

**Klimat i djurtransportbil med slaktgrisar sommartid
- Jämförelse mellan naturlig och mekanisk ventilation**

*Climate in animal transport vehicle with fattening pigs during summer
- A comparison between natural and mechanical ventilation*

Jannica Krafft

Examensarbete för agronomexamen

Keywords:

Transport, pigs, ventilation, heat stress

**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbrukets
biosystem och teknologi (JBT)**

Box 43
230 53 ALNARP

Tel: 040 - 41 50 00
Telefax: 040 - 46 04 21

**Swedish University of
Agricultural Sciences
Department of Agricultural
Biosystems and Technology**
P.O. Box 43
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN
Phone: +46 - 40 41 50 00
Fax: +46 - 40 46 04 21

FÖRORD

Projektet är ett 20-poängs examensarbete (D-nivå) inom agronomprogrammet med husdjursinriktning, vid Sveriges Lantbruksuniversitet, (SLU). Uppdragsgivare och finansiär var Slakteriernas Forskningsinstitut (SFI) genom Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT) i Alnarp. Arbetet ingår som en del av en större studie; ”Optimering av svintransportbilar”, som genomförs av Slakteriernas Forskningsinstitut i Roskilde, Danmark på uppdrag av Swedish Meats.

Klimatet i djurtransportbilar är komplext och påverkas av många samverkande faktorer. Målet för projektet var att kartlägga och jämföra mekanisk och naturlig ventilation i transporter för slaktgrisar. Inom ramen för ett examensarbete är det inte möjligt att utföra tillräckligt många och/eller upprepade experiment, men resultaten kan ändå bidra till att öka kunskapen inom området. Arbetet med projektet har gett mig många värdefulla erfarenheter och lärdomar om grisar, termisk miljö och djurtransporter.

Arbetet är även en del i JBT:s satsning på att förbättra villkoren för djur under transport. Den initierades som en följd av resultaten i forskningsprojektet ”Transport av slaktsvin från gård till slakteri – studier av klimat, beteende och vibrationer i bilen, skador på djuren samt förslag till förbättringar” (Sällvik *et al.*, 2004), som efterlyst fortsatta undersökningar av bland annat effekterna av luftfördelningssystem med mekanisk ventilation. Projektet har lagts upp i nära samarbete med konsulten och försöksledaren Leif Christensen, (SFI) som ansvarar för projektet ”Optimering av svintransportbilar” tillsammans med produktionsutvecklare Britt-Marie Möller, Swedish Meats, och intransportansvarig Roland Andréson, Swedish Meats.

Undersökningarna har genomförts med en djurtransportbil som ägs och körs av Lars-Erik Pålsson. Svabo Kaross AB, Kristianstad, har bistått med att installera samtliga instrument som använts i djurtransportbilen under projektets genomförande. Agr stud. Johan Stenson har bidragit med figurer ritade i autoCAD. Agronom Christer Nilsson vid Jordbruksverket har lämnat konstruktiv kritik i egenskap av opponent vid seminariet där arbetet presenterades och diskuterades. Därefter har försöksledare Leif Christensen har bistått med värdefulla kommentarer på det skriftliga arbetet. Handledare var AgrD Knut-Håkan Jeppsson och professor AgrD Krister Sällvik som också medverkat vid uppläggning och genomförande.

Jag vill framföra mitt varmaste tack till alla er som konstruktivt bidragit till detta arbete.

Alnarp/Ultuna den 19 januari 2005

Jannica Krafft

Birgit Frank
Examinator

INNEHÅLL

FÖRORD	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	7
SUMMARY	9
INLEDNING	11
Syfte och mål	11
Litteraturstudien	12
GRISENS FÖRUTSÄTTNINGAR	13
Biologi	13
Fysiologi	14
Koldioxidproduktion	14
Beteende	15
Stress	16
ÄMNESOMSÄTTNING OCH VÄRMEBALANS HOS GRISAR	17
Termoneutral zon och termisk komfort	17
Värmestress	18
Värmeproduktion - värmeavgivning	18
Fysikaliska och biologiska regler för grisens värmeavgivning	19
Värmeavgivning som bas för ventilationsbehov	20
Termiska omgivningens inflytande på tillväxt och foderutnyttjande	21
GRISAR UNDER TRANSPORT	23
Transporter inom EU	23
Klimat i bilen	23
Värmeavgivning under transport	24
Stress under transport	25
Djurhantering	26
Vibrationer och ljud	27
Åksjuka	27
Påverkan på köttkvaliteten	28
DJURTRANSPORTER	29
Bestämmelser kring djurtransporter	29
Djurbeläggning	29
Närmiljö och ventilation	30
Utformning av djurutrymmet	31
Bilens utformning	31
Takhöjd	31
Golv	32
Ventilation	32
Ventilationsöppningar	33

Naturlig ventilation	33
Mekanisk ventilation	33
Luftrörelser under körning	34
Djurhantering under transport	35
Dödlighet under transport	35
Tillsyn av djurtransporter	38
MATERIAL OCH METOD	39
Mätinstrument	39
Temperatur och luftfuktighet	40
Koldioxid	40
Solstrålningens intensitet	40
Kartläggning av luftrörelserna	41
Övriga registreringar	41
Djuren	41
Djurtransportbilen	42
Ventilation	44
Genomförande	45
Transportörens lastningsrutiner	46
Genomförda körningar	46
Grisarna i bilen	47
RESULTAT	48
Naturlig ventilation	48
Temperatur, luftfuktighet och koldioxid	48
Temperaturfördelning i bilen	50
Luftrörelser i bilen utan djur	51
Mekanisk ventilation	52
Temperatur, luftfuktighet och koldioxid	52
Temperaturfördelning i bilen	54
Luftrörelser i bilen utan djur	56
Jämförelse av klimatförhållanden utan och med mekanisk ventilation	58
Luftflöde	59
DISKUSSION	63
SLUTSATSER	70
REFERENSER	73

SAMMANFATTNING

Uppskattningsvis transporteras 171 miljoner grisar inom EU varje år, varav ca 3,5 miljoner i Sverige. Grisarna kommer, under hela förloppet från förflyttningen från box i stallet till bedövningen i slakteriet, att utsättas för stressande moment. Orsakerna är bland annat omgrupperingar, nya miljöer, vibrationer i bilen samt, speciellt under sommaren, värmestress.

Temperaturen i djurtransportbilen är en nyckelfaktor som dessutom kan förstärka effekten av andra stressorer. Lastning i höga temperaturer ökar risken för värmestress. Värmestress innebär att djuren får allt svårare att avge sin värme. Även den relativa luftfuktigheten har betydelse, framförallt vid temperaturer över 30°C.

Det är ventilationen i transportbilen som ska transportera bort värme och fukt från bilen. Utetemperaturen, luftflödet per gris och antal lastade djur per ytenhet påverkar temperaturen i djurutrymmet. Ventilationen spelar även stor roll för luftrörelserna i djurutrymmet.

Det finns två typer av ventilationssystem för djurtransporter; naturlig och mekanisk. Det är den naturliga ventilationen som är vanligast. Den naturliga ventilationen drivs av temperaturskillnader mellan inne- och uteluft, vind och fordonets hastighet. Den varierar därmed stort och är främst beroende av fordonets hastighet. Den viktigaste faktorn för hur naturlig ventilation fungerar i bilen är storlek på och placering av ventilationsöppningarna.

Mekaniska fläktar kan monteras på bilen för att ge en garanterad ventilation under stillestånd. Fläktarna kan även användas under hela transporten för att ge en jämn ventilation i hela djurutrymmet.

Denna studie syftar till att öka kunskapen om hur den termiska miljön i olika delar av djurutrymmena ("skåpet") på lastbilen utvecklas vid normala transporter mellan gårdar och slakteri. Studien innefattar en jämförelse mellan naturlig ventilation och mekaniska ventilation. En djurtransportbil, med 7 tilluftsfläktar (total kapacitet 8 100 m³/tim) placerade på vänster sidas ventilationsöppningar, försågs med mätinstrument för att registrera klimatet på olika platser i skåpet. Temperatur, luftfuktighet, koldioxid och solinstrålning registrerades var 30:e sekund. Klimatet i bilen studerades vid tio olika transporttillfällen sommaren 2004 i nordvästra Skåne. Transporterna var normala transporter med hämtning från gårdar till slakteri. Fem mätningar gjordes när mekanisk ventilation användes, fem med enbart naturlig ventilation. Klimatutveckling registrerades under lastning, stillestånd, körning och urlastning.

Resultaten visar att vid lastning ger mekanisk ventilation en långsammare temperaturökning jämfört med naturlig ventilation, 0,10°C/minut, respektive 0,21°C/min. Vid längre lastningstider ger mekanisk ventilationen med tiden en sänkning av temperaturökningen, vilket inte skedde med naturlig ventilation. Detta visar betydelsen av hur lång tid lastningen tar. Mekanisk ventilation bidrar till att förbättra klimatet i lastbilen framförallt vid längre stillestånd.

Vid lastningen var det betydligt varmare, 3,4°C, i de två främre facken än i de övriga, vare sig naturlig eller mekanisk ventilation användes. Vid längre stillestånd med naturlig ventilation ökade skillnaderna ytterligare, medan de vid mekanisk ventilation

istället minskade. Här syns således effekten av en mer långsam ökning av temperaturen vid mekanisk ventilation.

Luftfuktigheten - när bilen var fullastad vid stillestånd - var vid naturlig ventilation, i genomsnitt 97 %. Vid mekanisk ventilation låg motsvarande medelvärde på 82 %. Detta visar att fläktarna hjälper till att transportera bort fukt från bilen.

Koldioxidkoncentrationen steg snabbt vid lastning, både med naturlig och mekanisk ventilation. Men vid mekanisk ventilation antog koldioxiden ett stabilt värde på 2000 ppm. Vid naturlig ventilation fortsatte koldioxidkoncentrationen att öka upp till 8000 ppm som var mätinstrumentets övre begränsning. Under körning var koldioxidkoncentrationen 600-700 ppm både vid mekanisk och naturlig ventilation, vilket vittnar om ett bra luftflöde.

Luftrörelserna kartlades både vid stillastående och körning. Vid stillastående bil och mekanisk ventilation, konstaterades att de mekaniska tilluftsfläktarna verkligen satte "snurr på luften". Vissa mindre utrymmen i skåpet hamnade dock i lä och kunde inte nås av tilluftströmmen. Under körning har fläktarna begränsad betydelse. Lufthastigheterna i djurutrymmet var 2 – 3 m/s både vid mekanisk och naturlig ventilation. Däremot var luftrörelserna olika. Fläktarna gör det möjligt att garantera ett visst luftflöde vid låga körhastigheter.

En nackdel med den mekaniska ventilationen, när den är påslagen, är den relativt höga bullernivån i djurutrymmet, 75-81 dB(A). Den ökar grisarnas motstånd att gå på bilen. Därmed förlängs lastningstiden.

I studien observerades vid vissa tillfällen mycket långa lastningstider. De grisar som lastas först blir extra utsatta för såväl värme som social stress. Långa tider på en stillastående bil ökar längden på slagsmålen. Det ger fler skador på grisarna och påverkar köttkvaliteten negativt.

Den huvudsakliga slutsatsen från denna studie är att mekanisk ventilation jämfört med naturlig ventilation ger lägre temperatur och relativ fuktighet samt högre lufthastigheter kring grisarna. När bilen står stilla minskas därmed risken för värmestress under varma dagar.

En annan slutsats från detta arbete är att slakteriernas organisation bör vara flexibel så att djur kan transporteras under natten vid varmt väder. Rutinerna bör förbättras så att lastningstiderna blir så korta som möjligt. Mer forskning på detta område efterlyses. Bland annat studier där jämförelser i grisarnas beteende under lastning, stillestånd och transport med naturlig och mekanisk ventilation genomförs. I framtiden kan sådan forskning läggas till grund för lagtext om utformning av ventilation och klimatbestämmelser för djurtransporter.

Det inte finns en enda omfattande åtgärd som kan förbättra djurtransporterna i ett slag. Däremot är det möjligt att kontinuerligt göra många förbättringar av mindre omfattning för att transporterna ska bli optimala ur såväl djurskydds- som produktionsperspektiv.

SUMMARY

Every year an estimated 171 million pigs are transported within the EU, including 3.5 million in Sweden. The entire transport process, from pen to abattoir, puts the pigs under stress. Stress factors include regrouping, new environments, vibration during transit, and, particularly during the summer, uncomfortable climate. The greatest stress is experienced during loading and when the truck is standing still in warm weather. The ventilation inside is poor and there is little chance for the air to move freely unless the trailer is fitted with fans.

The temperature can reinforce or mitigate the effects of the other climate factors and is therefore critical to the pigs' well-being. Loading on very hot days increases the risk of heat stress, which prevents the animals from cooling themselves down effectively.

Stress also increases the amount of heat emitted by the pigs into their surroundings. Heat is transferred, by the laws of physics, via conduction, convection, radiation and evaporation. The first three of these are governed by the temperature differential between the animal and its immediate environment. The relative humidity of the air is also significant, especially at temperatures above 30°C. As there is no exact definition of an upper critical temperature, it is set at the point when the animal has to activate physiological mechanisms to prevent its body temperature rising.

A free flow of air is needed to remove heat and moisture from within the truck. The ventilation inside the trailer and the density of the animal cargo affects the ambient transit temperature and subsequently the quality of the meat. Ventilation is an important determiner of this temperature, and pursuant to EU recommendations is to have a capacity of at least 60 m³/hour and 100 kg animal mass. The most important factor deciding the interior ventilation is the size of the ventilation grills, which should make up 20 percent of the floor space.

There are two types of ventilation system that can be used for animal transportation: natural and mechanical, the former being the most common. This system is based on the temperature difference between the external and internal air, wind speed and, most crucially, the speed of the vehicle itself. It thus varies considerably. Mechanical fans can be mounted inside to provide a more even ventilation effect and to guarantee that the trailer remains ventilated for the entire journey – even when the truck is standing still.

The purpose of the present study is to improve our understanding of the thermal dynamics at various points within the trailer. The main body of the study comprises a comparison between natural and mechanical ventilation. A commercial pig truck was fitted with climate sensors that registered temperature, humidity, carbon dioxide levels and direct sunlight every 30 seconds between source farm and slaughterhouse. Ten measurements were made in total, five with mechanical ventilation, five with only natural ventilation. Interior climate readings were taken during loading, when the truck was standing still, when the truck was in motion, and during unloading.

One important lesson from this study is the significance of loading times. When the truck is standing still, the temperature rises in the container, with or without mechanical ventilation. Although the temperature gradient is shallower and flattens out more

quickly when mechanical ventilation is used. This indicates that mechanical ventilation helps to improve the interior climate, mainly when the truck is standing still.

When the wind was low and natural ventilation used, a temperature rise of 0.21°C per minute was measured. With mechanical ventilation the rise was only 0.10°C per minute. No differences in temperature rise could be observed windy days.

A difference in temperature distribution could be seen in the animal compartment. It was considerably warmer in the front, 3.4°C, during loading. During standing still time, fully loaded, the temperature difference increased with natural ventilation and decreased with mechanical. This shows the slower rise in temperature when fans are used.

A difference in humidity could also be detected. In average, when natural ventilation was used, the relative humidity leveled at 97 %. This should be compared with the level when mechanical ventilation was used; 82 %. This shows that fans help to remove moisture from the animal compartment.

The carbon dioxide rose quickly during loading. The level stabilized at 2 000 ppm when the fans started to work. With natural ventilation, the level kept rising. No difference in carbon dioxide level (600-700 ppm) could be seen during the transportation.

Loading times varied considerably during our study, which suggests that effects on the well-being of the livestock have not been given sufficient attention.

One disadvantage of mechanical ventilation is the noise, which reaches between 75-81 dB(A). This increases the pigs' resistance to board the truck and thus lengthens loading times. Animals loaded first then have to stand for long periods of time in the standing vehicle, aggravating the effects of heat and social stress and escalating the duration of fights.

The main conclusion of this study is that mechanical ventilation is indeed beneficial when compared with natural ventilation. It gives lower temperatures, lower humidity and higher air velocity. Thereby the risk for heat stress during loading is decreased hot days.

The overall conclusion is that there is no one catch-all solution to improve animal transportation. Nevertheless, it is important to make many, smaller continual improvements in order to optimize the process in terms of both animal welfare and meat production. These two perspectives seldom prove to be mutually exclusive: the humane handling and transportation of pigs produces greater efficiency in the production chain and better quality meat. Moreover, the converse also seems to apply: the presence of many, though not necessarily serious, deficiencies lead to stress, which prolongs the production chain and impairs the quality of the meat. Prevention is thus just as important as cure.

INLEDNING

Sedan djur domesticerades har de flyttats från plats till plats av människan, till bo- och betesplatser, till marknader, till slakt eller i militära syften. Det äldsta beviset för transport av djur finns för hästar från år 490 f.Kr. När djuren transporterades på egen fot var det största problemet tillgång till foder och vatten (Hails, 1978).

Under det senaste decenniet har hanteringen av djur under transport uppmärksamats och debatterats, både i massmedia och av olika myndigheter.

Varje år transporteras ca 3,5 miljoner grisar från gårdar till slakterier runt om i Sverige (Sällvik *et al.*, 2004). Under hela förloppet, från grisarnas förflyttning från box i stallet till bedövningen i slakteriet, kommer de att utsättas för stressande moment orsakade av omgrupperingar, nya miljöer, vibrationer i bilen samt, speciellt under sommaren, ett okomfortabelt klimat. De mest stressande momenten för grisarna är vid lastning och när bilen står stilla vid varm väderlek. Ventilationen och luftrörelserna är begränsade om inte bilen har fläktar och/eller sprinkleranordning.

Huvuduppgiften för detta examensarbete var att följa upp tidigare studier som gjorts i Danmark, som visat att dödligheten under djurtransport blev betydligt lägre i bilar med mekanisk ventilation (Christensen & Barton Gade, 1995). Det är numera obligatoriskt med mekanisk ventilation och duschsystem på danska djurtransportbilar. Projektets mätningar har gjorts på en lastbil som utrustats med mekanisk ventilation efter dansk standard (Christensen, muntligt 2004).

