

MODULÆRT GULVELEMENT TIL KØLING OG OPVARMNING I SMÅGRISE- OG SLAGTESVINESTALDE

DELRAPPORT 2. METODE TIL AT KARAKTERISERE VARME- OG KØLEUDVEKSLINGEN MELLEML GULVELEMENT OG GRISEKROP

INTERN RAPPORT · HUSDYRBRUG NR. 26 · AUGUST 2010
JAN S. STRØM, JENS KRISTIAN KRISTENSEN OG PETER RAVN



DET JORDBRUGSVIDENSKABELIGE FAKULTET
AARHUS UNIVERSITET



MODULÆRT GULVELEMENT TIL KØLING OG OPVARMNING I SMÅGRISE- OG SLAGTESVINESTALDE

DELRAPPORT 2. METODE TIL AT KARAKTERISERE VARME- OG KØLEUDVEKSLINGEN
MELLEM GULVELEMENT OG GRISEKROP

Jan S. Strøm

Jens Kristian Kristensen

Peter Ravn

Aarhus Universitet

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Institut for Biosystemteknologi

Blichers Allé 20

Postboks 50

8830 Tjele

Interne rapporter indeholder hovedsagelig forskningsresultater og forsøgsopgørelser som primært henvender sig til DJF medarbejdere og samarbejdspartnere. Rapporterne kan ligeledes fungere som bilag til temamøder. Rapporterne kan også beskrive interne forhold og retningslinier for DJF.

Publikationer fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet kan downloades på www.agrsci.au.dk

Tryk: www.digisource.dk

Baggrund

Formålet med projektet ”Modulært gulvelement til køling og opvarmning i smågrise- og slagtesvinestalde” var at udvikle et modulopbygget gulvelement, der forbedrer husdyrvelfærd og -produktion i eksisterende og nyopførte smågrise- og slagtesvinestalde. Gulvelementet skulle kunne tilsluttes et opvarmnings- og kølesystem, og styres ud fra dyrenes behov for adgang til henholdsvis en kold eller en varm liggeflade.

I denne rapport beskrives en ”kunstig gris”, som tilkoblet et feed-back reguleringsudstyr kan indstilles til at holde konstant, valgfri overfladetemperatur, svarende til en levende gris, og derved give informationer om varme- og køleudveksling mellem gulvelement og grisekrop. Hovedvægten er lagt på at undersøge varme/kølemæssige egenskaber, herunder varme-/kølekapacitet, tidskonstanter for opvarmning og afkøling, samt karakterisering af overfladebelægningens termiske egenskaber.

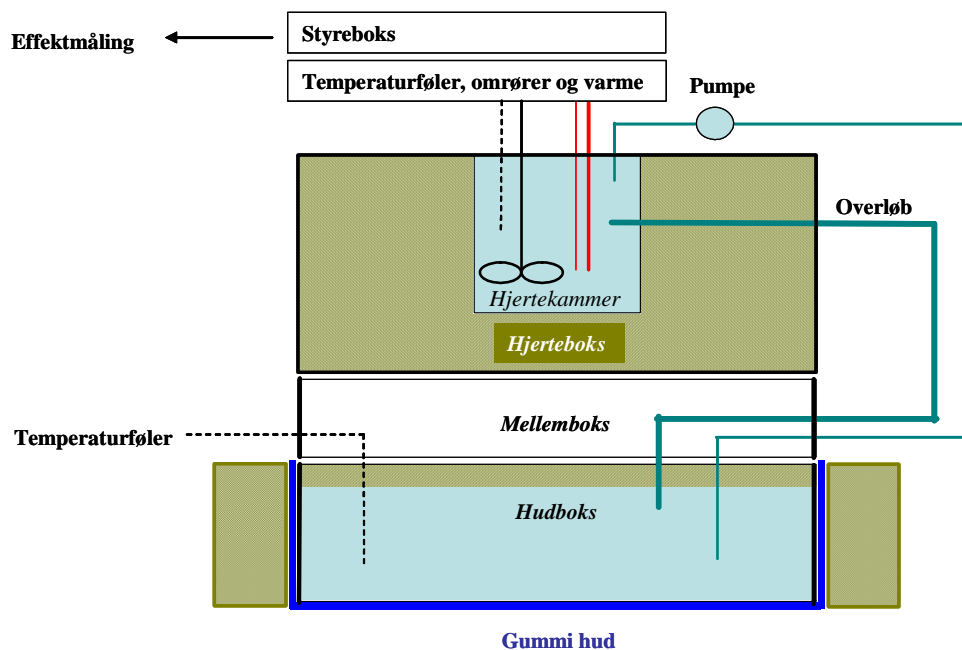
Projektet blev gennemført i samarbejde mellem firmaet SPIRAFLEX A/S, der var koordinator på projektet, og Institut for Jordbrugsteknik (siden 1. januar 2010 Institut for Biosystemteknologi). Tekniske laboratorieforsøg med den kunstige gris er gennemført på et kommercielt betonelement som reference og på to kølede forsøgselementer i Luftfysisk Laboratorium, Bygholm, og på to prototyper af de kølede gulvelementer som blev anvendt til forsøg med svin i et til opgaven etableret klimalaboratorium i en forsøgsstald på Forskningscenter Foulum. Udviklingen af gulvelementerne er beskrevet i delrapport 1 (Larsen, 2009).

