ho Y.K & T.H. Khoo, 1977. The effects of cooling by foggers on the growth rate and feed conversion efficiency of growing pigs. *Singapore Veterinary Journal*, 1:11-12.
- Huynh T.T.T., Aarnink A.J.A., Gerrits W.J.J., Heetkamp M.J.H., Canh T.T., Spoolder H.A.M.,
- Kemp B. & M.W.A. Verstegen, 2005a. Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science* 91: 1-16.
- Huynh T. T. T., Aarnink A. J. A., Verstegen M. W. A., Gerrits W. J. J., Heetkamp M. J. W., Kemp B. & T. T. Canh., 2005b. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *J Anim Sci.* 83:1385-1396.
- Macari M., Ingram D.L. & M.J. Dauncey, 1983. Influence of thermal and nutritional acclimatization on body temperatures and metabolic rate. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A: 549-553.
- McCracken K.J. & B.J. Caldwell, 1980. Studies on diurnal variations of heat production and the effective lower critical temperature of early-weaned pigs under commercial conditions of feeding and management. *Br. J. Nutr.*, 43 (2):321-328.



Pedersen, S., and K. Sällvik. 2002. 4th report of working group on climatization of animal houses heat and moisture production at animal and house levels. Intl. Commission of Agricultural Engineering, Section I. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark. Available at: [www.agrsci.dk/jbt/spe/CIGRreport](http://www.agrsci.dk/jbt/spe/CIGRreport).

Shi Z., Li B., Zhang X., Wang C., Zhou D. & G. Zhang, 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.

Restrepo G., Shanklin M.D. & LR. Hahn, 1977. Heat dissipation from growing pigs as a function of floor and ambient temperature. *Transactions of the ASAE*, 20: 145-147.

Zhu Z., Dong H., Tao X. & H. Xin, 2005. Evaluation of airborne dust concentration and effectiveness of cooling fan with spraying misting systems in swine gestation houses. *Proceedings of the Seventh International Symposium Livestock Environment VII*, 18-20 May 2005, Beijing, China, pp. 224-229

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)



**Bilag 1. Erfaringer og dokumentation vedrørende øget varmeudveksling med omgivelserne baseret på at: 1) sænke lufttemperaturen, så temperaturgradienten og alle former for varmeafgivelse øges; 2) øge lufthastigheden, så konvektionen øges; eller 3) installere anordninger, der ved kontakt øger varmeledning.**

1) sænkning af lufttemperaturen, så konvektionen øges

Til dette princip hører:

- Konstant rumtemperatur, der ligger indenfor grisenes termiske komfortzone opnået fx ved anvendelse af et airconditionanlæg.
- Afkøling ved fordampning af vand med højtrykskølingsanlæg. Dvs. et anlæg, som baserer afkølingen på fordampning af meget fine vanddråber. Der er primært tale om små dråber, som fordamper, inden de når ned i grisenes opholdsområde.

Vi har ikke kunnet finde videnskabelig dokumentation, der specifikt vedrører effekten af airconditionanlæg i svinestalde. I DeShazer (2009) nævnes princippet som urealistisk pga. høje investerings- og driftsomkostninger. Ud fra en biologisk betragtning er princippet godt, forudsat at øvrige termiske betingelser i de aktuelle stalde sikrer, at den termiske komfortzone er overholdt for alle dyr. Individuelle behov for varmeudveksling skønnes at kunne tilgodeses gennem opholdszone, hvis temperaturen ikke overstiger den termiske komfortzone for nogen af dyrene. Et fornuftigt kriterium for, at de termiske forhold er tilfredsstillende, er, at ingen dyr har forøget respirationsfrekvens ved besøg i dagtimerne.

Højtrykskøling har i udenlandske undersøgelser haft positiv virkning på det varmeinducerede fald i foderoptagelse og tilvækst (Ho & Khoo, 1977; Bridges et al., 2000; DeShazer, 2009). Princippet svarer i det væsentligste til aircondition, men medfører en øgning af luftfugtighed, dog ikke i et omfang der har væsentlig indflydelse på det afkølede potentiale. Et højtrykskøleanlæg har den fordel, at det samtidig kan reducere støvmængden, som det er vist for drægtighedsstalde. Dermed kan systemet have et sundhedsmæssigt potentiale for mennesker og dyr (Zhu et al., 2005). Ved en sammenligning af effekten af højtrykskøling og sølekummer med vand fandt man, at højtrykskøling var mere effektiv end sølekummer, vurderet på produktionsresultater, åndedrætsfrekvens og stihygijne (Culver et al., 1960).