Syfte och mål

Studien syftar till att öka kunskapen om hur den termiska miljön i olika delar av djurutrymmena ("skåpet") på lastbilen utvecklas vid lastning, stillestånd, körning samt under urlastning vid dels naturlig och dels mekanisk ventilation. Studien innefattar huvudsakligen en jämförelse mellan naturlig ventilation med öppningar i bilens sidor och när en tilluftsfläkt per box användes. Inga andra metoder att kyla grisarna, exempelvis vattenbesprutning, användes i projektet. Målen för arbetet var att:

- kartlägga klimat i olika delar av skåpet vid lastning, stillestånd, transport och avlastning vid naturlig ventilation
- kartlägga klimat i olika delar av skåpet vid lastning, stillestånd, transport och avlastning vid mekanisk ventilation
- beräkna ventilationsflödet i skåpet med hjälp av CO₂-mätningar och jämföra dessa med uppmätt flätkapacitet
- undersöka luftrörelser i skåpets olika delar med och utan fläktar både vid stillastående bil och under körning.

Försöket genomfördes under juli 2004, då statistiken visar att problem med djur som dör under transport är som störst under den varma årstiden (Sällvik *et al.*, 2004; Kristoffersson, 2004).

Studien har avgränsats till rutinmässig transport av slaktgrisar från gård till slakteri. Grisarna har hämtats från flera gårdar. Det är klimatet i djurtransportbilen, men inte i dess släp, som har studerats.

Litteraturstudien

Litteraturstudien har gjorts utifrån att en mängd olika faktorer påverkar djurens beteende och välfärd under transport. Temperaturen i transporten kan förstärka eller försvaga effekter av övriga faktorer och utgör därmed en nyckelfaktor för bättre djurskydd och högre köttkvalitet.

Litteraturstudien är indelad i två block. Det första beskriver grisen, dess biologi, fysiologi och beteende, med mer utförliga beskrivningar i frågor kring värmebelastning och förhållanden under transport. Det andra tar upp villkoren för transporter, regelverk, bilens utformning mm. Fler påverkansfaktorer än frågor kring klimatet redovisas. Tyngdpunkten i litteraturstudien har lagts vid faktorer som påverkar klimatet i transportbilen, temperatur, relativ luftfuktighet och koldioxid.

Det bör dock nämnas att det är stora skillnader mellan såväl grispopulationer, transportbilar som skåpens utformning i olika länder. Även synsätten kring stress skiljer sig mellan olika länder. Resultaten från olika studier är sannolikt i hög grad beroende av i vilket land respektive studie har utförts. Såväl teknik som kunskap har utvecklats över tid. Därmed kan vissa tidiga studier börja bli föråldrade. Alla studier och deras resultat är, trots inbördes olikheter, i sitt sammanhang viktiga kunskapskällor.

GRISENS FÖRUTSÄTTNINGAR

Den moderna grisen härstammar från det europeiska vildsvinet (*Sus scrofa*) genom en lång process av domesticering. I många avseenden har grisens beteende ändrats ytterst lite jämfört med dess vilda förfäder. De beteenden som gjort grisen särskilt lämpad för domesticering är att den trivs i stora sociala grupper med en tydlig hierarki och att de inte är parbildande. De främsta egenskaperna som gjort grisen lämplig som husdjur är dess förmåga att anpassa sig till nya miljöer och nya födoämnen (Pond & Mersmann, 2001).

Syftet att hålla grisar inom lantbruket är att producera kött. Grisproduktionen styrs av målen hög köttkvalitet och hög effektivitet. Grisen är snabbväxande, har en snabb reproduktionscykel och är anpassningsbar i sin diet. Efterfrågan på fläskprodukter av god kvalitet har ökat och ökar världen över. Detta, tillsammans med en effektivare spannmålsodling, har gjort det möjligt för grisproduktionen att öka (Whittemore, 1998).

Biologi

Grisens sinnen är väl utvecklade och luktsinnet är till och med bättre än hundens. En stor del av grisars kommunikation med varandra sker med hjälp av feromoner. Grisars synskärpa och fokus är till stor del mycket lika människans. På grund av ögonens placering kan de se 310 grader, vilket i jämförelse med människan är mycket. Grisar kan uppfatta ljud mellan 40 Hz och 40 kHz, vilket är något sämre än människan som kan uppfatta ljud ner till 20 Hz. Grisar är även mycket bra på att lokalisera varifrån ljud kommer (Pond & Mersmann, 2001).

Det finns i huvudsak tre olika läten som grisar använder sig av. Den mörka korta grymtningen använder grisarna främst för att hålla kontakt med varandra. Varningsskallet, som starkt påminner om ett hundskall, används ofta när grisarna blir överraskade. Grisar visar olika reaktioner på ett skall. Tamgrisar tittar ofta efter, vildsvin flyr och kultingar trycker sig mot marken. Skallet betyder helt enkelt "se upp" och reaktionen bestäms av omständigheterna. Det tredje lätet är skriket som används när en gris hotas eller attackerats. Det finns även hel serie olika grymtningar som förknippas med digivningsbeteende (Jensen, 1993).

Kroppsspråket är inte lika välutvecklat som hos många andra däggdjur, men ställningar och rörelser används för att kommunicera. Ofta är dessa förenade med beröringar som stötar och puffar med trynet (Jensen, 1993).

Slaktgrisar som väger 110 kilo är i genomsnitt 76 centimeter höga med en variation på +/- fyra centimeter (Christensen, 2003).

Fysiologi

Den naturliga endokrina responserna på förändrade förhållanden kan generellt relateras till djurs rörelsemönster, deras sociala organisation och levnadssätt. Att studera effekter och konsekvenser av hur djur generellt fungerar under transport är svårt, då reaktioner hos ett djur kan bero på en eller flera av en hel mängd olika faktorer. Det kan handla om hantering, blandning av djur, vätskebrist, hunger, ljud, vibrationer mm. Om fysiologiska responser ska kunna användas som markörer för att mäta förändringar på grund av transport, måste det gå att visa att de ligger utanför normal variation. Det är endast med sådana responser som det går att visa att djuret inte klarar av den aktuella situationen. Det yttersta beviset för att ett djur inte klarar av situationen är att det dör. De första responserna djur ger ifrån sig är beteendemässiga och/eller fysiologiska (Hall & Bradshaw, 1998).

De fysiologiska responserna, som puls, respiration, kroppstemperatur, muskel pH, hormonnivåer, är enligt Hall och Bradshaw (1998) lätta att mäta. Hall och Bradshaw (1998) har kunnat påvisa att höga nivåer av vasopressin i plasman sammanhänger med kräkningar hos gris. I en studie påvisas att grisarnas puls är som högst vid lastning, i början av transporten och vid avlastning (Shütte *et al.*, 1996a).

Alla husdjur uppvisar en variation av kroppstemperaturen över dygnet. Denna rytm kan ändras vid påfrestningar av stressorer som temperatur och väderlek. Acklimatiseringen till sådan värmestress uppvisas av att djuret återgår till normala kroppstemperaturkurvor (Nienaber *et al.*, 1999).

Grisar avger stora mängder vätska och värme i såväl stallar som under transport. Under varma förhållanden ökar fuktavgivningen genom hässjning (andningsfrekvens) och svettningar (Kettlewell *et al.*, 2001). Fakta om grisars värme redovisas utförligt i avsnittet om ämnesomsättning och värmebalans.

Koldioxidproduktion

Syre krävs för att upprätthålla livet hos människor och djur. Sammansättningen på den luft vi normalt andas består av ungefär 21 procent syre, 78 procent kväve, 0,03 procent koldioxid och 0,97 procent övriga gaser (ädelgas och luftföroreningar). Om syrgashalten sjunker minskar gasutbytet mellan luft och blod i lungans alveoler. Detta utbyte är en passiv gasdiffusion och sker genom skillnader i partialtrycket av syre och koldioxid mellan blod och luft. Vid höga halter koldioxid försämras gasutbytet av både syre och koldioxid. För att motverka syrebristen som då uppstår, reagerar kroppen med ökad andningsfrekvens. Vid tre procent (30 000 ppm) CO₂ i luften uppträder fördubblad andningsfrekvens. De symptom som uppträder framgår av tabell 1 (Gustafsson & Mårtensson, 1988).

Tabell 1. Koldioxidkoncentration och symptom (Gustafsson & Mårtensson, 1988)

Gas, CO ₂	Koncentration, ppm	Symptom
	20 000	Inga
	30 000	Fördubblad andningsfrekvens
	40 000	Huvudvärk, dåsighet
	50 000	Ökad andningsfrekvens, 300%
	150 000	Medvetslöshet inom någon minut
	>200 000	Omedelbar livsfara

Grisens koldioxidproduktion är en funktion av ämnesomsättningen, dvs grisens totala värmeavgivning. Svensk Standard 951050 (1992) anger koldioxidproduktionen enligt ekvation 1:

$$\text{CO}_2_{\text{prod}} = P_{\text{tot}} \cdot 0,163 \quad (1 \text{ CO}_2/\text{h}) \quad (1)$$

där

P_{tot} = Total värmeavgivning, W

0,163 = Konstant för beräkning av koldioxidavgivning, l CO₂/h och W

Forskare från Nederländerna och Danmark har tagit fram en modell för att förutsäga utsläpp av koldioxid hos djurbesättningar i stallar, däribland grisar. Det finns flera villkor som måste vara uppfyllda för att metoden ska kunna vara tillämpbar, bland annat måste det vara påtagliga skillnader (minst 200 ppm) i koldioxidkoncentration mellan ute och inne samt hög djurtäthet. Forskarna underströk vikten av att mäta koncentrationen på många platser i byggnaden, eftersom det finns stora variationer inom ett stall. Deras resultat visade också att koldioxidutsläppen förändras under dygnet beroende på djurens aktivitetsnivå (Van Ouwerkerk & Pedersen, 1999). Detta bekräftas också av Pedersen & Takai (1997), som konstaterar att värmeavgivning och koldioxidutsläpp i allmänhet underskattas under dagen och överskattas nattetid. Variationerna i djurs aktivitetsmönster är som högst dagtid, därmed är också värmeavgivningen och koldioxidutsläppet som högst under dagen.

Beteende

Grisen är av naturen ett nyfiket djur. De luktar, bökar och biter i allt nytt. I första hand riktar de sig mot det som finns på golvet, eftersom grisen i sin natur är orienterad mot marken (Whittemore, 1998).

Grisar lever i en värld av dofter. Grisen använder doften främst för att känna igen varandra. Möjligen finns också särskilda signaler, feromoner, som används i grisens dagliga liv i gruppen. När två grisar möts nosar de på varandra. Främst är det huvudets framsida som är föremål för deras undersökningar. Där finns det många körtlar som utsöndrar dofter. En nosning i ansiktet kan emellertid uppfattas som ett hot och leda till

aggressivitet. Frilevande grisar doftmarkerar sin omgivning genom att gnida sig mot träd och stenar. En stor del av det "kliande" som grisar ägnar sig åt är alltså doftmarkeringar. Under kliandet skrapas hudpartiklar och sekret från körtlar av. Dessa markeringar är troligtvis inte revirmarkeringar utan snarare "doftfyrrar" som grisen använder för att orientera sig (Jensen, 1993).

Grisar lever naturligt i maternella familjegrupper (mödrar och döttrar tillsammans med deras avkommor). Slagsmål inom grupperna är ovanligt, rangordningen etableras i regel innan grisarna når två veckors ålder. Naturligt slåss grisar endast om de kommer för nära en annan familjegrupp. Det händer även att galtar slåss under parningssäsongen. Det aggressiva beteendet hos grisar ökar i kommersiell produktion, främst på grund av utrymmesbrist. Det finns helt enkelt inte tillräckligt med plats för att djuren ska kunna gå undan och visa underkastelsebeteende. Även begränsad tillgång till mat och ätplatser bidrar till aggressioner mellan djuren (Whittemore, 1998).

Det är ett välkänt djurskyddsproblem att grisar slåss när de blandas med grisar från andra sociala grupper. Man vet också att slagsmål, som ger grisarna skador på huden, ger försämrade köttkvalitet (Hall & Bradshaw, 1998). Grisar visar stora individuella skillnader i sitt aggressiva beteende (Gaverink *et al.*, 1998a).

En studie har visat att en stor yta med gömställen eller en mycket begränsad yta som gör att grisarna inte får plats att slåss, är de bästa miljöerna för att förebygga slagsmål (Olsson & Svendsen, 1995). En fördel som hög packningsgrad i transporter faktiskt medför, är att det uppstår färre slagsmål och därmed färre skador. Denna måste dock vägas mot nackdelarna, till exempel att djuren inte kan lägga sig (Hall & Bradshaw, 1998). Här måste även transporttiden vägas in (Christensen muntligt, 2004).

Stress

Stress är en icke-specifik respons hos djur som försöker att anpassa sig till eller undvika en eller flera situationer eller stimuli. Det finns två huvudsakliga typer av faktorer som djur reagerar på. Den första är fysikaliska faktorer som exempelvis temperatur, fukt och ljud. Den andra handlar om sociala villkor som förhållande till andra djur, gruppstorlek, rangordning, utrymmen mm. Den akuta reaktionen på stress sker direkt på ett stimuli. Reaktionen går via det autonoma nervsystemet, med bland annat en ökad frisättning av adrenalin och noradrenalin. Detta leder till ökad puls, ökat blodtryck och en ökad frisättning av glykogen som lagrats i levern, vilket ger ett höjd blodsockerhalt. Det är främst den akuta stressen som orsakar dödsfall och som medför försämrade köttkvalitet hos grisar under transport (Hails, 1978).

Hos grisar ser man ibland dramatiska stressförlopp i samband med drivning och transport. De får en så intensiv aktivitet i det sympatiska nervsystemet att de kan drabbas av ett krampliknande tillstånd, kroppstemperaturen höjs kraftigt och kort därefter inträder hjärtstillestånd och cirkulationskollaps. Detta kallas PSS (Porcine Stress Syndrome) och har en väl känd genetisk bas. Genom avel med testade halothanfria galtar har man kunnat minska problemet (Jensen, 1996).

ÄMNESOMSÄTTNING OCH VÄRMEBALANS HOS GRISAR

Näringen och forskningen har uppmärksammat en ökad värmekänslighet hos de moderna slaktgrisarna. Denna känslighet har allmänt bedömts vara orsakad av deras minskade mängd fettvävnad i kroppen. Teoretiska beräkningar har visat att djur med en högre andel fett har en undre kritisk temperatur som ligger 8°C lägre än den moderna slaktgrisens. Forskare har även visat att de moderna slaktgrisarna får en betydligt försämrad tillväxt om de utsätts för höga temperaturer. Värmeproduktionen sjunker under akut stress till en viss punkt, för att sedan öka proportionellt i samma takt som den omgivande temperaturen (Brown-Brandl *et al.*, 1998).

Termoneutral zon och termisk komfort

I termoneutrala zonen är den metaboliska värmeproduktionen som mest effektiv, energiförbrukningen är minimal. De flesta processerna är mest effektiva när djuret befinner sig i ett bekvämt klimat, där värmeproduktionen inte behöver ändras. Den termoneutrala zonen begränsas av en övre och en undre kritisk temperatur. Inom zonen sker temperaturreglering utan extra åtgång av energi, men utanför krävs energi för att kroppstemperaturen ska kunna bibehållas. Det finns en accepterad definition för den undre kritiska temperaturen. Den övre kritiska temperaturen har dock ingen generell accepterad definition. Den kan definieras som den temperatur då djuret måste aktivera fysiologiska mekanismer för att förhindra en ökad kroppstemperatur (European Food Safety Authority, 2004).

Den termoneutrala zonen påverkas av många faktorer, som foderintag, typ av golv, strö, antalet djur samt termiska faktorer i omgivningen som strålning och lufthastighet (Randall, 1993). Den metaboliska värmeproduktionen påverkas av faktorer som foderintag, fodersammansättning, grisarnas ålder och aktivitet.

Den termoneutrala zonen för slaktgris på 100 kg ligger mellan ungefär 23 och 32°C (Randall, 1993). När grisarna ligger på ett väl ströat golv kan den undre kritiska temperaturen sänkas med 3 till 5°C (Randall, 1993). Enligt European Food Safety Authority (2004), ligger den termoneutrala zonen mellan 14 och 32°C i stallar. Det finns inga belägg för att djurens termiska behov skulle förändras under transport, deras ämnesomsättning bör vara lägre eftersom de undanhålls mat ca 12 timmar före transport. Grisarna kan dock ha svårare att hantera höga temperaturer på grund av social stress och minskad yta.

Nienaber *et al.* (1997), som studerat miljön i stallar, har funnit att grisar har förmåga att anpassa sig till relativt stora förändringar av temperaturen i den omgivande miljön. Forskarna menar att det, inom rimliga gränser, verkar vara energimässigt och ekonomiskt mest fördelaktigt att tillåta en högre temperatur. Förutsättningen är dock att den relativa luftfuktigheten ligger på låg till medelnivå. Det visade sig även att grisar klarar ett brett temperaturintervall så länge som temperaturökning eller minskning sker långsamt.

Enligt Randall (1993) är den relativa luftfuktigheten inte särskilt betydelsefull för grisar vid temperaturer under 30°C. Generellt kan den relativa fuktigheten stiga till 95 % utan problem.

Sällvik *et al.* (2004) har visat att grisarnas värmestress förstärks redan när den relativa luftfuktigheten är 80 % vid temperaturer över 21°C. Enligt CIGR Handbook (1999) rekommenderas att summan av talvärdena för luftfuktighet och temperatur uppgår till maximalt 90 ("max 90-regeln"). Sålunda bör den relativa luftfuktigheten ej överstiga 70 % vid 20°C.

Värmestress

Det går att undvika värmestress för grisarna genom att hålla dem inom deras termoneutrala zon (Randall, 1993). Värmestress innebär att djuren får allt svårare att avge sin värme. Ett bra mått på värmestress är ökad andningsfrekvens. Stress ökar grisarnas värmeavgivning. Det gör att hanteringen i samband med in- och avlastning i höga temperaturer ökar risken för värmestress. I länder med varmt klimat lastas och transporteras grisar därför ofta nattetid. Likaså är bilarna utrustade med sprinklersystem. Med duschningen sker en nedkylning av grisarna, dels genom evaporation från huden, dels genom en sänkning av den torra temperaturen (Sällvik *et al.*, 2004).