Projektet er støttet økonomisk af Direktoratet for FødevareErhverv, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Kunstig gris

Den kunstige gris blev opbygget i to dele: den øverste del, som fastholdt et vandreservoir på en given temperatur svarende til grisens kropstemperatur (hjerteboksen), og den nederste del, som kølede vandet ned ved at simuleret hud lå mod en gulvoverflade (hudboksen). Den principielle opbygning er vist i figur 1.

Grisen blev opbygget af tre plastkasser type Europa fra firmaet Dansk Niels Bo. Kasserne havde udvendig dimension 60 x 40 cm og indvendig 57,3 x 37,3 cm.



Figur 1. Princip-opbygning af kunstig gris

Hjertekammer

Til hjertekammer blev anvendt plastboks type Europa E6441, der havde en udvendig højde på 41 cm. Boksen blev foret med Styrofoam isoleringsklodser, så der dannedes et 35 cm dybt hjertekammer med grundareal på 25 x 25 cm og et vandvolumen på 22 liter. Låget blev forstærket med en 12 mm træfiberplade, hvorpå var monteret styreboks og cirkulationspumpe. Styreboksen omfattede temperaturregulering med termostat, omrører og varmelegeme fra type KB 21 kalibreringsbad fra Heto Lab Equipment A/S. Det oprindelige varmelegeme blev suppleret med yderligere et, så den totale varmeeffekt blev 700 W i alt for at sikre tilstrækkelig varmekapacitet. Styreboksen var tilsluttet en Fluke Norma 4000 Power Analyzer for at bestemme tilført effekt til hjertekammeret (Figur 2).



Figur 2. Effekt til hjertekammeret blev bestemt med Norma 5000

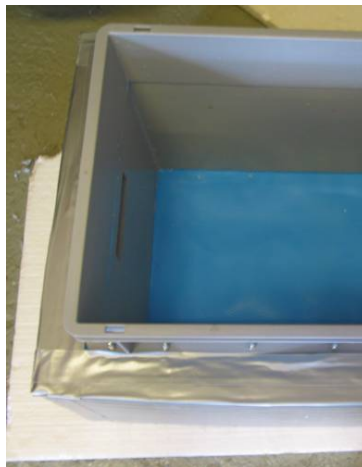
Hudboks

Til hudboksen blev anvendt type Europa E6432 uden låg. Den havde en udvendig højde på 32 cm og indvendig på 30,7 cm. Bunden af boksen blev fjernet og erstattet af en 2 mm tyk gummimembran type Pool Cover fra Swim Safe. Den var glat på den ene side og nubret på den anden (Figur 3). På forsøgsgrisen vendte den nubrede side mod vandsiden og den glatte side udad mod gulvet. Membranen blev trukket op langs siderne på hudboksen så vand kunne opbevares i den uden vandtab. Gummimembranens kontaktareal til underlaget var 37,3 cm bredt og 57,3 cm langt, dvs. 0,214 m².



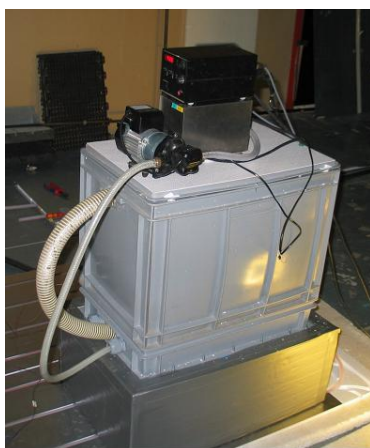
Figur 3. Den nubrede side af gummidugen vendte mod vandsiden, og den glatte side, vist i øverste venstre hjørne, vendte ned mod gulvet

Gummidugen blev presset ind mod hudboksens sider med 5 cm Styrofoam type 500 SL-A-N fra Thermisol A/S, der samtidig isolerede mod varmetab til den omgivende luft. Ovenpå hudboksen var der placeret en mellemboks type Europa E6410 uden låg, der også havde fået bunden fjernet. Gummidugen blev ført ind mellem flangerne på de to bokse og boltet fast som det kan anes på figur 4.