En sammenligning af effekten af dryp køling, der modsvarer overbrusning, og såkaldt "wetted-pad cooling", der afkøler lufttemperaturen ved fordampning af vand og således har lighedstræk med højtrykskøling, viste ikke forskel i effektiviteten af metoderne, vurderet på diegivende søers produktivitet eller åndedrætsfrekvens under forhold, hvor der ved



temperaturer over 25,6 °C blev anvendt ekstra ventilation (92.3 m<sup>3</sup>/min) (Harp & Huhnke, 1991).

## 2) øgning af lufthastigheden, så konvektionen øges

Princippet omfatter

- Afkøling ved forøgelse af lufthastigheden i grisenes opholdsområde. Der tænkes specielt på luftindtag (ventiler) i loftsfladen, som i varme perioder er åbne og sender en luftstrøm direkte ned i grisenes opholdsområde, hvorved lufthastigheden øges. Systemet ønskes vurderet både ved anvendelse af afkølet og uafkølet luft.

Afkøling ved øgede lufthastigheder har været anvendt i videnskabelige undersøgelser af mekanismer i termoregulering og har vist sig at være effektiv (DeShazer, 2009). Undersøgelserne viser, at grise på 10-35 kg ved høje lufttemperaturer vælger at ligge i et leje med forøget lufthastighed, og at grisene tilsyneladende foretrækker afkøling ved hjælp af øget lufthastighed frem for gulvkøling, når begge muligheder er til stede (Geers et al., 1986). Vi har ikke fundet litteratur, der dokumenterer effekten af afkølet luft i forhold til uafkølet luft på grisenes velfærd. Man vil dog forvente at jo større temperaturforskellen er mellem luftstrømmen og staldtemperaturen jo større er risikoen for at den forøgede lufthastighed opleves som træk.

En speciel udgave af en målrettet forøget lufthastighed er "Snout cooling", hvor søers tryne køles ved hjælp af en luftstrøm rettet mod søens tryne. Princippet har i en produktionsbesætning vist sig at kunne nedsætte varmebelastningen hos diegivende søer i sommerperioden, vurderet ud fra en øget foderoptagelse og nedsat åndedrætsfrekvens (Heard et al., 1986). En anden undersøgelse viste, at søerne lagde sig med trynen mod luftstrømmen på det varmeste tidspunkt af døgnet, og trynekølingen sammen med en metalplade under søens hoved forbedrede effekten af drypkøling i farestalden (Barbari et al., 2007).

## 3) anordninger, der ved kontakt øger varmeledning.

Dette omfatter

- Afkøling ved varmeledning til staldgulvet. Afkølingssystemet består i, at staldgulvet afkøles i et område af stien, således at grisene efter behov i varme perioder kan vælge at lægge sig i dette område.

Køling ved varmeledning til gulvet kan under optimale forhold udgøre op til 48 % af den totale varmeafgivelse (Restrepo et al., 1977). Ved lufttemperaturer på 12, 24 og 36 °C er gulvkøling mest effektivt ved gulvtemperaturer på ca. 15-20 °C, da blodgennemstrømningen gennem





huden er maksimal i dette temperaturområde (DeShazer, 2009) samtidig med, at temperaturgradienten stadig er forholdsvis stor (Restrepo et al., 1977). Gulvkøling i lejearealet i et åbent svinestaldsanlæg kunne holde gulvtemperaturen på 22-26 °C selv ved lufttemperaturer på 34 °C, og fik grisene til at vælge at ligge i lejet i modsætning til i stier uden gulvkøling (Shi et al., 2006). Grise på 10-35 kg synes dog at foretrække afkøling ved øget lufthastighed frem for gulvkøling, hvis begge muligheder er til stede (Geers et al., 1986).

**DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)**