Den omgivande temperaturens betydelse som viktig stressfaktor har också visats av andra forskare. Den mest avgörande faktorn är temperaturer upp till 30°C. Om temperaturen överstiger denna grad ökar, i förhållande till denna, luftfuktighetens betydelse (Fraqueza *et al.*, 1998).

Det går att mildra skador som uppstått efter att grisar drabbats av allvarlig värmestress. Man har en period mellan en till fyra timmar på sig att vidta åtgärder efter det att grisar visat tecken på sådan stress (Korthals *et al.*, 1994).

Forskare har funnit samband mellan social stress och värmestress. Endast grisar som led av värmestress reagerade negativt, med ett minskat födointag, vid omflyttning. Deras slutsats blev att det går bra att blanda grupper när grisarna vistas i den termoneutrala zonen, men att blandning av grupper bör undvikas om de drabbats av värmestress (MacGlone *et al.*, 1996).

Värmeproduktion - värmeavgivning

Grisar är konstantvarma (rektaltemperatur 38-39°C). Värmeproduktionen är en funktion av ämnesomsättningen. Inom det termoneutrala området ger metabolismen tillräckligt med värme för att upprätthålla konstant kroppstemperatur. Detta beskrivs som djurets värmebalans. Det är fundamentalt att se värmebalansen inifrån djuret som utgångspunkt för att bedöma dess termiska komfort (Sällvik *et al.*, 2004).

Om djuret konsumerar mer foder, ökar produktionen av värme. Denna värme alstras i samband med fodernedbrytning för uppbyggnad av fett och protein. Vid *ad libitum* utfodring har därför djuren en högre värmeavgivning än vid restriktiv utfodring. Grisars

värmeproduktion ökar med den minskade mängd ister (fett) som ansätts i kroppsvävnaden, (jämför ekv. 2). Mängden foder och dess sammansättning påverkar hur mycket värme som bildas och avges. Djurens värmeproduktion kan reduceras om fodrets innehåll av aminosyror är väl anpassat efter deras behov (Brown-Brandl *et al.*, 2001).

Brown-Brandl *et al.* (2004) genomförde en litteraturstudie och visade att värmeproduktion hos slaktgrisar har ökat 18,1 procent från år 1984 till år 2002 som ett resultat av ändrad mängd fettvävnad. Värmeproduktionen under termoneutrala förhållanden har under perioden 1988 - 2002 ökat med 17,4 procent jämfört med tiden före år 1988. Studien visade även att värmeproduktionen hos grisar är 16,9 till 20,1 procent högre än vad som anges av ASAE (American Society of Agricultural Engineers) år 1999. Den värmeproduktion som ASAE anger grundar sig på data från 1950-talet. Forskarnas slutsats efter denna studie är att värmeproduktion är komplex. Studien visade att ASAE:s data om grisars värmeproduktion måste omarbetas (Brown-Brandl *et al.*, 2004).

Det visade sig även vara svårt att jämföra de olika undersökningar kring grisars värmeavgivning, som utförts under den undersökta perioden på 50 år, eftersom grisproduktionen har utvecklats markant. Stora förändringar har skett såväl inom aveln som inom djurhållningen (Brown-Brandl *et al.*, 2004).

Fysikaliska och biologiska regler för grisens värmeavgivning

Värmeavgivning från gris till omgivning sker, enligt fysikens lagar för värmeöverföring, genom ledning, konvektion, strålning och avdunstning. De tre förstnämnda kallas sensibel värmeavgivning och styrs av temperaturskillnader mellan djur och omgivning. Avdunstning från djuret, latent värmeavgivning, sker dels genom diffusion genom djurets hud, dels genom svettkörtlar samt i andningsvägarna. Svettkörtlar av den typ som människan har (endokrina) finns bara i liten utsträckning hos grisar (Sällvik *et al.*, 2004).

Bunden värmeavgivning sker genom huden och i andningsvägarna. Vid temperaturer över 25°C ökar hässningen hos grisar och de blöter ner sig för att öka sin värmeavgivning från huden. Avdunstningen från huden måste ske, om grisen ska kunna bli avkyld. Denna latent värmeavgivning påverkas i första hand av omgivande temperatur eftersom grisen måste kompensera för den minskade fria värmeavgivningen vid ökande temperatur. Den relativa luftfuktigheten i omgivande luft påverkar också grisens möjlighet att avge värme genom evaporation, latent värmeavgivning. Värmeavgivning genom strålning och konvektion beror på temperaturskillnad mellan gris och omgivning och lufthastigheten runt djuret (Sällvik *et al.*, 2004).

Värmeavgivning som bas för ventilationsbehov

För dimensionering av värme och ventilation i stallar finns det uppgifter om grisars värmeavgivning. Enligt CIGR Handbook (1999) kan följande uttryck, ekvation 2, användas för beräkning av totala värmeproduktionen, P_t , för slaktgrisar.

$$P_t = P_m + (1 - K_y)(P_d - P_m) \quad (\text{W}) \quad (2)$$

där

$$P_m = 5,09 m^{0,75}, \text{ underhållsbehov, W}$$

$$P_d = n \cdot P_m, \text{ utfodringsintensitet, W}$$

$$P_d = \text{dagligt intag, W}$$

$$n = \text{antal gånger underhållsfoder}$$

$$m = \text{kroppsvikt, kg}$$

$$K_y = 0,47 + 0,003 m \quad (\text{Effektivitetsfaktor som även korregerar för stigande fettansättning vid ökande vikt, max 0,8}).$$

Effektivitetsfaktorn, K_y , har beräknats utifrån en energibalans med villkoret att smältbar foderenergi antingen åtgår till underhåll (d v s enbart värmeavgivning) eller återfinns i kroppsvävnad som protein eller fett med respektive verkningsgrader. För grisar ändras proportionen mellan fett och protein med vikten. Det finns dock inga uppgifter om förhållandet mellan dessa kan bero på foderintensiteten. Med utgångspunkt från försöken med att ta fram SLU-normen har K_y -faktorn fastställts med hänsyn till gränsvärdena för att effektiviteten för proteinsyntes är 0,48 och för fett 0,79 (Sällvik, muntligt 2004).

SLU-normen innebär konstant fodergiva efter 60 kg:s levande vikt (34,2 MJ/d). Detta innebär att värmeavgivningen över 70 kg i stort är konstant (Sällvik, 2001).

Följande exempel kan då ges:

Gris 50 kg, tillväxt 800 g/d, utfodring (SLU) 29,14 MJ/d (337 W) där;

$$P_m = 96 \text{ W}; (n = 3,5 \text{ W})$$

$$P_t = 96 + (1-0,62) (337-96) = 188 \text{ W}$$

Gris 110 kg, tillväxt 700 g/d, utfodring (SLU) 34,10 MJ/d (394 W) där;

$$P_m = 173 \text{ W}; (n = 2,28 \text{ W})$$

$$P_t = 173 + (1-0,8) (374-173) = 213 \text{ W}$$

Den totala värmeavgivningen beror på temperaturen och för temperatur som avviker från 20°C kompenseras P_{tot} per 1 000 W och grisar enligt ekvation 3 (Sällvik *et al.*, 2004);

$$P_{tot} = 1\,000 + 12(20-t) \quad (\text{W}) \quad (3)$$

Den totala värmeavgivningens fördelning mellan fri (P_s) och bunden värme beroende på temperaturen (t) fås genom ekvation 5 (Sällvik *et al.*, 2004);

$$P_s = 0,62 [P_{tot} + P_{tot} \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot (20-t)] - 1,15 \cdot 10^{-7} \cdot t^6 \quad (\text{W}) \quad (4)$$

Enligt Svensk Standard 951050 (1992) kan fördelningen mellan fri och bunden värme fördelas med hänsyn till en temperaturfaktor, K_t . Följande ekvation anges;

$$P_s = P_t (0,8 - a)(t - K_t)^4 \quad (\text{W}) \quad (5)$$

där

$$a = \text{dimensionslös faktor} = 0,8 / (36 - K_t)^4$$

K_t = faktor vid fördelning av fri och bunden värmeavgivning, °C

Brown-Brandl *et al.* (2004) anser att CIGR ekvationen stämmer för de flesta grisar, men att för små grisar (<20 kg) och för större grisar (>90 kg) behövs kompletterade forskning.

Termiska omgivningens inflytande på tillväxt och foderutnyttjande

Nienaber *et al.* (1987) har visat att värmeavgivningen minskade med ökande temperatur och steg med ett ökat intag av föda och ökad kroppsvikt. Forskarna drog slutsatsen att det finns ett brett spektrum av acceptabla temperaturförhållanden och att det inte går att fastställa en enda optimal temperatur i den omgivande miljön (Nienaber *et al.*, 1987).

Nienaber *et al.* (1999) har även visat att extrema temperaturer (såväl under 5°C som över 30°C) ger negativa effekter på grisarnas tillväxt, födointag och värmeavgivning.

Andra forskare, som undersökt sambanden mellan födointag och temperatur i stallar, observerade att det dagliga födointaget minskade med 43,5 g/C° när temperaturen översteg 20°C (Lopez *et al.*, 1991).

Denna minskning bekräftas av Korthals *et al.* (1994) i en studie kring värmeavgivning och ätbeteende vid *ad libitum* utfodring. I den framgick att det dagliga födointaget minskade med 64 gram för varje grad Celsius den omgivande temperaturen ökades. Man mätte i studien även hur grisarnas kroppstemperatur förändrades över dygnet när den omgivande temperaturen ökade. Den högsta kroppstemperaturen inträffade ca kl. 16.00.

Hur viktig den omgivande temperaturen är för grisar visas även av de forskare som konstaterat att grisars dagliga tillväxt och födointag påverkas mer av temperaturen än av födans sammansättning av aminosyror (Lopez *et al.*, 1994).

Lufthastigheten runt grisen ger ökad möjlighet till värmeavgivning. Kylfaktorn, dvs värmeavgivning genom konvektion, beräknas enligt ekvation 6. Enligt Sällvik och Wahlberg (1984) ska kylfaktorn helst ligga mellan 60-80 W/m² för bästa termiska komfort. Det innebär kombinationer av temperatur och lufthastighet enligt tabell 2.

$$\text{Kylfaktor} = (t_a - t_1) \cdot 10 \cdot v^{0,5} \quad (\text{W/m}^2) \quad (6)$$

där

t_a = djurens yttemperatur, °C

t_1 = omgivande lufts temperatur, °C

v = lufthastighet, m/s

Tabell 2. Kylfaktorn, sambandet mellan lufthastighet och temperatur (Sällvik & Wahlberg, 1984)

Kylfaktor, W/m ²	60			80		
Vikt, kg	50	70	90	50	70	90
Temperatur, °C	Lufthastighet, m/s					
12	0,10	0,11	0,13	0,17	0,19	0,22
16	0,14	0,16	0,18	0,25	0,28	0,33
20	0,21	0,25	0,30	0,38	0,44	0,53
24	0,33	0,40	0,50	0,50	0,71	0,89
28	0,64	0,74	1,0	1,14	1,31	1,78

Pedersen och Petersen (1977) visade att lufthastigheten i samband med temperaturen påverkar tillväxt och foderförbrukning (se tab.3).

Tabell 3. Inflytande av lufttemperatur och lufthastighet på tillväxt och foderförbrukning hos slaktgrisar mellan 20 och 90 kg (Pedersen & Petersen, 1977)

P-band, °C	1	4	10
Temp, °C	13	13-17	13-23
Lufthastighet, m/s	0,2-0,8	0,15-0,8	0,15-0,8
Kylfaktor, W/m ² , *	65-150	65-115	65-80
Tillväxt, g/dag	590	610	620
Foderförbrukning kg/kg	3,35	3,3	3,25

*Beräknad enligt Sällvik och Wahlberg (1984)

GRISAR UNDER TRANSPORT

Det är många variabler under transport som påverkar djurens välfärd, som i sin tur påverkar köttkvaliteten. Några exempel är temperatur, djurdensitet och djurhantering. Temperatur och ljud är svårt att styra över, medan djurtäthet och transporttid lättare kan regleras enligt Randall (1996). Även hanteringen av grisar före slakt inkluderar en rad av fysiska och psykiska påfrestningar på djuren, exempelvis blandning, lastning, körning, avlastning, väntan på slakteriet och drivning till avlivning (Fraqueza *et al.*, 1998).

Transporter inom EU

Transport av grisar sker i stor skala både inom och mellan EU:s medlemsländer. Men det är dock mycket ovanligt med långa resor (Randall, 1993). De flesta gristransporter inom EU är kortare än tre timmar (Hall & Bradshaw, 1998). Det är ovanligt med transporter som är så långa att grisarna inte klarar transporten på grund av brist på mat och vatten (Hall & Bradshaw, 1998). Ungefär 10 procent av alla gristransporter inom EU varar mer än 8 timmar (European Food Safety Authority 2004). Nästan alla djur transporteras minst en gång under sin livstid (Randall, 1993).

Det exakta antalet djur som transporteras inom EU är inte känt. Man har uppskattat att minst 25 miljoner nötkreatur, 6 miljoner kalvar, 171 miljoner grisar, 75 miljoner får och lamm samt 9 miljoner getter transporteras inom EU varje år. År 1995 exporterades 660 000 nötkreatur, 71 400 grisar och 40 200 får för slakt utanför EU. Djuren transporteras antingen direkt från gård till slakteri eller via en marknad där omlastning sker (European Commission, 1999).

Det finns regler inom EU för hur bilar avsedda för transport av djur ska vara utformade. De bilar som är avsedda för transporter längre än åtta timmar har högre krav än de som är avsedda för kortare resor. Reglerna specificerar dock inte särskilda temperatur- och luftfuktighetsgränser för olika djurarter (Kettlewell *et al.*, 2001). Christensen (muntligt, 2004) uppger dock att reglerna har en övre gräns på 95 % luftfuktighet och 29°C.

Klimat i bilen

Lastskåpets ventilation och antal lastade djur per ytenhet påverkar temperaturen i djurutrymmet som i sin tur påverkar köttkvaliteten. Ventilationen spelar stor roll för temperaturen. Ju högre den omgivande temperaturen runt grisarna är, desto högre blir grisens muskel-pH (Hall & Bradshaw, 1998).

Sambandet mellan fukt och temperatur är viktigt. Avdunstningen från urin, gödsel och tvättvatten bidrar till en ökning av luftfuktigheten, men det är svårt att avgöra med hur mycket (Randall, 1993).

Ett värde på 3 000 ppm koldioxid anses vara acceptabelt och ska på djurtransporter upprätthållas genom minimiventilationen (Randall, 1993). Värdet på 3 000 ppm är satt av CIGR. Man har utgått från att djuren inte exponeras mer än 24 timmar. Det är ett teoretiskt värde som ska garantera en tillräcklig luftväxling (Sällvik muntligt, 2004).

Ett EU-projekt (PL920262) hade som målsättning att sätta upp riktlinjer för optimal ventilation vid transport av slaktgrisar under såväl sommar- som vinterförhållanden. Observationerna visade att temperaturen på skåpets övre våning låg 0-2°C högre än på den undre våningen. Utetemperaturen låg då på 12°C. Vid lägre utetemperaturer (6-7°C) var skillnaderna mellan de olika planen ännu större (0-6°C). Mätningarna visade ett fast mönster, vilket borde göra det möjligt att finna system att förutse temperaturer i bilen även vid färre mätpunkter. Mätningarna visade också att temperaturen mellan grisarna allmänt sett var högre (3-6 grader) än ovanför dem (Christensen & Barton Gade, 1995). I Sällviks *et al.* studie (2004) mättes den största temperaturskillnaden mellan transportens olika plan till 3,4°C. Denna skillnad förklarades av hur luftströmmarna rörde sig inne i bilen.

Värmeavgivning under transport

Beräkningar av värmeavgivning under transport utgår oftast från antagandet att djurens ämnesomsättning motsvarar underhållet, eftersom djuren i de flesta fall hålls fastande (Brown-Brandl *et al.*, 2004; Randall & Patel, 1994; Randall, 1993).

Sällvik *et al.* (2004) har beräknat värmeavgivning från grisar under transport genom bearbetning av data från Kettlewell (2003), se tabell 4. Grisar transporterades i en djurtransportbil med kontrollerat och konstant ventilationsflöde, temperatur samt relativ luftfuktighet. Även koldioxidkoncentrationen registrerades hos till- och frånluften. Medeltemperaturen i bilen under transporten var 24°C. Vid bearbetning av Kettlewells data har värden beräknats för luftens specifika värme, ångbildningsvärme, och sambandet mellan koldioxid och P_{tot} har tagits från Svensk Standard 951050 och CIGR 2002. P_{tot} är beräknat både som summa P_s och P_{bunden} och efter koldioxidproduktion. Tabell 4 visar en stor samstämmighet mellan dessa två beräkningsmetoder. Under körning är värmeproduktionen något högre än vid stillastående bil (Sällvik *et al.* 2004).

Tabell 4. Värmeavgivning (W) per 100 kg transporterade slaktgrisar vid 24°C. Bearbetade data efter Kettlewell (2003) (Sällvik *et al.* 2004)

	P_{fri} *	P_{bunden} *	P_{tot} *	$P_{tot} - CO_2$ **
Stillastående bil	70	90	160	156
Körande bil	80	103	183	188
Medeltal			172	173

*Beräknat enligt värme och fuktbalans med känt luftflöde

**Beräknat enligt CO2 balans med känt luftflöde

Anpassar man ingående parametrar i ekvationerna 2, 3 och 5 till resultaten i tabell 4 finner man att 173 W för en 100 kg:s gris vid 24°C motsvarar P_{tot} vid ett foderintag av

1,5 ggr underhåll. Detta ska jämföras med SLU-normen som anger 2,45 gånger underhåll vid 100 kg. Används Svensk Standard 951050 (1992) för att fördela mellan fri och bunden värme blir P_s 102 W. CIGR (2002) ger P_s 97 W, vilket kan jämföras med Kettlewells (2003) 70 W. Troligen var det den större avdunstningen från golv och blöta grisar som förändrade fördelningen mellan fri och bunden värme under transporten (Sällvik *et al.*, 2004).

Vid lastning stiger temperaturen i djurutrymmet, speciellt vid naturlig ventilation. Det är en konsekvens av att det är lägre luftflöden och mer aktivitet hos djuren vid stillastående än vid körning. Klimatet stabiliseras dock efter 60-90 minuter. Grisarna besväras och rör på sig mer under stillestånd. Också detta ger ökad värmeproduktion. Man har beräknat en ökning till 1,9 W/kg gris vid stillestånd från 1,4 W/kg gris vid körning (Kettlewell *et al.*, 2001).