Figur 4. Gummidugen var ført op langs hudboksens sider bag isolering og boltet fast mellem hudboks og mellemboks

Hudboksen var fyldt med vand til en højde af ca. 13 cm over gummidugen. Det afkølede vand i hudboksen blev suget op gennem en 1,5 cm slange til hjertekammeret med en type SUK 104 EP cirkulationspumpe fra SHURflo, der cirkulerede vandet mellem hudboks og hjertekammer med et volumenflow på 15 liter pr. minut. I hjertekammeret blev vandet varmet op til indstillet værdi, normalt 40 °C, hvorefter det via en 4,5 cm overløbsslange blev ledt tilbage til hudboksen. Mellemboksen gjorde det muligt at føre vandslangerne ned i hudboksen uden at skulle perforere gummidugen (Figur 5).



Figur 5. Vandet blev cirkuleret mellem hudboks og hjertekammer ved hjælp af cirkulationspumpe og overløbsslange

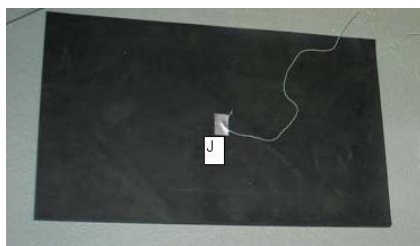
Vandtemperaturen i hudboksen blev registreret med et termoelement type T forbundet til en type 1000 Series Squirrel datalogger fra Altec Lmt. Også termoelementet blev ført ud gennem mellemboksen så gummimembranen ikke blev perforeret.

Ligesom hudboksen blev de øvrige lodrette sider isoleret med 5 cm Styrofoam, mens slangeforbindelserne blev isoleret med rørskåle som vist i figur 6.



Figur 6. Den færdige kunstige gris

Mellem gris og gulv blev placeret en 7 mm gummimåtte til at simulere ekstra spæklag, figur 7.



Figur 7. Den kunstige gris blev placeret på en 7 mm tyk gummimåtte på gulvelementet med et termoelement mellem gris og måtte

Gulvelementer

I det følgende gennemgås fremgangsmåde ved målingerne og resultater for køleeffekten fra to forsøgselementer af forskellig materiale og udformning samt fra de to prototypeelementer, som blev anvendt ved forsøg med grise i forsøgsstalden i Foulum. Et spalteelement af beton uden køling blev benyttet som reference. Elementerne med køling er fremstillet som del af projektet, medens betonelementet er et kommercielt tilgængeligt produkt. Betonelementet og de to forsøgselementer blev testet enkeltvis i Luftfysisk Laboratorium, medens de to prototypeelementer blev testet hver for sig i forsøgsstalden i Foulum.

Køling

Vand til gulvelementerne blev i Luftfysisk Laboratorium kølet ned til ønsket fremløbs-temperatur i et Heraeus Vötsch klimaskab type HC4020. I alt 45 m slange af typen Tubclair AL Ø16x21 fra Hozelock Tricoflex S.A.S. var placeret i inde i klimaskabet og ført ud i siden som vist på figur 8.



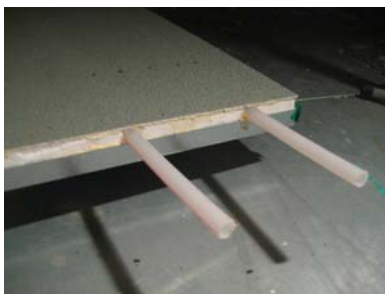
Figur 8. Køleslange med ekspansionsbeholder placeret i klimaskab

Afkølet vand blev cirkuleret til gulvelementet og retur til klimaskabet med en cirkulationspumpe type UPS 15-40 fra Grundfos DK A/S. I forbindelse med cirkulationspumpen var der monteret flowmåler type Ultraheat XS fra Landis & Gyr (figur 9).



Figur 9. Cirkulationspumpe og flowmåler for gulvelementets kølekreds

Frem- og returslangerne blev tilsluttet studse i gulvelementet som vist i figur 10. Det viste gulvelement er en prototype af fabrikat Jugo-dan. Bemærk overfladebelægningen, som skal sikre skridsikkerhed for grisene.



Figur 10. Tilslutning af kølevandskrets til Jugo-dan gulvelement

I tilslutningerne var der indsat t-stykker indeholdende termoelementer type K, der målte temperatur direkte i frem og retur vandstrøm (figur 11). Dette blev gjort for at forbedre målenøjagtigheden sammenlignet med at placere følerne i dyklommer.



Figur 11. Placering af termoelement i tilslutning til gulvelementet

Alle termoelementer blev tilsluttet type 1000 Series Squirrel datalogger fra Altec Lmt. I figur 12 er vist et termoelement placeret på betonelementet under den kunstige gris og forbundet med dataloggeren. Dataloggeren scannede følerne pr. 5 sekunder og gemte middelværdier hvert minut.