Sällvik *et al.* (2004) har funnit att det är särskilt vid ilastningen och i början av körningen som såväl den sociala som den termiska stressen är som högst. Temperaturhöjningen beräknades i genomsnitt till 0,15 °C/min vid lastning. Det naturliga luftflödet under lastningen var endast 1-5 m³/gris, beräknat på grundval av koldioxiden. Det föreliggande EU-förslaget rekommenderar 60 m³/gris (Sällvik *et al.*, 2004).

Djurens värmeavgivning är inte endast beroende av den omgivande temperaturen, utan även av den relativa luftfuktigheten, om än i mindre utsträckning. Att duscha djuren under transport kan ge fördelar för avkylning (Randall, 1996).

Stress under transport

Aggressivt beteende mellan djur av samma art förekommer naturligt i ett begränsat antal situationer. En sådan är att, i den praktiska produktionen, blanda samman djur från olika sociala grupper. Djuren kan visa sig hotfulla och aggressiva eller underkasta sig och fly. Ett slagsmål mellan grisar resulterar i oftast lindriga bit- och rivskador (Hall & Bradshaw, 1998).

Det är nödvändigt att blanda olika sociala grupper av grisar på transporter. Gården, transporten och slakteriet är inte dimensionerade på samma sätt, alla har till exempel sin egen storlek på boxar. Forskare har i försök visat att det är blandningen vid lastning i transporten och inte den blandning som också görs på slakteriet som orsakar störst skador på grisarna (Guise & Penny, 1989). Detta stöds även av Sällvik *et al.* (2004). Enligt Christensen (muntligt, 2004) måste man dock även beakta betydelsen lastnings- och transporttid.

Eftersom slagsmål är stressande är sammansättningen av grisar på lasten en viktig djurskyddsfråga. I och med att de allvarligaste slagsmålen uppstår under den första halvtimmen efter att djuren blandats in nya grupper (Fraqueza *et al.*, 1998; Guise & Penny, 1989; Olsson & Svendsen, 1995) är lastningen ett särskilt kritiskt moment. En timme efter att grisarna har blandats vilar 80 procent av grisarna (Guise & Penny, 1989). Randall (1996) understryker att man därför bör redovisa grad av blandning och registrera när under transporten den inträffade vid försök.

Sällvik *et al.* (2004) gjorde skaderegistreringar på grisarna före och efter transport. Man fann en ökning av skador på mellan 1,2 och 3,0 poäng. Skalan som användes för bedömning var från 0-3 där 0 = ingen skada och 3 = allvarlig skada. För varje djur uträknades en medelskadepoäng. Även sjukdomstecken och rörelsestörningar registrerades. Man fann ett antal djur med rödaktiga fläckar och början till cyanos.

En forskargrupp har funnit att flest slagsmål äger rum efter 40-50 minuter samt efter 60-70 minuter i sociala grupper som blandats. Ju större gruppen är, desto längre blir slagsmålsperioden (Gaverink *et al.*, 1996). Forskarna menar därför att man bör slakta grisarna så fort som möjligt efter ankomst till slakteriet för att skador ska kunna minimeras.

Man har även visat att grisar, som inte blandats till nya grupper och som lastats av för grisarna bekanta människor, inte får någon höjning av stresshormoner (Bradshaw *et al.*, 1996).

Guisse och Penny (1989) har en teori om att grisar, som stått i blandade grupper på ett trångt utrymme under transporten, istället börjar slåss vid avlastningen på slakteriet, där ytan är större. Slagsmålen tycks bli värre på grund av de aggressioner som grisarna byggt upp under färd. Men de anser inte att det skulle vara ett alternativ att transportera grisar helt avskilda från varandra. Grisar är flockdjur och närheten av andra djur ger en lugnande effekt.

En studie visar att transport av grisar medför signifikanta höjningar av hjärtfrekvens och kortisolnivå. (Gaverink *et al.*, 1998b). Även Hall och Bradshaw (1998) har visat att djurens placering på transporten påverkar de fysiologiska reaktionerna. De fann att djur på det nedre planet i transporten hade högre kortisolnivåer och sämre köttkvalitet än de djur som transporterats på det övre planet.

Djurhantering

Skin- och hudskador på grisarna orsakas inte endast av deras slagsmål, utan också ofta av människor. Vid slagsmål koncentreras skadorna till den främre halvan av grisens kropp, medan skador efter slag oftast är placerade på skinkan. Användningen av elpåfösare ökar blodfläckar i köttet (Gaverink *et al.*, 1996). Man har funnit att grisar som är lätta att driva löper mindre risk att utsättas för hårdhänt behandling vid lastning och på slakteriet (Gaverink *et al.*, 1998b).

Randall (1996) framhåller att hanteringen av djuren är viktig. Han har bland annat visat samband mellan hur djuren är uppfödda och hur de reagerar på nya miljöer. Lastning av djur kan ske med minimal stress genom att låta djuren "gå på nyfikenhet" utan att driva dem.

Även i en annan studie undersöktes sambandet mellan uppväxt och transport. Grisar utsattes för tre olika slag av behandling under sin uppväxt. Därefter studerades grisarnas beteende samt deras köttkvalitet vid slakt. En grupp utsattes för mänsklig kontakt, både trevlig och otrevlig, men inte skadande, utan att få lämna boxen. En grupp fick utforska nya miljöer, men var helt utan mänsklig kontakt. Kontrollgruppen fick ingen mänsklig kontakt och endast vara i samma box. Behandlingarna utfördes vid tio tillfällen, två gånger per vecka under de sista fem veckorna innan slakt. Resultaten visar att den grupp

grisar som hade fått gå ut ur sin box, gick betydligt snabbare att lasta och att driva på slakteriet än de övriga två. Man fann inte några skillnader på stressymptom under transport mellan grupperna. Inte heller fann man några signifikanta skillnader i köttkvaliteten mellan de tre grupperna (Gaverink *et al.*, 1998c).

Vibrationer och ljud

En studie har visat att vibrationer från fordonet och från de vägar som transporten följer orsakar mer stress på grisarna än ljudvolymen i bilen (Hall & Bradshaw, 1998). I experimentet som ledde till denna slutsats användes en djurtransportbil utrustad med bladfjädrar och inte med hydraulisk fjädring som används i Sverige.

Man har också observerat att grisar, som utsattes för höga ljud (85 dB(A) i 10 minuter) sökte sig närmare varandra för trygghet. Grisarnas reaktion på mekaniska ljud blev kraftigare än reaktionerna på inspelade ljud från andra grisar. Man kunde inte finna att höga ljud under transport gav några signifikanta höjningar av hjärtfrekvens och kortisolnivå. Däremot fann man att en hög ljudnivå i uppväxtmiljön gav grisarna mindre känslighet för höga ljud. Grisarna hade då lättare att aklimatisera sig till ljudnivåerna under transport (Gaverink *et al.*, 1998b).

Inte heller andra forskare har kunnat finna bevis för att ljudnivån under transport skulle orsaka stress på grisar. Grisarna vänjer sig snabbt vid ljud om inget direkt hot eller fara upptäcks (Hall & Bradshaw, 1998). De ljudnivåer som normalt förekommer i djurstallar är 70-80 dBA. Djurens eget ljud ligger normalt mellan 50-65 dBA, som dock maskeras av fläktbuller (Nilsson, 1980).

I Sällviks *et al.* studie (2004) uppvisades höga vibrationsnivåer (mer än 0,3 G) under transport, vilket bedömdes framkalla stress hos grisarna. Det saknas dock kunskap om hur hög en acceptabel vibrationsnivå kan vara (Sällvik *et al.*, 2004).

Enligt Christensen (muntligt, 2004) har J. Randall, efter en större studie kring vibrationer, konstaterat att en dansk tvåvåningstransport utrustad med full luftfjädring, kunde köra i tjugo timmar utan att man behövde göra avkall på grisarnas välbefinnande.

I stall får djur endast tillfälligtvis bli utsatta för mekaniskbuller överstigande 65 dB(A) enligt L100 (SJVFS 2003:6).

Åksjuka

Man vet att nivåerna av vasopressin hos gris höjs under transport. Man vet också att det är just vasopressin som ger illamående hos djur som har förmågan att kräkas. Detta visar att grisar blir åksjuka. Åksjuka ger sig uttryck i att djuren tuggar fradga, att de försöker få frisk luft och att de kräks. Men man har inte kunnat visa i vilken utsträckning just åksjukan, i förhållande till andra faktorer, påverkat djurens välfärd under transport (Hall & Bradshaw, 1998).

Grisar föredrar att stå vid ojämn färd. Man vet inte varför, det kan bero på underlaget, det kan också vara för att undvika åksjuka. Man har i ett experiment visat att

grisar, som kommer från blandade sociala grupper, är mindre åksjuka än grisar som behållits i sin ursprungliga grupp. Om det berodde på själva blandningen eller om det av en slump hamnat grisar med åksjukeanlag i den oblandade gruppen går inte att säga. En trolig hypotes är att grisarna i de blandade grupperna var så upptagna med att slåss att de inte hann med att uppvisa några symptom på åksjuka. Detta styrks av att när grisar i en observerad blandad grupp lugnat ner sig, visade också de åksjukesymptom (Bradshaw *et al.*, 1996).

Frekvensen av åksjuka verkar inte påverkas av om grisarna blivit utfodrade strax innan transporten eller inte. Däremot skiljer sig de symptom som visar sig. De utfodrade grisarna spyr oftare, medan de som inte fått mat i större utsträckning tuggar fradga. Övriga beteenden som förknippas med åksjuka visas lika ofta hos båda grupperna (Bradshaw *et al.*, 1996).

Sällvik *et al.* (2004) genomförde beteendestudier under transport med hjälp av videokamera. Man fann att djuren i stor uträkning flämtade och försökte få frisk luft. De visade således symptom på åksjuka.

Påverkan på köttkvaliteten

Vid slakt sjunker pH i muskeln från 7,2 till mellan 5,4 och 5,7. Men om muskelns glykogenreserver redan är förbrukade, påverkas bildandet av mjölksyra *post mortem*. Muskelns pH stannar då på värdet 6,0, vilket försämrar köttkvaliteten. Det blir mörkt, segt och torrt. Sådant kött benämns vara DFD (Dark, Firm, Dry) (Hall & Bradshaw, 1998). Enligt Christensen (muntligt, 2004) ska dock inte värdet 6,0 tolkas som ett exakt värde. Uppkomsten av DFD måste sättas i relation till vilka muskler som är berörda.

En lång period av stress leder ofta till DFD-kött. Kortvarig stress, precis innan slakt, leder däremot oftare till att köttet bleknar, blir mjukt och ljust och vattnigt; så kallat PSE (Pale, Soft, Exudative). PSE orsakas av ett alltför snabbt pH-fall i muskeln på grund av att muskelfibrernas proteiner förlorar förmågan att hålla vatten (Fraqueza *et al.*, 1998).

Skador efter slagsmål på grund av blandning av grisar, ger hudskador som förknippas med DFD-kött efter slakt. Galtar får större och fler hudskador än gyltor, då okastrerade hannar slåss mer som en del av sitt sexuella beteende (Guise & Penny, 1989).

Man har undersökt hur grisarnas beteende och köttkvalitet påverkas av temperaturen och väntetiden innan slakt. Man mätte vid 20°C respektive 35°C. De väntetider som studerades var 30 minuter och tre timmar. Slutsatsen blev att, vid varmt väder, bör grisarna slaktas inom 30 minuter efter ankomst till slakteriet. Är det svalare gynnas grisarna och köttkvaliteten av en väntetid på minst 3 timmar. Den längre väntetiden efter transport i 20°C värme, medförde att grisarna fick mindre PSE (Fraqueza *et al.*, 1998).

Det finns vissa indikationer på att dålig ventilation har effekt på köttkvaliteten. Men forskare har bedömt att olika ventilationsöppningar (150 till 350 mm), liksom takhöjder (1 100 till 1 300 mm), i transporten i allmänhet inte har några effekter på köttkvaliteten. Inte heller djurtätheten bedömdes ha någon generaliserbar effekt. (Barton Gade & Christensen, 1997).

DJURTRANSPORTER

Det är främst ekonomiska drivkrafter samt regleringar och hur de tillämpas, som anger villkoren för hur miljön i djurtransporter utformas och i vilken utsträckning den kan förbättras. De kommersiella krafterna har avgörande betydelse för att påverka köttindustrin att förbättra djurtransporterna (Hall & Bradshaw, 1998). Slakteribranschen själv driver också frågor om förbättrad djurhantering och var den som krävde att transportörerna skulle vara utbildade för sin uppgift (Christensson muntligt, 2004).

Reglerna om tillåten djurtäthet har utformats efter beräkningar för ventilation. Dessa beräkningar har gjorts när ventilationskravet är som störst, vid aktivitet under på- och avlastning. Randall (1993) menar att det kanske vore bättre att anpassa ventilationen efter den termoneutrala zonen. Man skulle även kunna använda antalet luftbyten per timme som mått för tillräcklig ventilation i stället för att använda 3000 ppm koldioxid som gräns (Randall, 1993). Djurtätheten i transporten bör, enligt Randall (1993), vara baserad på djurvikt och inte antalet djur. I likhet med Randall (1993) menar Hall och Bradshaw (1998) att packningsgraden av djur är en av de variabler som är lättast att påverka.

Barton Gade & Christensen (1996) drar efter sina studier slutsatsen att alla grisar ska kunna stå och på samma gång kunna luta sig mot varandra. Slaktgrisar av samma storlek som de danska skulle därmed behöva ett utrymme på 0,35 m²/100 kilo gris vid maximalt fyra timmars transport.

Bestämmelser kring djurtransporter

I Sverige har Jordbruksverket utfärdat bestämmelser om transport av levande djur (SJVFS 2000:133).

EU har utformat ett nytt direktiv för djurtransporter; ”*Council regulation on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC*”. Kommissionens ambition är att strama upp villkoren för långa djurtransporter. Man eftersträvar förbättringar av transporterens tekniska standard med särskilda regler för sjötransporter, förbud mot att frakta unga eller sjuka djur, förbättrad utbildning för transportörer, bättre kontrollmöjligheter av reglernas efterlevnad, mm.

Djurbeläggning

Jordbruksverket bestämmelser (SJVFS 2000:133) anger att för 100 kg:s slaktgris krävs ett utrymme om 0,36 m²/gris. Det får högst vara 305 kg gris per m². Sålunda krävs 0,41 m² för en 115 kg:s gris.

För transporter som planeras bli kortare än 8 timmar, förespråkar EU-kommissionen (2003) att såväl golvytan som den lägsta takhöjden vid såväl mekanisk som naturlig

ventilation ska ökas. Måtten framgår i tabell 5. Kommissionen anser alltså att det behövs en större yta per djur än vad som för närvarande gäller i Sverige (Sällvik *et al.*, 2004).

Tabell 5. Utdrag ur EU-kommissionens förslag till direktiv (2003) angående minsta yta och takhöjd för grisar i djurtransportbilar vid transporter under 8 timmar (Sällvik *et al.*, 2004)

Djurvikt medel, kg	Yta vid korta transporter, m ² /djur	Höjd vid mekanisk ventilation, cm	Höjd vid "passiv" ventilation, cm
100	0,420	92	107
110	0,448	95	110
130	0,501	99	114

Närmiljö och ventilation

Transportmedlet ska enligt SJVFS 2000:133 vara utformat så att

- alla djur ska kunna stå upp eller ligga ned samtidigt i naturlig ställning (om inte undantag anges i transportföreskrifterna)
- djuren ska skyddas mot kyla, värme, nederbörd, blåst, starkt solljus och kraftiga väderväxlingar under transporten
- djuren får en bra närmiljö, som är anpassad till djurslaget
- djuren får tillräckligt med frisk luft under resan
- tillräcklig ventilation kan upprätthållas
- det finns tillräckligt många reglerbara ventiler för en god ventilation
- ventilationsöppningarna inte kan blockeras.

Ventilationsöppningarnas sammanlagda yta ska vara ca 20 procent av lastutrymmets golvareal eller så ska mekanisk ventilation av motsvarande kapacitet finnas.

I transportmedlet bör det, enligt föreskrifterna, finnas temperaturmätare som läses av flera gånger under färden av föraren i hytten.

Enligt EU:s rekommendationer 2003 ska ventilationen ha en kapacitet på minst 60 m³/timme och 100 kg djurvikt. Ventilationen ska kunna fortgå med denna kapacitet oberoende av bilens motor (Sällvik *et al.*, 2004).

Det finns inga detaljerade bestämmelser om ventilationsöppningar. Det finns en grundregel som säger att ventilationsöppningarnas sammanlagda area ska motsvara 20 procent av tillgänglig golvareal (Jordbruksverket, 2001).

Inom EU har man försökt att finna acceptabla nivåer för temperaturer under transporter över åtta timmar. EFSA rekommenderar att temperaturen i transportbilarna bör ligga mellan 10° och 25°C. När temperaturen ligger under 10°C bör man minska ventilationen och öka den när temperaturen överstiger 25°C. Man rekommenderar att mekanisk ventilation ska användas när temperaturen överstiger 20°C och att den bör

kompletteras med vattenbegjutning (duschning) när temperaturen överstiger 25°C (European Food Safety Authority, 2004).

För grisar över 30 kg bör 12°C gälla som undre gräns. Om transporttiden inte är längre än sex timmar kan temperaturen vara ytterligare 5°C lägre. (European Food Safety Authority, 2004)

De övre temperaturgränserna har satts i relation till den relativa fuktigheten. Vid en luftfuktighet över 80 % bör temperaturen inte överstiga 29°C. Vid luftfuktighet under 80 % är gränsen satt till 32°C. Om bilen är utrustad med mekanisk ventilation och duschsystem kan dock en temperatur upp till 35°C accepteras. (European Food Safety Authority, 2004)

Utformning av djurutrymmet

Enligt SJVFS 2000:133 ska transportmedlet ge möjlighet att dela upp lösa djur i mindre grupper.

Vidare krävs enligt SJVFS 2000:133 att

- skiljeväggarna ska vara tillräckligt starka och utformade så att skador undviks
- slaktgrisar ska transporteras i avdelningar med högst 20 slaktgrisar i varje
- väggarna ska vara släta
- golvet ska vara halkfritt och täckt med strö. Om golvet samtidigt är tak för djur på en annan våning ska golvet vara tätt
- lastrampens lutning ska vara minsta möjlig och högst 20 grader
- grisar bör drivas i grupper som inte överstiger tio grisar per grupp.

Bilens utformning

Djurtransporter kan inte designas utan hänsyn till de djur som ska transporteras. Ventilationsöppningar längs med skåpets långsidor ska inte kunna blockeras av djurens kroppar. Även djurtätheten kan göra så att en eller flera öppningar blockeras, vilket drastiskt kan försämra ventilationen. Varje liten blockering är av stor betydelse eftersom öppningarna oftast är minimalt tilltagna. Det är också viktigt att förutse vilka olika positioner djuren kan tänkas inta, så att inga blockeringar sker vare sig djuren står eller ligger (Randall, 1993).

Takhöjd

Experiment av Christensen & Barton Gade (1995) visade att en låg takhöjd i transporten (900 mm) i kombination med smala tilluftsöppningar (150 mm) medförde en ökning av

hjärtfrekvensen (100-170 bpm) med 50 procent jämfört med högre takhöjd och/eller större ventilationsöppningar, 350 mm (80-120 bpm).

Ett krav från danska myndigheter är att grisen i transporten ska kunna stå naturligt med upprest huvud. Grisar lyfter inte så ofta på huvudet, men när så sker är högsta punkten (trynet) mellan 80 till 85 centimeter från golvet för grisar på ca 100 kg. Det är mer normalt att huvudhöjden ligger i rygghöjd. Svenska grisar bör ha ca 90 centimeters utrymmeshöjd vid normala huvudlyft (Christensen, 2003).

Enligt Randall (1996) ska takhöjden vara 1 500 mm.

I framtiden förväntas transporter med tre våningar istället för två (Christensen, 2003).

Golv

Golvet i transporten ska vara halkfritt. Ett halkfritt golv gör det möjligt för grisarna att stå upp utan att halka under färd och lastning. Ett mönstrat gummigolv är ett bra alternativ. Gummit fungerar även som en bra ljuddämpare (Christensen & Barton Gade, 1995). Enligt Christensen (muntligt, 2004) ger gummigolv dessutom en sådan isolerande effekt att mindre strö behöver användas.

Innan 1996 fanns inga undersökningar om hur golvförhållandet (strö/inget strö) under transport eller om stopp under färd påverkar fysiologi och köttkvalitet. Man har nu visat att, vid utetemperaturer lägre än 10°C, blev grisar som stod utan strö mer stressade än de som transporterades med strö. Vid utetemperaturer över 20°C blev grisarna mer stressade av att transporteras med strö, än de blev vid i- och urlastningen. Minst stress visade de grisar som transporterats då temperaturen låg mellan 15-20°C, oavsett om dom stod på strö eller inte. Försöket utfördes i bilar med räfflade aluminiumgolv. Hackad halm användes som strö. Man kunde dock inte finna några signifikanta samband mellan PSE och om transporten var med eller utan strö (Shütte *et al.*, 1996a).

Ventilation

Den värme, fukt och koldioxid som djuren producerar under transport måste avlägsnas. Andra föroreningar som damm, lukt och ammoniak har inte bedömts för dimensionering av ventilationen, eftersom det inte skadar djuren under den korta exponeringstiden under transporten (Randall & Patel, 1994).

Det är luftutbytet (ventilationen) i bilen som ska transportera bort värme, fukt och koldioxid från bilen. Luftrörelser i bilen underlättar (vid varm väderlek) för djuren att avge värmen genom att dels öka konvektionen, kylfaktorn, dels öka avdunstningen från huden. Luftrörelserna bidrar på så sätt till en avsvalkning av djuren (Sällvik *et al.*, 2004).

Det dimensionerande ventilationsbehovet i djurutrymmet kan beräknas till mellan 85 och 110 m³/h/115 kg gris (en genomsnittlig slaktvikt). Detta förutsätter en jämn fördelning av grisarna i skåpet (Christensen, 2003).

Det är mycket viktigt att ställa krav på ventilationsflöde såväl vid stillastående som vid körning. Det är vid stillastående och varm väderlek som dimensioneringen av öppningar och/eller fläktar är avgörande för ventilationen. Ventilationen kan vara naturlig eller i kombination med fläktar (Sällvik *et al.*, 2004).

Ventilationsöppningar

Ventilationsöppningarna bör vara placerade längs med båda långsidorna. Dessa rekommendationer baseras på ett flertal undersökningar. Om dessa öppningar skulle minskas till hälften, skulle temperaturen runt djuren öka med 5°C (Randall & Patel, 1994).

Även Christensen & Barton Gade (1995) hävdar att ventilationsöppningarna ska placeras längs bilen långsidor. De understryker även att det ska finnas öppningar för samtliga våningar i bilen. Randall (1996) säger att tilluftöppningarna ska ha en höjd på 500mm. Christensen (2003) hävdar att ventilationsöppningar som nominellt mäter 300mm/våning kan ge ett tillräckligt luftflöde. Det kan dock finnas skillnader i Randalls och Christensens sätt att mäta ventilationsöppningarna.

Naturlig ventilation

I djurtransportbilar i Sverige och utomlands är det den naturliga ventilationen som är vanligast. Vid naturlig ventilation är de allra viktigaste faktorerna för klimatet i bilen storleken och placeringen av ventilationsöppningarna. Naturlig ventilation drivs av temperaturskillnader mellan inne- och uteluft, yttre vind och fordonets hastighet. Den varierar därmed mycket och påverkas främst av fordonets hastighet. Att vid stillestånd placera bilen så att vinden blåser tvärs igenom den, är ett sätt att förbättra den naturliga ventilationen. Men i övrigt finns det mycket små möjligheter att kontrollera den, annat än genom justering av storleken på ventilationsöppningarna (Kettlewell *et al.*, 2001).

Naturlig ventilation finns alltid, men den måste ibland kompletteras med mekanisk ventilation, framförallt vid stillestånd (Randall & Patel, 1994).

Mekanisk ventilation

Med fläktar kan man garantera ventilation även när bilen står stilla. Fläktarna ska ge tillräckligt flöde och helst rikta luftströmmen in i bilen ”övertrycksventilation”. Påslag av fläktar bör vara styrd av temperaturen (European Food Safety Authority, 2004).

Det som bör styra ventilationens utformning är behovet att kunna reglera temperatur och luftfuktighet. Introduktionen av mekanisk ventilation på djurtransportbilar har

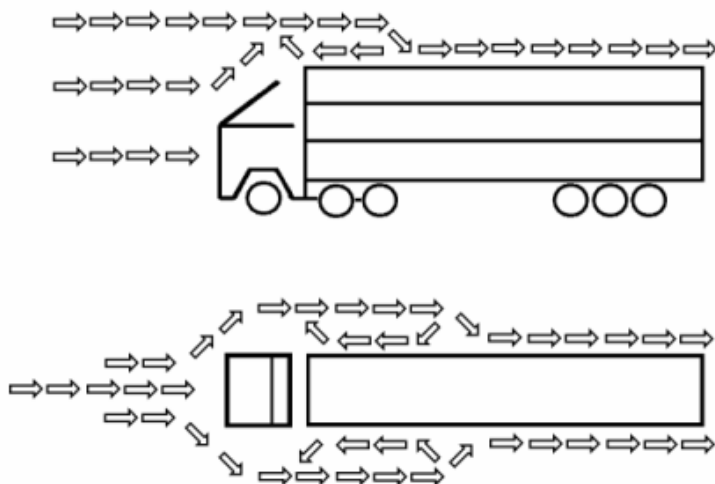
främst drivits fram av behovet att hålla ett acceptabelt klimat i bilarna i södra Europa. Men fortfarande saknas riktlinjer för transportbilarnas utformning och utrustning (Kettlewell *et al.*, 2001).

Christensen (2003) har visat att det finns ett behov av mekanisk ventilation när temperaturen i djurutrymmet stiger över 20°C samt ett behov av duschning vid temperaturer över 25°C.

Fläktar kan monteras på bilen för att ge en jämnare ventilation. Fläktarna används för att garantera att ventilationen upprätthålls under hela transporten – även under stillestånd (Kettlewell *et al.*, 2001).

Luftrörelser under körning

Kettlewell och Mitchell (1996) har beskrivit hur lufttrycket runt en körande djurtransportbil utvecklas. Det är tryckskillnader mellan djurutrymmet och omgivningen som styr hur luften kommer att röra sig i ventilationsöppningarna. När en bil kör framåt bildas ”bogvåg” framför den, vilket innebär att luften separeras från bilen när den passerar över taket och längst sidorna. Luften ansluter igen längre bakåt. Detta visas i figur 1. Effekten av detta blir att det bildas områden med undertryck som är störst vid sidorna framme på bilen. Undertrycket minskar längs fordonet. Detta innebär i sin tur att luften kommer in i bilen bakifrån och rör sig framåt i bilen rörelseriktning.



Figur 1. Luftrörelser kring bilen under färd (Kettlewell & Mitchell, 1996).

När en transport står still drivs ventilationen enbart av naturlig konvektion, vilket medför att det krävs större ventilationsöppningar och minskad djurtäthet för att ett bra klimat ska kunna upprätthållas. Andra viktiga faktorer för ett bra klimat är transportsträcka, transporttid, utfodringens mängd och tidpunkt samt strö (Randall, 1993).

I Sällviks *et al.* (2004) studie kartlades luftrörelserna i djurutrymmet under körning i 80-90 km/h. Forskarna visade att luften gick ut genom de främre och in genom de bakre

ventilationsöppningarna längs bilens sidor. Ju längre bak längs långsidan öppningen var placerad, desto oftare fungerade delöppningarna som tilluftsdon. Man fann att tilluftströmmen var mycket tunn på insidan av väggen, vilket gav en ejektorverkan på luften i djurutrymmet. Den sögs mot öppningen för att sedan följa med luftströmmen längs väggen. Man observerade även en tydlig luftriktning framåt i bilens undre plan.

Djurhantering under transport

Det är väl känt att de människor som hanterar djuren har stor betydelse för djurens välbefinnande. Det finns studier som visar samband mellan skötarens beteende och grisarnas tillväxt. Djur med dålig erfarenhet av människor blir betydligt svårare att hantera, jämfört med djur med god erfarenhet. Ett djur associerar en dålig erfarenhet till människor i gemen, inte endast till den som vållat obehaget (Gaverink *et al.*, 1998c).

Både kommunernas tillsynsmyndigheter och Swedish Meats kontrollerar djurtransportbilarna. Transportörer av levande djur ska vara registrerade hos Jordbruksverket. Den registrerade transportören är ansvarig för transporten. Swedish Meats godkänner och kontrollerar alla sina transportörer. Transportören ansvarar för att djuren ges lämplig skötsel, att djuren inte utsätts för onödigt lidande och att godkända transportmedel används. Transportören är ålagd att utöva tillsyn över djuren under pålastning och avlastning samt varannan timme under transporten. Skadade eller sjuka djur, vars kondition inte medger transport, får inte tas med på bilen. De ska istället avlivas på gården (Swedish Meats, 2004).

Swedish Meats (2004) ställer krav på att djurtransportörer ska vara utbildade. De djurtransportföreningar, som Swedish Meats slutit avtal med, genomför utbildning framtagen av TYA (Transportfacken Yrkes- och Arbetsmiljönämnd). En för djurtransportörer speciellt framtagen bok, den så kallade TYA-handboken, används. Utbildningen av transportörer som påbörjades hösten 2001, sker i tre steg:

1. Regler och förordningar, TYA-handbok, viktiga djurhanteringssituationer
2. Etik, djurbeteende, lastnings- och lossningsteknik, tillsyn samt praktiska övningar
3. Kontrollinsatser/myndigheter, arbetsmiljö, kursprov.

Dödlighet under transport

Det finns en mängd forskningsrapporter som visar att transport av djur är en stressande procedur. I extrema fall kan stressen leda till dödsfall under transporten (Barton Gade & Christensen, 1996).

Mortaliteten under transporten varierar mellan 0,01 och 1 procent i olika EU-länder. Hög mortalitet är ofta kopplat till hög yttre temperatur, hög belägningsgrad och långa transporter (Statens offentliga utredningar, 2003).

Statistik i Sverige på årsbasis över åren 1988 till 2001 visas i tabell 6. Dödligheten sjönk successivt fram till i mitten av 1990-talet för att därefter stabiliseras kring 0,035 procent. En del av förklaringen bör vara avelsrelaterad, eftersom man avlat bort stresskänsliga grisar (med så kallad halothangen) (Christensen & Barton Gade, 1997; Sällvik *et al.*, 2004; Statens offentliga utredningar, 2003). I SOU 2003:6 kan man läsa att de svängningar som skett den senaste tioårsperioden har berott på sommarklimatet. Under åren 1992-2001 har mortaliteten under transport varierat mellan 0,022 och 0,037 procent. Varma somrar ökar riskerna i de bilar som används i Sverige, eftersom de svenska bilarna till skillnad från exempelvis de danska är anpassade till ett hårt vinterklimat. Under sommarmånaderna fördubblas dödligheten (Sällvik *et al.*, 2004).

Tabell 6. Dödligheten under transport i Sverige vid slakterier inom dåvarande Scan Farmek och nuvarande Swedish Meats (Statens offentliga utredningar, 2003)

År	Dödlighet %	År	Dödlighet %	År	Dödlighet %	År	Dödlighet %
1988	0,049	1992	0,025	1996	0,029	2000	0,037
1989	0,039	1993	0,022	1997	0,034	2001	0,032
1990	0,034	1994	0,027	1998	0,030		
1991	0,030	1995	0,030	1999	0,030		

Även Hails (1978) fann att det sker fler dödsfall under transport på sommaren än på vintern. Dödligheten stiger markant vid temperaturer över 18°C. Dödsfall under transport ökar även när höga temperaturer kombineras med hög luftfuktighet. Snabba växlingar i temperatur och fuktighet verkar ge ökad dödlighet. Dödligheten ökar även med längd och varaktighet av transporten.

Fler forskare har visat att den största påfrestningen på djuren är klimatet i bilen (Kettlewell *et al.*, 2001). I en studie har man kunnat belägga ett samband mellan sänkt dödlighet och förbättrad ventilation (Randall, 1996). I en annan studie visas att det inte finns något signifikant samband mellan den genomsnittliga tätheten av grisar i lasten och dödlighet under transport. Den huvudsakliga förklaringen till dödligheten var då frekvensen av halothangenen inom djurpopulationen (Barton Gade & Christensen, 1995).

I de flesta, men inte i alla, EU-länder har man genom avelshygieniska åtgärder avsevärt lyckats minska förekomsten av halothangenen i svinpopulationen, vilket minskar risken för akuta dödsfall under transport (Statens offentliga utredningar, 2003).

I en kartläggning, gjord mellan januari 2000 och maj 2004 av en besiktningveterinär vid ett medelstort slakteri i Sverige, registrerades transportdödlighet. Resultatet visade en tydlig tendens till att dödligheten ökade bland grisar som transporterats längre sträckor (se tab. 7) och då framförallt hos de grisar som lastats tidigt under transporten. Hög dödlighet beskrevs närmast som ett syndrom. Lång transportsträcka föregås ofta av lastning under stress eller lång tid. Sen utfodring och andra brister kan även bidra till den ökade dödligheten. Även dödligheten fördelad på olika månader över året registrerades. Resultaten visar på en topp under sommarmånaderna (se fig. 2) (Kristoffersson, 2004).

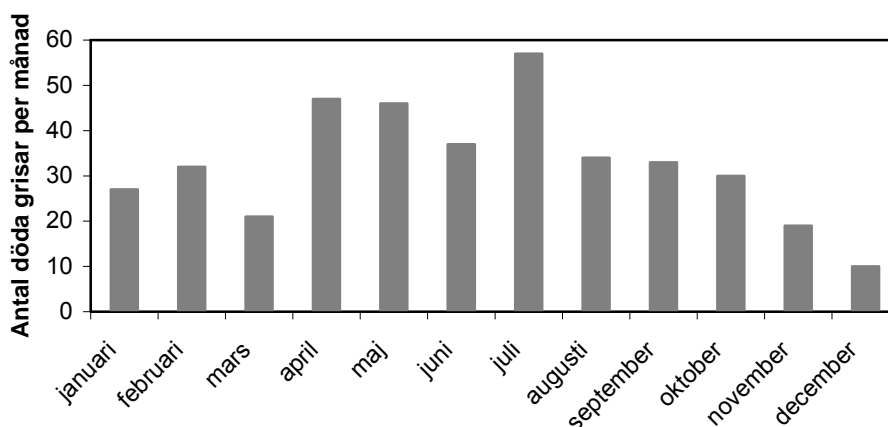
Tabell 7. Dödlighet i förhållande till transportsträcka (Kristoffersson, 2004)

Avstånd i mil	0 till 10	10 till 20	över 20	Totalt
Antal besättningar	189	113	36	338
Antal levererade grisar	484 090	173 207	303 084	960 381
Antal transportdöda grisar	72	91	271	434
Dödlighet (promille)	0.15	0.53	0.89	0.45

Djur får inte utsättas för onödigt lidande och får endast transporteras när de är lämpliga att transportera. Dödsfall under transport utgör ett stort djurskyddsproblem, såväl samlat som för den enskilda grisen. Det borde vara ett mål att dödlighet under transport inte ska överstiga den dödlighet som förekommer i ett välskött slaktsvinsstall. Kristoffersson efterlyser en skyldighet att rapportera dödligheten på transportbilarna, då han anser att företag och myndigheter tar för lätt på problemet med dödlighet under transport. Han föreslår leveransstopp från transportörer och producenter med besättningar med hög transportdödlighet, innan missförhållanden utretts och åtgärder vidtagits. En sådan utredning skulle, enligt veterinären, behöva omfatta hela transportkedjan. Utöver själva transporten bör man inrikta sig mot lastningsförhållanden i besättningen på gården (Kristoffersson, 2004).

Även Sällvik *et al.* (2004) påpekar att det saknas tillräckligt statistiskt underlag kring djur som dör i transport. De föreslår ett rapportsystem som redovisar; datum, tid, leverantör, uppfödningssystem, avlastningsrutiner, chaufför, bil, box, antal lastade djur i boxen, uppgifter om djuret självt samt inte minst väderleken.