Figur 12. Temperatur mellem betonelement og kunstig gris blev registreret med termoelementer tilsluttet datalogger

Termisk karakterisering af forsøgselementer

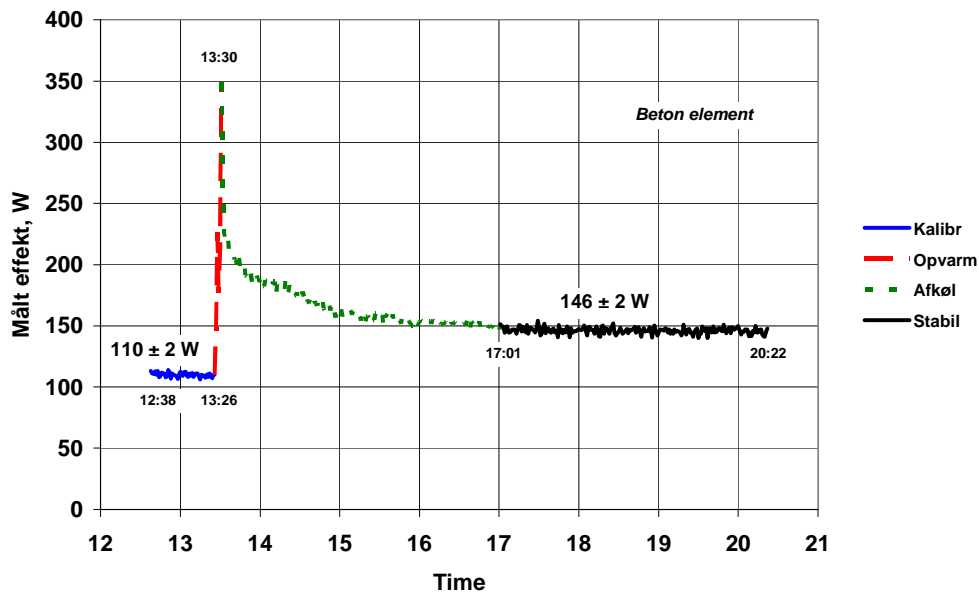
Proceduren ved karakterisering af et af gulvelementerne var først at kalibrere grisen ved at placere den på 50 mm tyk Styrofoam plade og dermed bestemme grisens varmetab til den omgivende luft. Denne periode betegnes i det følgende kalibreringsfasen. Derefter blev grisen flyttet over på gulvelementet, hvor varmeafgivelsen hurtigt, i en opvarmningsfase, steg til en maksimal værdi ved mødet med den kolde gulvoverflade. Derefter kom en afkølingsfase, hvor varmen spredte sig ned i gulvet (afkølingsfasen) for eksponentielt at nærme sig en stabil fase, der omfattede varmetabet til gulvelementet plus varmetabet til den omgivende luft.

Forskellen mellem varmetabet i den stabile fase og i kalibreringsfasen karakteriserer gulvelementets køleeffekt. Varigheden af afkølingsfasen betegnes stabiliseringstiden. Stabiliseringstiden er et udtryk for regulerbarheden af gulvelementet.

Den kunstige gris blev i Luftfysisk Laboratorium placeret på et beton spaltegulv som reference og på de to forsøgselementer med cirkulation af afkølet vand. I måleperioden blev der tilstræbt en så konstant rumtemperatur som muligt på 20 °C, en temperatur i hjertekammeret på 40 °C og en fremløbstemperatur til de kølede gulvelementer på 5°C.

Betonelement

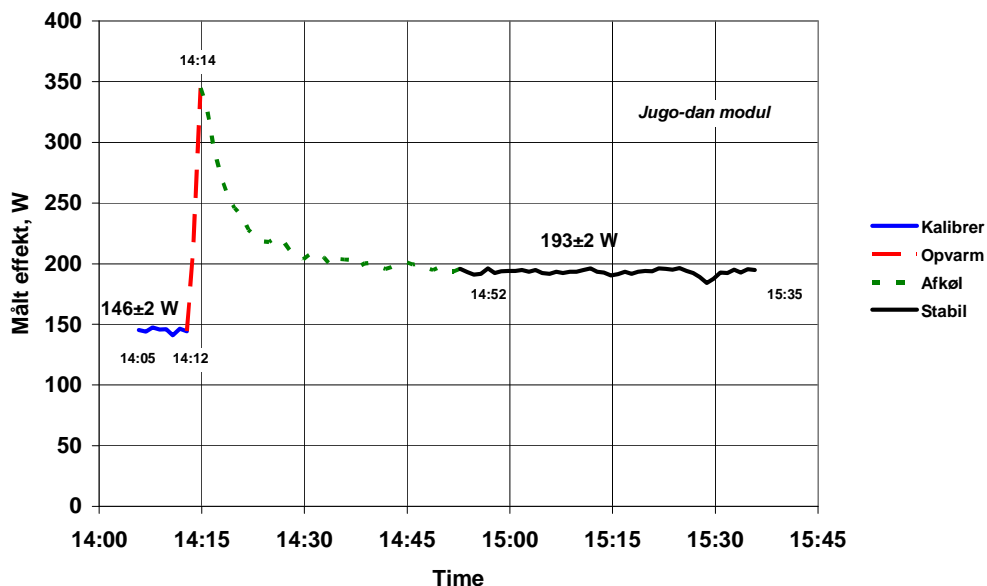
I figur 13 er vist effektforløbet for betonelementet. Det ses at kalibreringseffekten var 110 ± 2 W og den stabile varmeafgivelse var 146 ± 2 W, altså en målt køleeffekt på 36 W. Det tog 215 min fra grisen blev sat på gulvet til varmeafgivelsen var stabiliseret, altså en stabiliseringstid på ca. 3 ½ time.