Antalet grisar som dog under transport i Danmark sänktes efter det att mekanisk ventilation i bilarna gjorts obligatorisk (Nielsen, 1982).



Figur 2. Dödlighet på transport över året (Kristoffersson, 2004).

Tillsyn av djurtransporter

Djurskyddet under transport har visat sig vara kraftigt eftersatt på många håll i Europa. Skräckexempel har bland annat visats i TV. EU-kommissionen har lagt stor vikt vid att definiera och åtgärda problemen, både inom och utanför unionens gränser. Man har konstaterat att bristerna inte främst beror på lagstiftningen, utan på bristande tillsyn (Jordbruksverket, 2001).

Också tillsynen i Sverige är ett eftersatt, men angeläget, område. Tillsynen av djurtransporter försvåras av att djurskyddsinspektörerna inte känner till när transporterna sker. Det är även svårt att hinna ingripa innan transporten lämnat kommunen. Djurskyddsinspektörerna är dessutom beroende av polisens hjälp för att kunna stoppa en transport. Att tillsynen är eftersatt kan också bero på att tillsyn av fasta objekt prioriteras. Lagstiftningen om skydd av djur under transport upplevs ofta som komplicerad. Bristande kunskaper kan också vara en bidragande orsak till att denna typ av tillsyn inte prioriteras (Jordbruksverket, 2001).

Under sommaren 1998 tillsatte Jordbruksverket en arbetsgrupp med representanter från tillsynsmyndigheter, polisen och näringen. Transportprojektets syfte var att kartlägga djurskyddet avseende djurtransporter samt att höja tillsynskompetensen. Under åren 1999-2000 genomfördes projekten, som involverade såväl fältstudier som utbildning för inblandade parter. Resultaten har sammanställts i rapporten "Djurtransporter - Nationellt tillsynsprojekt om tillsyn av djurtransporter" (Jordbruksverket, 2001).

MATERIAL OCH METOD

Egna mätningar utfördes i samband med kommersiella slaktgristransporter mellan gårdar och slakteri. Transporterna styrdes av Swedish Meats, Kristianstad, utifrån lokala förhållanden. Även den använda transportbilens utformning var styrande.

Försöket har godkänts av Malmö/Lunds djurförsöksetiska nämnd.

Djurtransportbilen valdes ut av Swedish Meats och Slakteriernas Forskningsinstitut. Bilen utrustades med mätinstrument för att studera klimatet. Temperatur, luftfuktighet, koldioxid och solinstrålning registrerades.

Försöket genomfördes under juli år 2004. Mätningarna utfördes under fjorton körningar. Sju mätningar gjordes när mekanisk ventilation användes och sju med enbart naturlig ventilation. Varannan körning genomfördes med naturlig respektive mekanisk ventilation. Klimatutveckling registrerades under lastning, stillestånd, körning och urlastning.

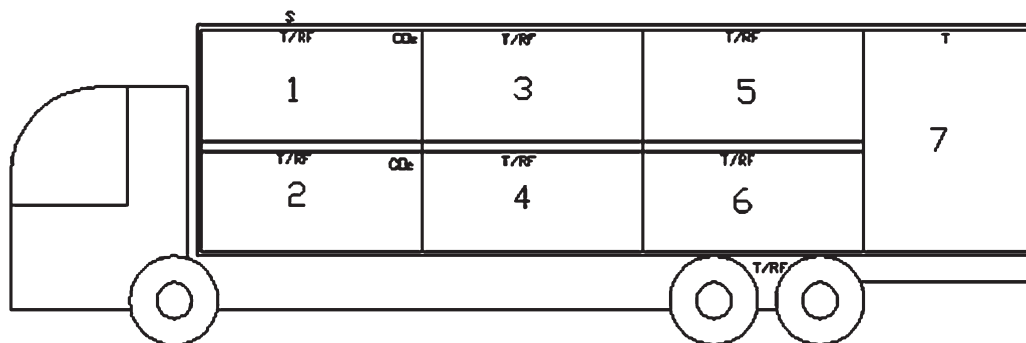
Mätningarna utfördes samtliga dagar när bilen körde grisar. Bilen användes även för transport av nötkreatur, vilket reducerade antalet möjliga mättillfällen.

Innan bearbetning uteslöts de fyra körningar som även transporterade suggor. Endast körningar med enbart slaktgrisar bearbetades, för att få så likartade förhållanden i bilen som möjligt.

Ett önskemål var att mätningarna skulle göras varma dagar under juli, men det var inte möjligt eftersom denna månad var den kallaste sedan år 1869 och den regnigaste sedan år 1928 enligt SMHI:s hemsida (2004). Under första veckan i augusti var det varmt och soligt i hela Skåne, men då användes bilen inte på grund av semester.

Mätinstrument

Innan försöket påbörjades utrustades bilen med hållare för instrumenten samt med kontakter (12 V) till koldioxidmätarna på Svabo Kaross & Hydraulservice AB i Kristianstad. Mätarnas placering visas i figur 3. Bilens fack numrerades efter den ordning som de fylls vid lastning. Numren kan utläsas i figur 3.



Figur 3. Skiss över lastfacken och mätinstrumentens placering på bilen. T/RF = Temperatur och luftfuktighet, T = Temperatur, CO₂ = Koldioxid, S = Pyranometer. Loggrarna för uteklimat placerades på båda sidor av bilen mellan de två hjulen.

Temperatur och luftfuktighet

Lufttemperatur och luftfuktighet registrerades med miniloggers av typen ”Tinytag Plus” (Gemini Data Loggers). De registrerade värden var trettionde sekund under ilastning, transport och urlastning. Enligt tillverkaren har loggern en mätsäkerhet på 0,6°C och 3 % RF. Innan mätningarna påbörjades, samt även inför den sista mätningen, kalibrerades loggrarna mot en precisionstermometer i ett rum med kontrollerat klimat. Loggrarna placerades centralt i taket i vart och ett av bilens fack samt två stycken under bilen för att mäta utomhusklimat. Loggern i fack 7 registrerade endast temperatur. Placering av givarna framgår ovan i figur 3.

Koldioxid

Koncentrationen av koldioxid mättes kontinuerligt under lastning, transport och avlastning med två Tinytag CO₂ (8 bit). Mätarna var placerade i fack 1 och fack 2 (se fig. 3). På grund av att det krävdes en elförsörjning till mätaren, kunde inte registreringar i fack 2 göras förrän fack 1 var upphissat. Mätaren i fack 2 monterades därför fast under pågående lastning, i samband med att fack 1 hissades upp och att fack 2 fylldes med grisar. Registreringar gjordes var trettionde sekund.

Solstrålningens intensitet

Solstrålningens intensitet mot horisontalplanet mättes kontinuerligt med en pyranometer av fabrikatet Kipp & Zonen (modell CM6), som varit placerad på skåpets tak (se fig. 3). Pyranometerns utsignal var 1,3 mV per 100 W/m². Denna signal är mycket låg, begränsningarna i mätningarnas upplösning har funnits i den minilogger (Tinytag Plus) som registrerar signalen. Loggern har en upplösning på 0,8 mV. Registreringar gjordes var trettionde sekund.

Kartläggning av luftrörelserna

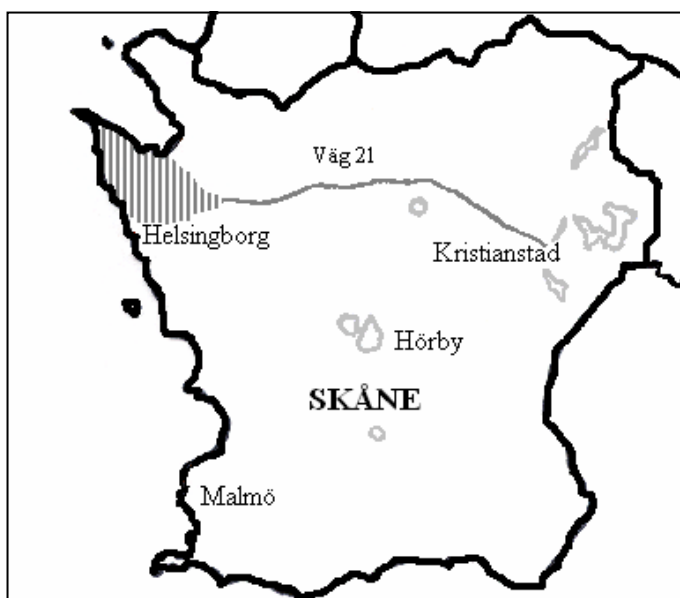
Rökampuller som alstrar rök av samma temperatur som omgivande luft användes för att följa luftens rörelser i djurutrymmet under körning utan djur. Ampullerna som användes var av typen Regin, RFA. I luftströmmarna mättes lufthastigheten med en varmtrådsanemometer (Alnor, GGA-65P).

Övriga registreringar

Vid varje lastning registrerades vindhastigheten ca 5 meter från bilen med en vinganeometer (Airflow LCA 6000). Torr och våt temperatur registrerades med en slungpsykometer. Andel moln uppskattades i procent av täckt himmel. Bilens placering i förhållande till omkringliggande byggnader och bilens riktning i förhållande till norr registrerades.

Djuren

Endast förhållanden vid bilens ordinarie körningar mättes. Grisarna hämtades från gårdar i nordvästra Skåne, Kullahalvön, (se fig. 4) och kördes via väg 21 till Swedish Meats slakteri i Kristianstad. Totalt hämtades 1 101 slaktgrisar från 18 gårdar.



Figur 4. Karta över upphämningsområdet och transportvägen till slakteriet i Kristianstad.

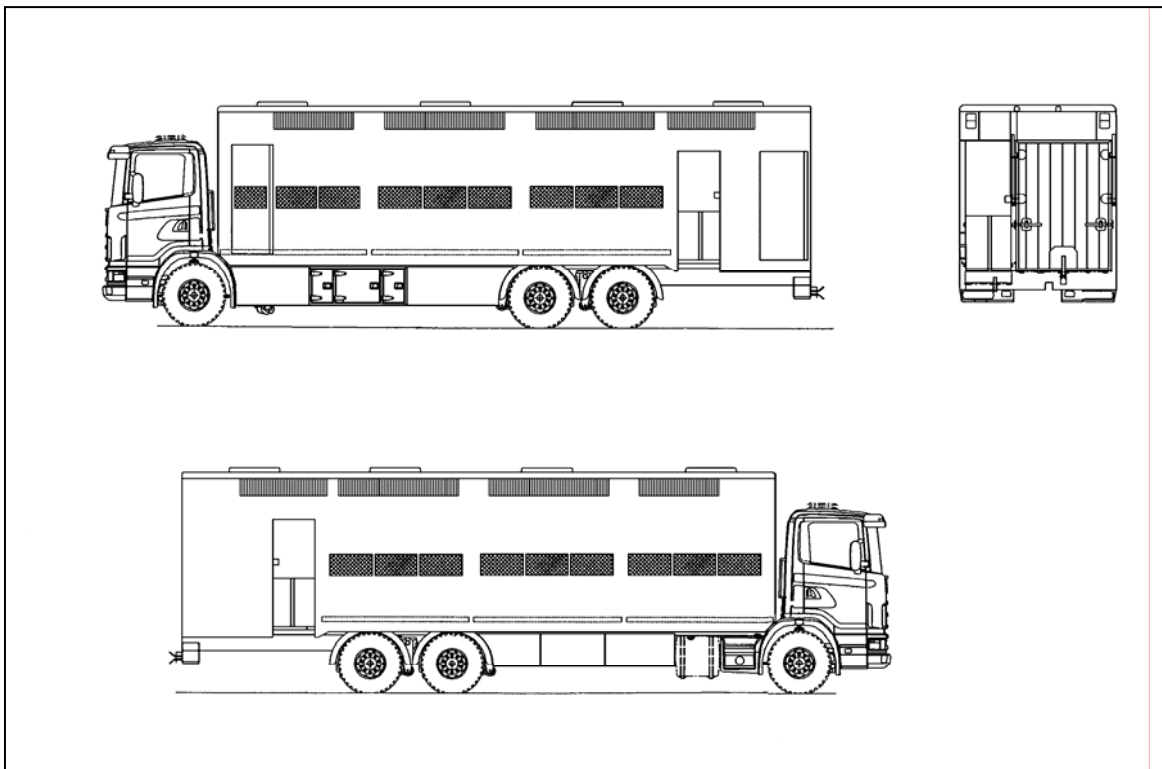
Grisarna kom från olika boxar i de olika stallen. Grisarna blandades i facken på bilen. I de fall då slaktgrisar från olika gårdar blandades i ett fack, gjordes en särskild anteckning om detta.

Djurtransportbilen

Chassi: Fordonets chassi har tre axlar och är av modellen Volvo FM12 med kort hytt, 5,6 m, 2003. Undermonterad dragbalk. Luftservo. Kryssförstärkt chassiram.

Skåpet: Skåpet är byggt år 2003 av Svabo Kaross & Hydraulservice AB i Kristianstad. Skåpets invändiga längd är 9 400 mm, dess invändiga bredd är 2 500 mm och dess invändiga höjd är 2 400 mm. Takhöjden i de övre facken är 1 130 mm och i de undre facken 1 170 mm. Takhöjden i fack 7 är 2 400-2 500 mm. Bottnen är uppbyggd av stålprofiler och 30 mm Plywood samt UBO båspallsmatta. Två stycken trappsteg bak (utgör golvet i fack 7). Framstam och sidor är byggda av hålprofiler med 2 mm Elox aluminiumplåt utvändigt och 3 mm aluminiumplåt invändigt. Belysningen, fyra lampor, är infälld i framstammen. Taket är utfört i sandwichkonstruktion. Isolering i väggarna består av 25 mm frigolit. Sidor, framstam och hjälpram har blåstrats, grundmålat och lackerats. Blåa, röda och gula stripes har, enligt standard från Swedish Meats, målats på skåpet.

Ventilationsöppningar: På varje långsida finns det tio stycken gallerförsedda (sträckplåt) öppningar upptill med måtten 300 x 600 (h x l) och nio nät-försedda ventilationsöppningar nedtill med måtten 340 x 680 (h x l). Ventilationsluckorna är uppbyggda av 3 mm aluminiumplåt upptill och nertill under planen av 2 mm aluminiumplåt. Luckorna nertill är 350 mm höga. Alla luckor är utrustade med rostfria gångjärn och lås, de utvändiga luckorna öppnas uppåt. Det fanns även två stycken ventilationsluckor fram, ovanför hytten, som styrs med motordrift från hytten. Dessa öppnas inåt. På taket finns fyra stycken öppningsbara luckor.



Figur 5. Exteriörer av djurtransportbilen.



Figur 6. Djurtransportbilen som användes i projektet med tillkopplat släp.

Dörrar och portar: Kolämnen är placerad bak till höger och är av aluminiumplank med ribbgummimatta och lättmetallrevlar. De fällbara sidolämmarna består av 12 mm plywood. Innedörrarna består av stålprofiler klädda med 3 mm aluminiumplåt. Kolämnen är hydrauliskt uppfällbar. Den är 2 200 mm hög och är utrustad med sidostöd. Bilen är utrustad med två lastningsluckor, en bak till vänster om kolämnen med horndörr och dubbeldörrar och en bak vid sidan om kolämnen. Gångdörren är placerad fram på höger sida.



Figur 7. Djurtransportbilens vänstra sida med 7 st mekaniska fläktar, en för varje fack.

Utrustning: Bilen är utrustad med sju stycken fläktar, 24 V/2,8 A rpm 2900 (se fig. 9), monterade på ventilationsöppningarna på vänster sida (se fig. 7). I taket sitter två stycken frånluftsfläktar. Bilen är även utrustad med ett sprinklersystem kopplat till en 60 l vattentank.



Figur 8. Djurtransportbilen invändigt, grisar lastade i fack 1 och fack 2. Fack 3 nersänkt.

Inredning: Skåpet delas in i fack med 12 stycken mellangrindar av aluminiumrör med stolpe i mitten. De är öppningsbara på en sida. Grindarna är fästa mellan stolpe och vägg. De höj- och sänkbara planen består av tre stycken 2500 x 2500 mm stora sektioner. Planen höjs och sänks med vajerlinor och hydraulkolv i taket. Golvet är belagt med rampmatta. Avståndet är 1200 mm från golv till första låsklacken.

Ventilation

Ventilationsöppningar för naturlig ventilation finns i skåpet. Total area (brutto) på långsidorna är 5,9 m², vilket motsvarar 14 procent av golvarealen. Om takluckor och luckorna i framstammen inkluderas, motsvarar den totala öppna ytan 20 procent av golvytan. Dessa luckor hölls dock stängda under försöket. Samtliga luckor längs med långsidorna var öppna under samtliga mätningar.



Figur 9. Fläkt på ovanvåningen inifrån, diameter 29,4 cm, 2 900 rpm.

De sju fläktarna har en ytterdiameter på 294 mm. Fläktbladens diameter är 255 mm. Kapaciteten på de tre undre fläktarna uppmättes vid stillastående bil till 1 138 m³/h, 1 199 m³/h respektive 1 139 m³/h. Mätningarna gjordes i en mätkanal (320 mm diameter) placerad på sugsidan av fläktarna. Lufthastigheten genom kanalen bestämdes i ett gitter (4 punkter) med hjälp av en varmtrådsanemometer. Enligt produktbladet är kapaciteten på fläktarna 1 100 m³/h vid 0,2 kPa. Fläktarna är temperaturstyrda med hjälp av en kännare som är placerad en meter ovanför golvet i framstammen i fack 2 och startas när temperaturen överstiger 20°C. Fläktarna kan även styras manuellt från hytten. De två fläktarna som sitter i taket på skåpet användes inte under någon av de körningar då mätningar gjordes.

Genomförande

Enligt Shütte *et al.* (1996b) är det viktigt att alla händelser och vägförhållanden från början till slutet av transporten registreras samt tidpunkten då de inträffade. Exempelvis så ska väglag, städer, kurviga vägar, stopp och accelerationer registreras. Shütte *et al.* (1996b) understryker även vikten av att synkronisera klockorna på samtliga instrument. Under de tio transporter från Kullahalvön till Kristianstad registrerades väglag, skarpa kurvor, stopp samt körhastighet.

Överföring av registrerade data från logger till PC har skett med programmet Easy View 5. All data har sedan bearbetats i Microsoft Excel.

Transportörens lastningsrutiner

Transportören kontakter lantbrukaren senast dagen innan hämtning och meddelar vilken tid han kommer. När bilen anländer till gården, backar transportören mot det stall där lastning ska ske. Om kolämnen eller sidolämnen används beror på stalllets placering och antalet grisar som ska lastas. Drivskiva av trä används för att mota på grisarna, vid bedömt behov används en elpåfösare. Vid lastningens början är samtliga plan i djurutrymmet nedsänkta. Lastningen påbörjas genom att fack 1 (längst fram, uppe) fylls med grisar. Därefter hissas detta fack upp. Sedan fylls fack 2 (under fack 1 på nedre planet). Fack 3 lastas och hissas upp, fack 4 (under fack 3 på nedre planet) fylls och så vidare till och med fack 7. Därmed är bilen full och lämmen till bilen stängs. Under den tid släpet lastas kan lämmen lämnas öppen under varma dagar.

Lastningstiden registrerades per fack från det att första grisen som ska lastas i facket klivit upp på bilen tills det att fackets grindar stängts.

Genomförda körningar

I försöket registrerades data för tio genomförda transporter. Körning 1-5 genomfördes med enbart naturlig ventilation och körning 6-10 genomfördes med mekanisk ventilation. Under samtliga körningar registrerades koldioxid, temperatur, luftfuktighet och solinstrålning. I tabell 8 kan utläsas total tid för hela körningen, total tid då bilen står stilla (stopptid) samt tid för lastning.

Tabell 8. Total tid för hela körningen, total tid då bilen står stilla (stopptid) samt tid för lastning för genomförda körningar (x = släpet lastades via bilen, tidtagning kunde ej genomföras)

Körning	Datum	Gård 1, kl	Slakteri, kl	Total tid	Kör tid	Stopp tid	Last. Bil	Last. släp
1	08-jul	06:36	09:56	03:20	01:34	01:46	00:50	00:17
2	13-jul	06:29	09:11	02:42	01:17	01:25	00:32	00:16
3	14-jul	10:24	13:41	03:17	01:31	01:46	00:44	x
4	16-jul	06:03	08:20	02:17	01:14	01:03	00:19	00:25
5	21-jul	06:15	09:15	03:00	00:50	02:10	00:34	00:55
6	06-jul	06:14	10:49	04:35	01:47	02:48	01:01	00:41
7	15-jul	05:49	09:47	03:58	02:00	01:58	01:02	00:15
8	16-jul	09:45	12:20	02:35	01:26	01:09	00:21	00:42
9	20-jul	07:04	11:03	03:59	01:13	02:46	01:24	00:52
10	21-jul	11:44	14:34	02:50	01:31	01:19	00:33	00:20

Grisarna i bilen

I tabell 9 kan utläsas hur många grisar som lastats i respektive fack samt totalt. I de fack där antalet anges med fetstil har grisar från olika gårdar blandats.

Tabell 9. Antalet stopp samt antalet djur på bil och släp vid genomförda körningar. I de fack där antalet anges med fetstil har grisar blandats från olika gårdar

Körning	Stopp	Fack 1	Fack 2	Fack 3	Fack 4	Fack 5	Fack 6	Fack 7	Bil	Släp
1	2	17	16	17	16	16	16	12	110	75
2	2	16	16	17	16	16	16	12	109	76
3	1	17	16	16	16	16	16	13	109	76
4	1	17	16	17	16	16	16	12	110	77
5	2	17	16	17	16	16	16	12	110	72
6	3	17	16	17	16	17	17	12	112	78
7	4	17	16	16	16	16	17	12	111	77
8	1	17	16	17	16	16	16	12	110	77
9	1	17	16	17	16	16	16	12	110	75
10	1	17	16	17	16	16	16	12	110	76

I de fack som hissas upp lastas oftast 17 slaktgrisar. I de undre facken lastas oftast 16 stycken. I det bakre facket (nr 7) lastas vanligen 12 slaktgrisar. Transportören kan ha olika antal grisar i facken beroende på den genomsnittliga leveransvikten leverantören har enligt slakteriet. Den normala djurtätheten i transportbilen beräknades till 0,37 m²/gris på ovanvåningen och 0,39 m²/gris för djuren på undervåningen och i fack 7.

Jordbruksverket kräver enligt SJVFS 2000:133 0,36 m²/100 kg gris alternativt högst 305 kg gris per m².

Golvytan i fack 1-6: 2,5 m x 2,5 m = 6,25 m²

Golvytan i fack 7: 2,5 m x 1,9 m = 4,75 m²

RESULTAT

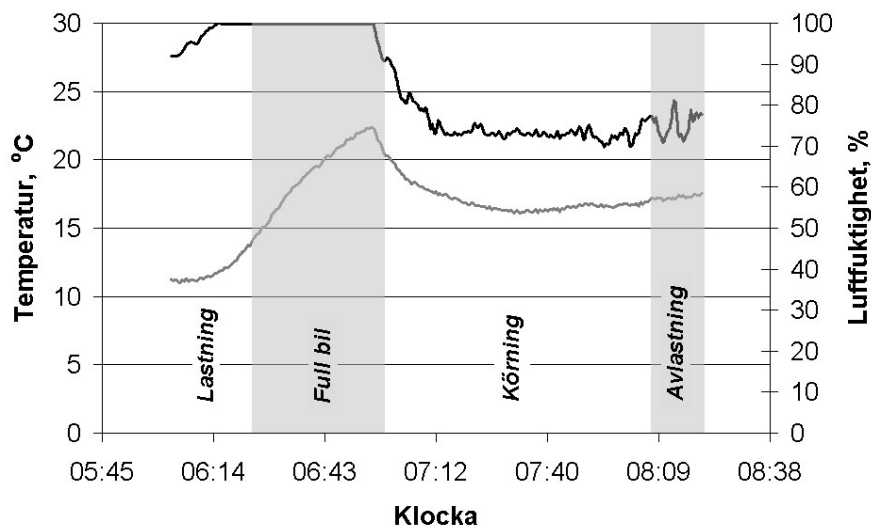
Resultaten presenteras i tre delar. Först för naturlig ventilation (körning 1-5), därefter för mekanisk (körning 6-10) och sist en jämförelse mellan dessa två. Bearbetningen har skett med utgångspunkt från transportens olika moment; lastning, stillestånd (med full bil), körning samt avlastning.

Naturlig ventilation

Samtliga resultat från mätningarna vid körning 1-5 redovisas i tabell 10 och illustreras i figur 10 – 13 som visar de typiska förhållandena för temperatur, relativ fuktighet, koldioxid samt temperaturfördelning i djurutrymmet.

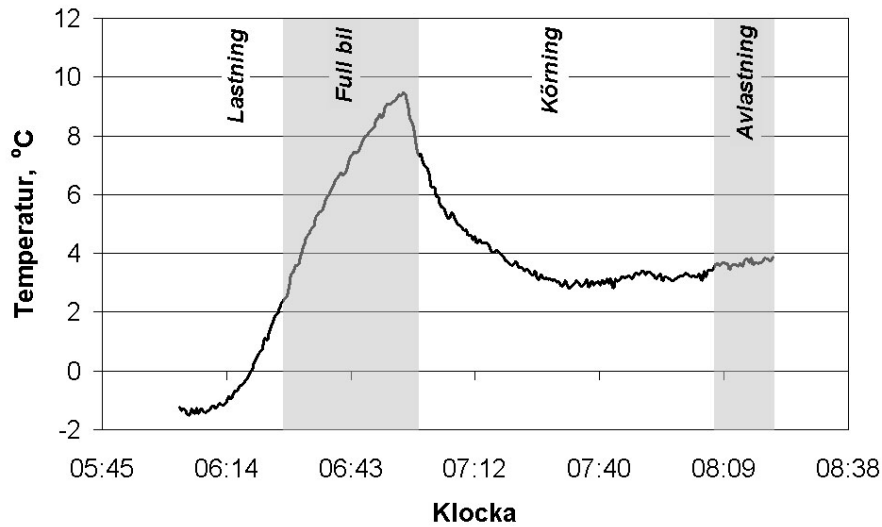
Temperatur, luftfuktighet och koldioxid

Ett typiskt förlopp på lufttemperatur och luftfuktighet under lastning, körning och urlastning visas i figur 10. Temperaturen stiger med ca 12°C under lastning. Luftfuktigheten stiger snabbt till 100 %. När transportbilen börjar köra sjunker temperaturen ca 5°C för att därefter anta ett stabilt värde. Luftfuktigheten sjunker ca 25 procentenheter och antar därefter ett stabilt värde. När bilen stannar vid slakteriet ökar lufttemperatur och luftfuktighet.



Figur 10. Lufttemperatur och luftfuktighet medeltal i bilen under körning 4, naturlig ventilation. Svart linje = luftfuktighet.

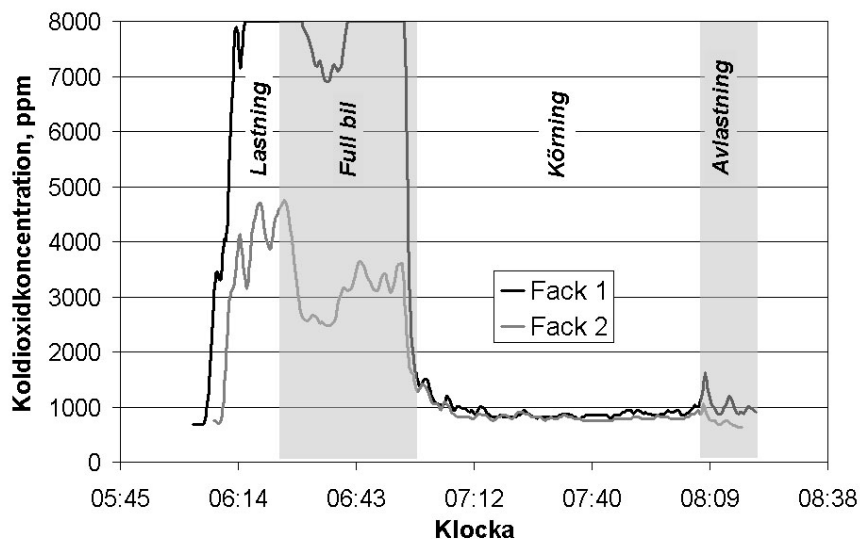
Skillnaden mellan lufttemperaturen inne i transportbilen och utanför ökar ca 10°C under lastning. Under körningen minskar temperaturskillnaden med ökad körhastighet. När bilen stannar vid slakteriet ökar skillnaden igen.



Figur 11. Temperaturskillnad mellan inne- och uteluft under körning 4, naturlig ventilation.

Koldioxidkoncentrationen följer samma mönster som temperatur och luftfuktighet. Vid lastning ökar koncentrationen snabbt. På ovanvåningen stiger koncentrationen till 8 000 ppm, vilket är maxvärde för mätarna.

Koncentrationen ligger mellan 3 000 och 4 500 ppm lägre på undervåningen. När bilen börjar köra, sjunker koldioxidkoncentrationen till 600-700 ppm i båda våningarna. När bilen stannar vid slakteriet ökar återigen koncentrationen, något snabbare på ovanvåningen än på undervåningen (se fig. 12).

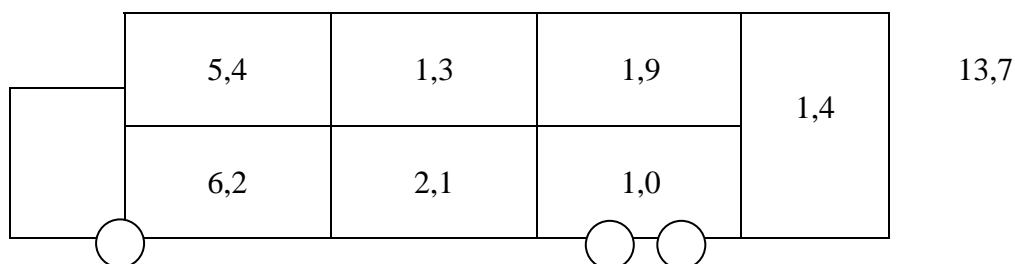


Figur 12. Koldioxidkoncentrationen under körning 4, naturlig ventilation. Observera att mätaren inte kan registrera värden som är högre än 8 000 ppm.

Temperaturfördelning i bilen

Bearbetning av insamlad data över temperatur, luftfuktighet och koldioxid visar stora skillnader såväl mellan olika punkter inuti bilen som mellan transportens olika moment.

Under körningarna med naturlig ventilation är det i medeltal $13,7^{\circ}\text{C}$ utomhus. I skåpet är det betydligt varmare i de två främre facken än i de övriga. I figur 13 visas temperaturskillnaderna i medeltal för samtliga transporter med naturlig ventilation.



Figur 13. Medelvärde temperaturskillnad mellan punkter i skåpet och utetemperatur under transporter med naturlig ventilation (samtliga transporter, alla moment).

Tabell 10 visar bearbetade data över temperatur, luftfuktighet och koldioxid under de olika momenten för körningar med naturlig ventilation. Temperaturen förändras såväl horisontellt som vertikalt under transportens olika moment.

Under lastningen ligger temperaturen $0,24^{\circ}\text{C}$ högre på det övre än på nedre våningsplanet. Det är betydligt varmare, upp till $3,4^{\circ}\text{C}$, längst fram i bilen, i facken 1 och 2, än i de övriga facken. När bilen är fullastad ökar skillnaderna ytterligare och är då $4,7^{\circ}\text{C}$ högre längs fram, i facken 1 och 2. Temperaturskillnaden mellan planen minskar något till $0,16^{\circ}\text{C}$ högre på det övre planet.

Temperaturskillnaden mellan inne- och uteluft är som störst när bilen är fullastad, medeltal $4,7^{\circ}\text{C}$.

Under körningen ändras och ökar temperaturskillnaderna mellan våningarna och ligger $0,54^{\circ}\text{C}$ högre på det nedre planet. Skillnaden minskar marginellt mellan fram och bak i bilen och ligger i de främre facken $4,4^{\circ}\text{C}$ högre än i de bakre.

Generellt gäller att lufttemperaturen ligger något lägre i den undre våningen (i facken 2, 4 och 6) än i den övre (facken 1, 3 och 5) under stillestånd, men att förhållandena förändras under körning. Det är varmast fram i bilen (fack 1 och 2). Temperaturökningen äger framförallt rum under stillestånd. Under körningen sjunker temperaturen och ligger mer stabilt.

Koldioxidkoncentrationen ligger högre på det övre planet än på det nedre. Skillnaden är som störst när bilen var fullastad och stod stilla.

Beräkningar för transportmomentet; stillestånd med fullastad bil, kunde inte göras vid två mätningar av fem, i och med att släpet lastades före bilen vid dessa tillfällen.

Tabell 10. Bearbetade data över lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxid för körningar med naturlig ventilation

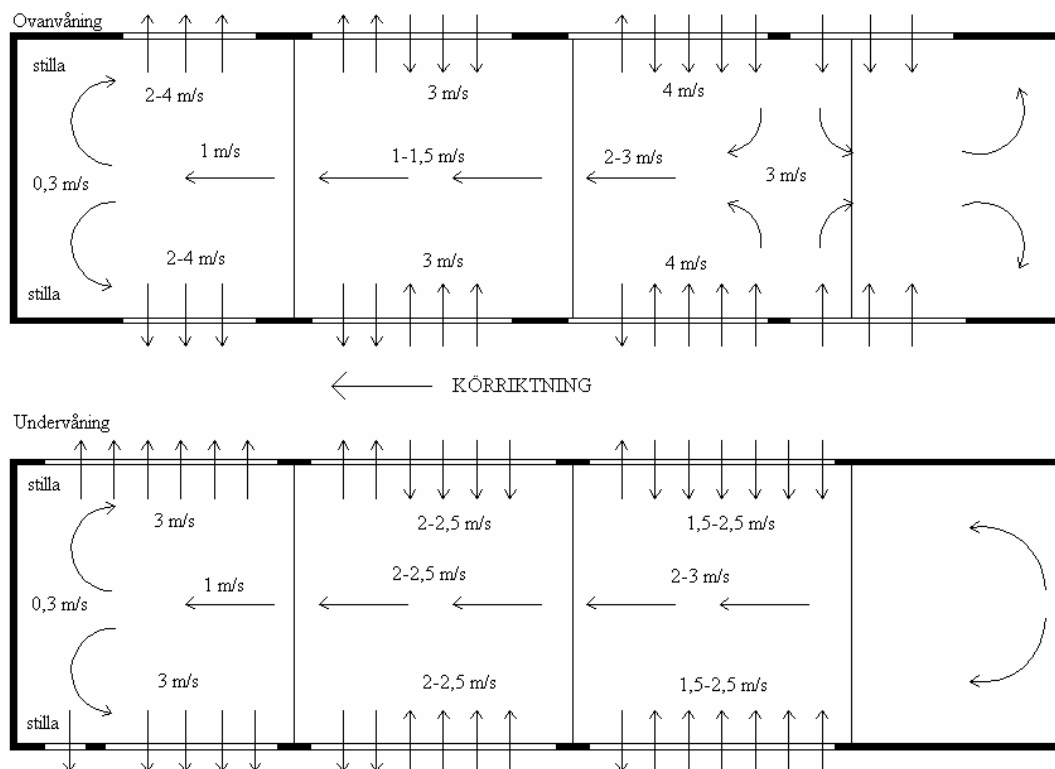
	T ute °C	T inne °C	Δ T °C	Fack 1 °C	Fack 2 °C	Fack 3 °C	Fack 4 °C	Fack 5 °C	Fack 6 °C	Fack 7 °C	RF ute %	RF inne %	Δ RF %	CO ₂ fack ppm	CO ₂ 1fack 2 ppm	CO ₂ med ppm
Lastning																
Medel	13,3	14,2	0,8	16,7	16,4	13,1	13,6	13,6	12,7	13,0	80	90	9,3	2806	1649	2148
Max	15,4	18,2	3,8	21,8	22,3	18,3	17,9	17,6	15,4	16,3	100	100		8000	4706	6353
Min	12,2	10,2	-2,4	10,4	11,8	7,4	10,2	9,7	10,1	8,7	66	62		565	533	565
Stdav	1,2	2,4	1,6	3,5	3,2	3,2	2,2	2,5	1,5	2,2	12,0	11,6	12,3	2197	998	1509
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Full bil																
Medel	13,0	17,6	4,7	20,9	21,1	16,4	16,6	16,8	15,9	15,9	87	97	9,8	3630	1726	2678
Max	14,0	21,8	8,9	25,8	24,5	22,5	19,4	22,0	21,2	19,5	100	100		8000	4737	6369
Min	12,7	13,7	1,0	17,5	15,3	13,0	12,6	12,7	11,7	12,2	60	88		941	659	816
Stdav	0,4	1,5	1,4	2,0	1,9	2,3	1,4	1,9	2,2	1,5	15,3	3,4	18,1	2886	1163	2004
Antal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Körning																
Medel	14,1	17,1	3,0	19,9	21,4	15,4	16,6	16,2	15,1	15,3	67	73	6,7	1030	856	943
Max	16,4	22,4	9,5	26,5	24,8	23,5	20,0	23,0	22,2	20,2	100	100		8000	3608	5804
Min	12,6	14,7	0,6	16,6	18,5	12,7	14,0	13,3	12,5	13,2	47	59		690	627	659
Stdav	1,3	1,2	1,6	1,7	1,1	1,6	1,1	1,4	1,3	1,2	13,4	8,4	9,3	875	333	599
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Avlastning																
Medel	14,4	16,9	2,6	18,8	20,8	15,2	16,3	16,0	15,2	16,3	73	77	4,0	951	752	852
Max	16,8	18,2	4,6	20,8	22,5	16,5	18,6	17,8	16,6	18,4	100	91		1820	1255	1490
Min	13,1	15,0	0,9	17,2	18,8	13,0	14,3	14,1	13,1	13,9	55	66		596	596	596
Stdav	1,5	0,9	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,3	16,6	7,5	10,2	213	146	165
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Luftrörelser i bilen utan djur

Luftrörelserna i bilen utan djur, med naturlig ventilation, kartlades under körning på motorväg vid en hastighet på ca 90 km/h.