Figur 13. Effektforløb for betonspaltegulvet

Jugo-dan forsøgsэлемент

I figur 14 er vist effektforløbet for det forsøgsэлемент, som var fremstillet af Jugo-dan A/S, Ringe. Det ses at kalibreringsvarmen var 145 ± 2 W, og den stabile varmeafgivelse var 193 ± 2 W, altså en målt køleeffekt for gulvelementet på 48 W. Stabiliseringstiden var 38 min.



Figur 14. Effektforløb for Jugo-dan forsøgsэлемент

Forsøgsbetingelserne fremgår af tabel 1. Det ses at rumtemperaturen var konstant i måleperioden på $22,1 \pm 0,1$ °C. I kalibreringsperioden var fremløbstemperaturen til elementet $4,1 \pm$

0,1 °C og returtemperaturen $5,0 \pm 0,2$ °C. Det giver en gennemsnitlig kølevandstemperatur på $4,4 \pm 0,1$ °C. Vandtemperaturen i hjerteboksen i den kunstige gris var $40,0 \pm 0,4$ °C. Temperaturforskellen mellem gris og kølevand var altså 35,6 °C.

Da varmeoverførslen fra grisen til gulvelementet sker via hudboksen, forventes den målte køleeffekt tilnærmert at variere proportionalt med forskellen i temperatur mellem grisen og kølevandet. Der er derfor beregnet en korrektionsfaktor som den tilstræbte temperaturforskelle mellem gris og kølevand 35 °C divideret med den målte temperaturforskelle. Det giver i følge tabellen en korrektionsfaktor for kalibreringsperioden på 0,98. Den målte køleeffekt på 146 W/gris skal reduceres en smule til 143 W/gris for at gøres sammenlignelige.

I den stabile periode var temperaturforskellen mellem gris og kølevand kun 33,9 °C. Den målte køleeffekt skal derfor forøges med en faktor 1,03 for at blive sammenlignelig hvilket forøger den målte effekt fra 193 W til 199 W.

Den målte køleeffekt var således 48 W, men efter korrektion til en temperaturforskelle på 35 °C fås en netto køleeffekt på 56 W/gris.

Tabel 1. Forsøgsbetingelser og køleeffekt for den kunstige gris på Jugo-dan elementet

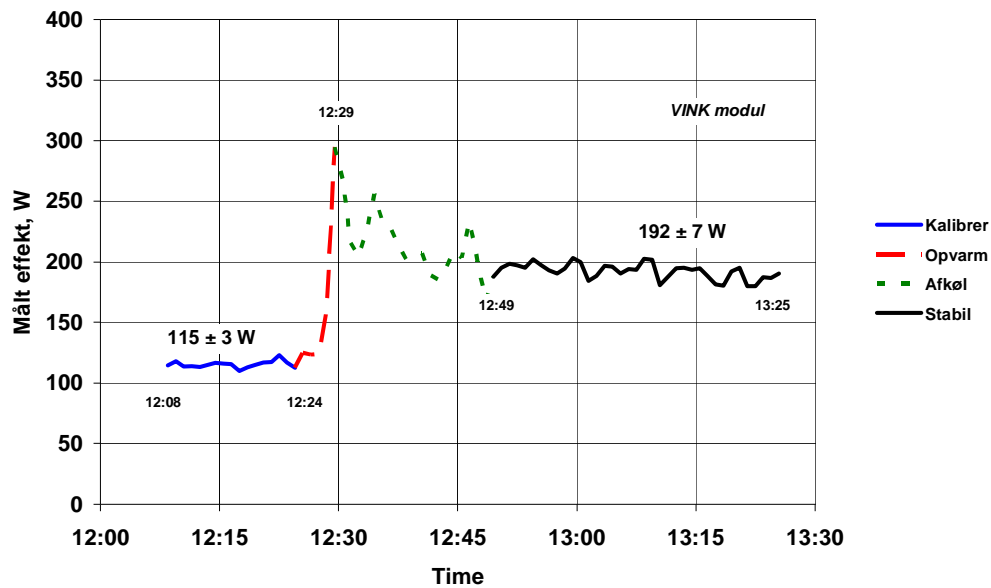
		Temperatur, °C						Effekt, W/gris		
		Rum	Frem	Retur	Vand	Gris	Gris-vand	Korr.*	Målt	Korr.*
Kalibrer	Avg	22,1	4,1	4,7	4,4	40,0	35,6	0,98	146	143
	±Std	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4			2	
Stabil	Avg	22,3	4,2	5,1	4,6	38,6	33,9	1,03	193	199
	±Std	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1			2	
								Netto =	48	56

* Temperaturkorrigeret til $T_{gris} - T_{vand} = 35^{\circ}C$

VINK forsøgselement

Forsøgselement fra VINK A/S var uden overfladebeklædning og som sådan atypisk sammenlignet med de andre typer, som er undersøgt. Det blev dog medtaget som led i udviklingen af de kølede gulvelementer.

I figur 15 er vist effektforløbet i måleperioden. Det ses, at kurven var væsentligt mere urolig end for Jugo-dan elementet. Med en kalibreringsvarme på 115 ± 3 W og en stabil varmeafgivelse 192 ± 7 W, blev den målte køleeffekt 77 W. Stabiliseringstiden var 20 min.



Figur 15. Effektføløb for VINK's forsøgsэлемент

Forsøgsbetingelserne fremgår af tabel 2. Det ses at rumtemperaturen var konstant i måleperioden på 21,5 °C. I kalibreringsperioden var temperaturforskellen mellem gris og kølevand 36,0 °C mod 35,4 °C i den stabile periode. Korrigeres til en temperaturforskel på 35 °C fås en netto køleeffekt på 78 W.

Tabel 2. Forsøgsbetingelser og køleeffekt for kunstig gris på VINK элементet

		Temperatur, °C						Effekt, W/gris		
		Rum	Frem	Retur	Vand	Gris	Gris-vand	Korr.*	Målt	Korr.*
Kalibrer	Avg	21,5	3,6	4,1	3,8	39,8	36,0	0,97	115	112
	±Std	0,0	0,0	0,1		0,1			3	
Stabil	Avg	21,5	3,8	4,6	4,2	39,6	35,4	0,99	192	190
	±Std	0,1	0,1	0,1		0,2			7	
								Netto =	77	78

* Temperaturkorrigeret til Tgris - Tvand = 35°C

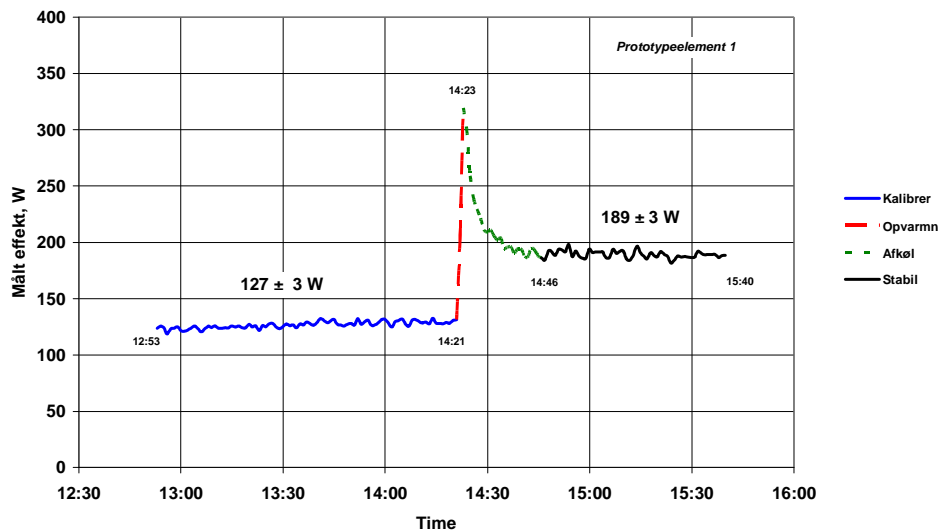
Prototypeelementer

På grundlag af erfaringerne fra effektmålingerne blev forsøgs-elementet fra VINK A/S udvalgt til at være udgangspunktet for det prototypeelement 1, som skulle installeres i forsøgsstalden i Foulum til forsøg 1 med grise, der blev indsat i efteråret 2008. Som omtalt af Larsen (2010) var der imidlertid utilfredshed med kvaliteten af prototype 1 elementerne. Derfor blev der udviklet og monteret en ny og bedre prototype 2 fra EM-fiberglas til forsøg 2, hvor grise blev indsat i forsøgsstalden i efteråret 2009.

Bestemmelse af køleeffekt og stabiliseringstid for de to prototypeelementer blev foretaget i sommeren 2009, efter at forsøg 1 var afsluttet. Ved målingerne blev et nyt prototype 2 element sammenlignet med et ubrugt prototype 1 element. Ved disse målinger blev elementerne lagt løst oven på de rengjorte og frakoblede gulvelementer i forsøgsstalden, og kølet vand blev cirkuleret gennem elementerne med det kølesystem, som er beskrevet af Strøm et al. (2010).

Prototypeelement 1

I figur 16 er vist effektforløbet i måleperioden. Med en kalibreringseffekt på 127 ± 3 W og en stabil varmeafgivelse 189 ± 3 W, blev den målte køleeffekt 62 W. Stabiliseringstiden var 23 min.



Figur 16. Effektforløb for prototypeelement 1

Forsøgsbetingelserne for måleperioden med prototypeelement 1 fremgår af tabel 3. Det ses at rumtemperaturen var konstant og stabil i kalibreringsperioden på $22,3 \pm 0,1$ °C og lidt mere svingende i stabilperioden med $22,5 \pm 0,4$ °C. I kalibreringsperioden var temperaturforskellen mellem gris og kølevand $32,8$ °C mod $32,2$ °C i den stabile periode. Korrigeres til en temperaturforskel på 35 °C fås en netto køleeffekt på 70 W.

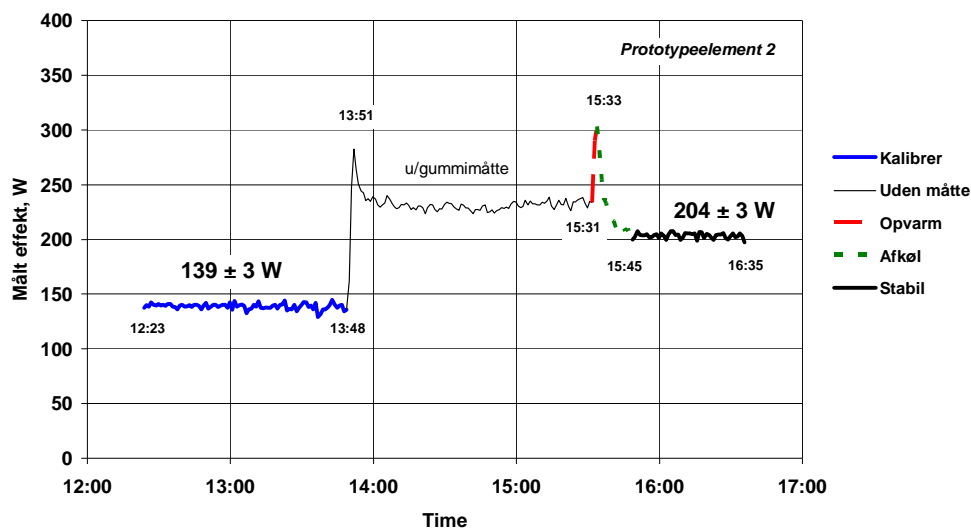
Tabel 3. Forsøgsbetingelser og køleeffekt for kunstig gris på prototypeelement 1.

	Temperatur, °C							Effekt, W/gris	
	Rum	Frem	Retur	Vand	Gris	Gris-vand	Korr.*	Målt	Korr.*
Kalibrer Avg	22,3	6,0	6,6	6,3	39,2	32,8	1,07	127	135
±Std	0,1	0,5	0,4		0,0			3	
Stabil Avg	22,5	5,7	6,7	6,2	38,4	32,2	1,09	189	206
±Std	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0			3	
Netto =								63	70

Prototypeelement 2

I figur 17 er vist effektforløbet i måleperioden. Det ses at proceduren var ændret en smule i forhold til de øvrige målinger, idet den kunstige gris efter kalibreringsfasen blev flyttet til gulvelementet uden gummimåtte. Først efter en tid blev den flyttet til det sted, hvor den blev placeret på gummimåtterne, som blev anvendt direkte efter kalibreringsfasen ved de andre målinger.

Med en kalibreringsvarme på 139 ± 3 W og en stabil varmeafgivelse på 204 ± 2 W efter flytning til gummimåtterne, blev køleeffekten 65 W. Stabiliseringstiden var 12 min.



Figur 17. Effektforløb for kunstig gris på prototypeelement 2

Forsøgsbetingelserne for måleperioden med prototypeelement 2 fremgår af tabel 4. Det ses at rumtemperaturen var konstant og stabil i kalibreringsperioden på $20,8 \pm 0,1$ °C og noget mere svingende i stabilperioden med $21,6 \pm 0,9$ °C. I kalibreringsperioden var temperaturforskellen mellem gris og kølevand $32,7$ °C mod $32,0$ °C i den stabile periode. Korrigeres til en temperaturforskel på 35 °C fås en netto køleeffekt på 75 W.

Tabel 4. Forsøgsbetingelser og køleeffekt for kunstig gris på prototypeelement 2

Fase		Temperatur, °C						Effekt, W/gris		
		Rum	Frem	Retur	Vand	Gris	Gris-vand	Korr.*	Målt	Korr.*
Kalibrer	Avg	20,8	5,8	7,0	6,4	39,1	32,7	1,07	139	148
	±Std	0,1	0,1	0,1		0,0			3	
Stabil	Avg	21,6	6,0	7,7	6,9	38,9	32,0	1,09	204	223
	±Std	0,9	0,3	0,3		0,0			3	
								Netto =	65	75

* Temperaturkorrigeret til $T_{gris} - T_{vand} = 35^{\circ}C$

Diskussion

Ved hjælp af den beskrevne kunstige gris er der frembragt sammenlignelige data for køleudveksling mellem et gulvelement og en grisekrop. Der er imidlertid ikke i projektet søgt afklaret i hvilken grad den målte køleeffekt er i overensstemmelse med varmeafgivelsen fra en levende gris. Der mangler således viden til at kunne simulere den fysiologiske regulering af hudtemperaturer og effekten af spæklagets varmeisolerende egenskaber. Det er en større opgave, som eventuelt kan danne grundlag for et selvstændigt forskningsprojekt.

I et forsøg på at give den kunstige gris en opbygning, som svarer til en levende gris, er den blevet tung og besværlig at håndtere. Som en del af et opfølgende forskningsprojekt ville det være relevant at se på, om den kunstige gris kunne gøres lettere, for eksempel ved at funktionerne i hjertekammer og hudboks blev samlet i ét kammer.

Mindste opvarmning var $0,7^{\circ}C$ for forsøgselement 2 og største $1,4^{\circ}C$ for prototype 2. På grund af den lille temperaturdifference mellem fremløb og retur i kølekredsløbet til elementerne, gav selv en lille usikkerhed på termofølerne en stor forskel i den optagne effekt. Det var ikke hensigtsmæssigt at bestemme gulvelementernes køleeffekt ud fra opvarmningen af elementerne med den kunstige gris. Køleeffekten blev i stedet målt direkte i den kunstige gris som den tilførte effekt for at holde temperaturen i hjertekammeret på den indstillede værdi.

En oversigt over køleeffekt og stabiliseringstid for de undersøgte gulvelementer er vist i tabel 5. De anførte værdier for køleeffekt er korrigeret til en fælles temperaturforskel mellem gris og kølevand på $35^{\circ}C$. Det ukølede betonelement er anvendt som reference ved at såvel køleeffekt som stabiliseringstid for dette relativt er sat til 1,00.

Det ses, at der i løbet af projektet er opnået en betydelig forøgelse af køleeffekten og reduktion af stabiliseringstiden ved at gå over til lette, kølede elementer, hvorved stabiliseringstiden er reduceret fra flere timer til mindre end et kvarter.

Tabel 5. Oversigt over målt effekt og stabiliseringstid for referenceelement, forsøgs-elementer og prototype gulvelementer

Gulvelement		Køleeffekt			Stabiliseringstid	
Element	Firma	W/gris *	W/m ² **	Relativt	Minutter	Relativt
Betonelement		36	168	1,00	215	1,00
Forsøgsэлеment 1	Jugo-dan	56	264	1,57	38	0,18
Forsøgsэлеment 2	VINK	78	364	2,16	20	0,09
Prototype 1	VINK	70	330	1,96	23	0,11
Prototype 2	EM fiberglas	75	349	2,07	12	0,06

* Temperaturkorrigeret til Tgris - Tvand = 35°C

** Kontaktareal for gris = 0,573 x 0,373 = 0,214 m²

Konklusion

Der er udviklet en kunstig gris, der kan give sammenlignelige data for køleudveksling mellem et gulv og en grise krop. Hovedvægten er lagt på at undersøge termiske egenskaber, herunder køleeffekt og regulerbarhed.

Køleeffekten er bestemt i laboratorium for to forsøgs-elementer under udvikling samt for to prototype-elementer i en forsøgsstald. Resultaterne fra laboratorieforsøg med et spalteelement af beton uden køling blev benyttet som reference.

I løbet af projektet er køleeffekten ved hjælp af lette, kølede gulvelementer mere end fordoblet i forhold til traditionelle spaltegulvselementer af beton.. Samtidigt er regulerbarheden forbedret ved at stabiliseringstiden er reduceret fra flere timer til mindre end et kvarter.

I projektet er ikke øgt afklaret, i hvilken grad den målte køleeffekt er i overensstemmelse med varmeafgivelsen fra en levende gris. Der mangler således viden til at kunne simulere den fysiologiske regulering af hudtemperaturer og effekten af spækklagens varmeisolerende egenskaber. Det kunne eventuelt danne grundlag for et selvstændigt forskningsprojekt.

Litteratur

Larsen, H. 2009. Udvikling af modulært gulvelement. SPIRAFLEX A/S, Galten. December 2009.

Strøm, J. S., Kai, P., Kristensen, J. K. og Larsen, H. 2010. Termisk karakterisering af kølet gulvelement i slagtesvinestald. Århus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Biosystemteknologi, Bygholm.

Læs om forskningen, uddannelserne og andre aktiviteter på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet på www.agrsci.au.dk, hvorfra du også kan downloade fakultetets publikationer og abonnere på det ugentlige nyhedsbrev