Luftrörelserna i grisarnas vistelsezon visas i figur 14. I den övre våningens främre fack (1 och 3) går luften framåt. I fack 5 går luften både framåt och bakåt. I det bakersta facket (fack 7) vänder luften, från den övre våningen mot väggen och ner under till de undre facken. I ventilationsöppningarna längs bilens sidor går luften ut i de främsta facken (fack 1 och 2) och in genom de bakre (fack 5 och 6). I mittöppningarna går

luften både ut och in, se figur 14. De inåtgående luftströmmarna varierar mellan 1,5 och 2,5 m/s, de utåtgående mellan 2 och 4 m/s. De luftströmmar som går i bilens mitt varierar mellan 1 och 3 m/s. Längst fram i fack 1 och 2 är lufthastigheterna väldigt låga (0,3 m/s).



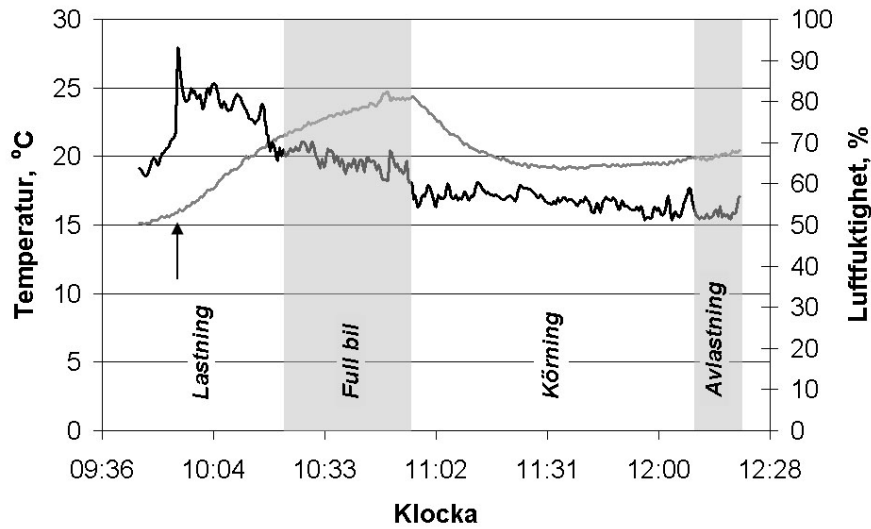
Figur 14. Luftrörelser under körning med naturlig ventilation.

Mekanisk ventilation

Samtliga resultat från mätningarna vid körning 6-10 redovisas i tabell 11 och illustreras i figur 14 – 17 som visar de typiska förhållandena för temperatur, relativ fuktighet, koldioxid samt temperaturfördelning i djurutrymmet.

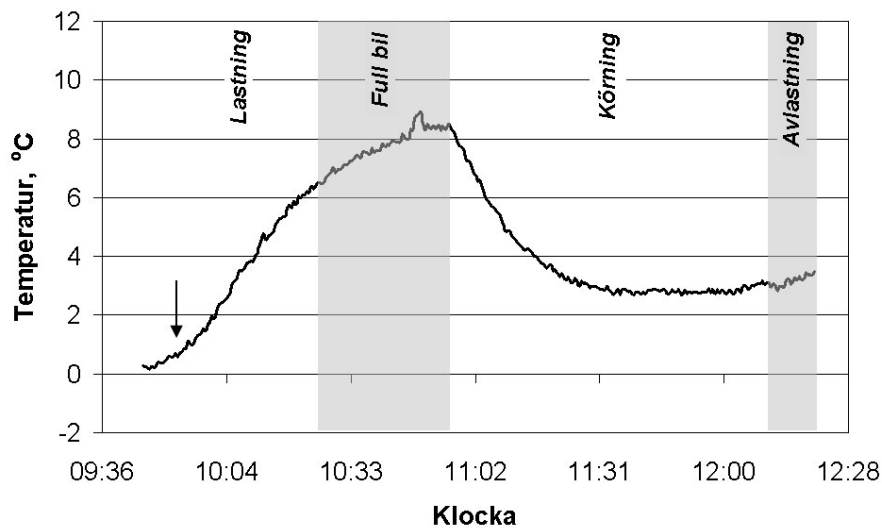
Temperatur, luftfuktighet och koldioxid

Ett typiskt förlopp för lufttemperatur och luftfuktighet under lastning, körning och urlastning visas i figur 15. Temperaturen stiger långsamt med ca 10°C under lastning. Luftfuktigheten stiger snabbt till 90 % under lastning för att sedan sjunka något när fläktarna går igång. När bilen börjar köra sjunker temperatur och luftfuktigheten något och antar mer stabila värden. När bilen stannar vid slakteriet, ökar lufttemperatur och luftfuktighet något.



Figur 15. Lufttemperatur och luftfuktighet under körning 9, mekanisk ventilation. Svart linje = luftfuktighet. ↑ visar när fläkten startar.

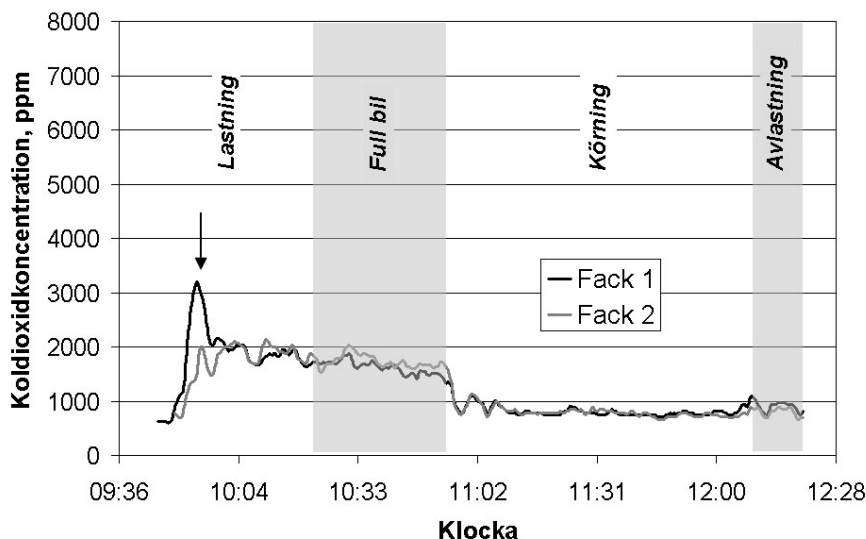
Temperaturskillnaden mellan lufttemperaturen inne i transportbilen och utanför ökar ca 8°C under lastningen. När fläktarna startar ökar temperaturskillnaden något långsammare. Under körningen minskar temperaturskillnaden med ökad hastighet. När bilen stannar vid slakteriet ökar skillnaden igen. Detta illustreras i figur 16.



Figur 16. Temperaturskillnad mellan inne- och utluft under körning 9, mekanisk ventilation. ↑ visar när fläkten startar.

Koldioxidkoncentrationen följer samma mönster som temperatur och luftfuktighet. Vid lastning stiger koncentrationen snabbt. På ovanvåningen stiger koncentrationen till en nivå som ligger ca 2 500 ppm högre än den på undervåningen. När fläktarna startar sjunker koldioxidkoncentrationen till strax under 2 000 ppm i båda våningarna. Under

körningen sjunker koldioxidkoncentrationen ytterligare, till 600-700 ppm i båda våningarna (se fig. 17). När bilen stannar vid slakteriet ökar återigen koncentrationen, snabbare på ovanvåningen än på undervåningen.

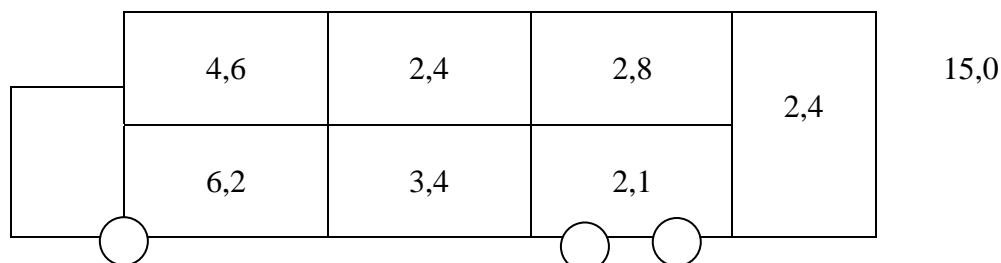


Figur 17. Koldioxidkoncentrationen under körning 9, mekanisk ventilation. ↑ visar när fläkten startar.

Temperaturfördelning i bilen

Bearbetning av insamlad data över temperatur, luftfuktighet och koldioxid visar stora skillnader såväl mellan olika punkter inuti bilen som mellan transportens olika moment.

Under körningarna med mekanisk ventilation var det i medeltal 15,0°C utomhus. Det var betydligt varmare i de två främre facken än i de övriga. I figur 18 visas temperaturskillnaderna i medeltal för samtliga transporter med mekanisk ventilation.



Figur 18. Medelvärde på temperaturskillnad mellan punkter i skåpet och utetemperatur under transporter med mekanisk ventilation (samtliga transporter, alla moment).

Tabell 11 visar bearbetade data över temperatur, luftfuktighet och koldioxid under de olika momenten för körningar med mekanisk ventilation. Temperaturen förändras såväl horisontellt som vertikalt under transportens olika moment.

Under lastningen ligger temperaturen $0,97^{\circ}\text{C}$ högre på det övre än på nedre våningsplanet. Det är betydligt varmare, upp till $3,4^{\circ}\text{C}$, längst fram i bilen, i facken 1 och 2, än i de övriga facken. När bilen är fullastad förändras temperaturskillnaderna mellan de olika mätpunkterna i bilen. Temperaturen ligger då $0,13^{\circ}\text{C}$ högre på det nedre planet och $2,4^{\circ}\text{C}$ högre längs fram i facken 1 och 2. Att skillnaden mellan facken 1 och 2 och resten av bilen minskar beror på att fläktarna startar. Temperaturskillnaden mellan inne- och uteluft är som störst när bilen är fullastad, medeltal $5,7^{\circ}\text{C}$.

Under körningen ökar temperaturskillnaderna mellan våningarna och ligger $1,6^{\circ}\text{C}$ högre på det nedre planet. Skillnaden ökar även mellan fram och bak i bilen och ligger i de främre facken $3,8^{\circ}\text{C}$ högre än i de bakre.

Generellt gäller att lufttemperaturen ligger något högre i den undre våningen (i facken 2, 4 och 6) än i den övre (facken 1, 3, 5). Det är varmast fram i bilen. Temperaturökningen sker framförallt under lastning. Under körningen sjunker temperaturen och ligger mer stabilt.

Koldioxidkoncentrationen ligger något högre på det övre planet än på det nedre. Skillnaderna minskar dock när fläktarna går i gång.

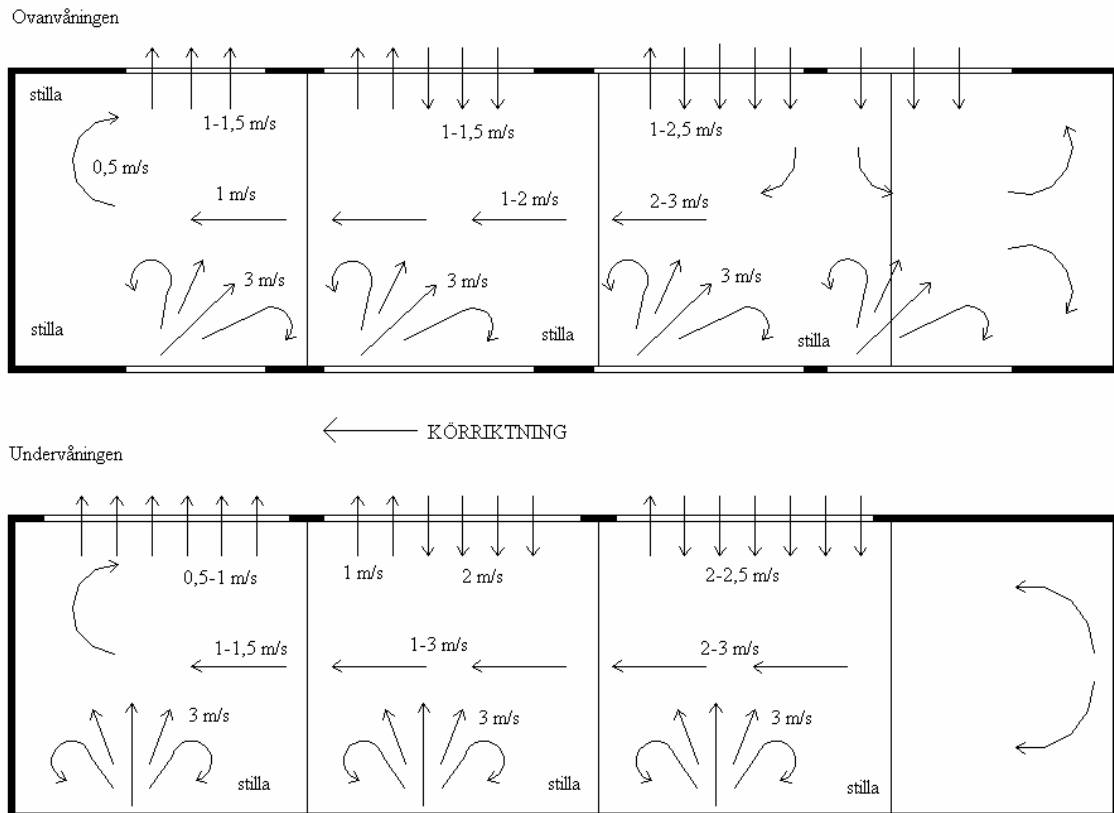
Tabell 11. Bearbetade data över lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxid för körningar med mekanisk ventilation

	T	Δ T	Fack	Fack	Fack	Fack	Fack	Fack	Fack	Fack	RF	RF	Δ RF	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	ute	inne	1	2	3	4	5	6	7	ute	inne			fack 1	fack 2	med
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%	%	%		ppm	ppm	ppm
Lastning																
Medel	14,2	15,1	0,9	17,8	17,3	14,3	14,6	14,6	12,9	14,3	89	93	1,3	1975	1535	1715
Max	16,5	19,3	4,8	22,8	22,6	18,9	19,4	19,1	17,5	18,1	100	100		5239	2792	4016
Min	12,0	11,0	-2,9	11,8	11,1	10,0	10,4	11,1	9,8	11,7	55	62		596	565	345
Stdav	1,1	2,1	2,0	2,9	3,2	2,3	2,6	1,8	1,9	1,5	12,9	9,6	6,5	882	425	635
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Full bil																
Medel	15,2	20,9	5,7	22,6	22,5	20,1	20,8	20,2	20,0	19,8	78	82	2,5	1639	1667	1653
Max	17,7	24,7	8,9	25,9	24,6	24,6	23,8	25,7	24,9	23,3	100	100		2698	5937	4847
Min	13,1	16,5	2,9	19,6	18,8	15,6	16,7	15,6	13,7	14,0	50	61		784	1224	1192
Stdav	1,7	1,8	1,5	1,8	1,3	2,1	1,7	2,2	2,3	2,1	17,1	12,8	7,7	281	409	283
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Körning																
Medel	15,3	19,1	3,9	21,0	22,7	17,5	19,2	18,1	17,9	17,5	69	73	2,3	919	879	899
Max	18,2	24,3	8,5	26,2	25,3	24,6	24,0	25,3	24,6	22,9	100	100		2824	2071	2212
Min	13,2	16,3	2,3	17,2	19,7	14,1	15,8	14,4	14,0	14,2	37	51		627	627	376
Stdav	1,7	2,0	1,3	2,4	1,3	2,4	2,0	2,4	2,3	2,2	21,0	16,4	7,7	251	244	237
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Avlastning																
Medel	15,4	19,1	3,7	20,2	22,5	17,6	19,0	18,3	17,7	18,1	66	72	4,6	951	800	876
Max	18,3	23,2	4,9	25,5	25,3	23,2	22,3	23,3	21,5	21,9	93	97		1443	1192	1224
Min	13,3	17,2	2,7	16,6	20,0	15,3	16,7	16,2	15,1	16,0	42	51		627	565	612
Stdav	1,8	1,9	0,6	2,7	1,6	2,5	1,6	2,2	1,5	1,9	16,3	15,9	6,5	194	169	174
Antal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Luftrörelser i bilen utan djur

Luftrörelserna i bilen, utan djur, med mekanisk ventilation kartlades under körning på motorväg vid en hastighet på ca 90 km/h.

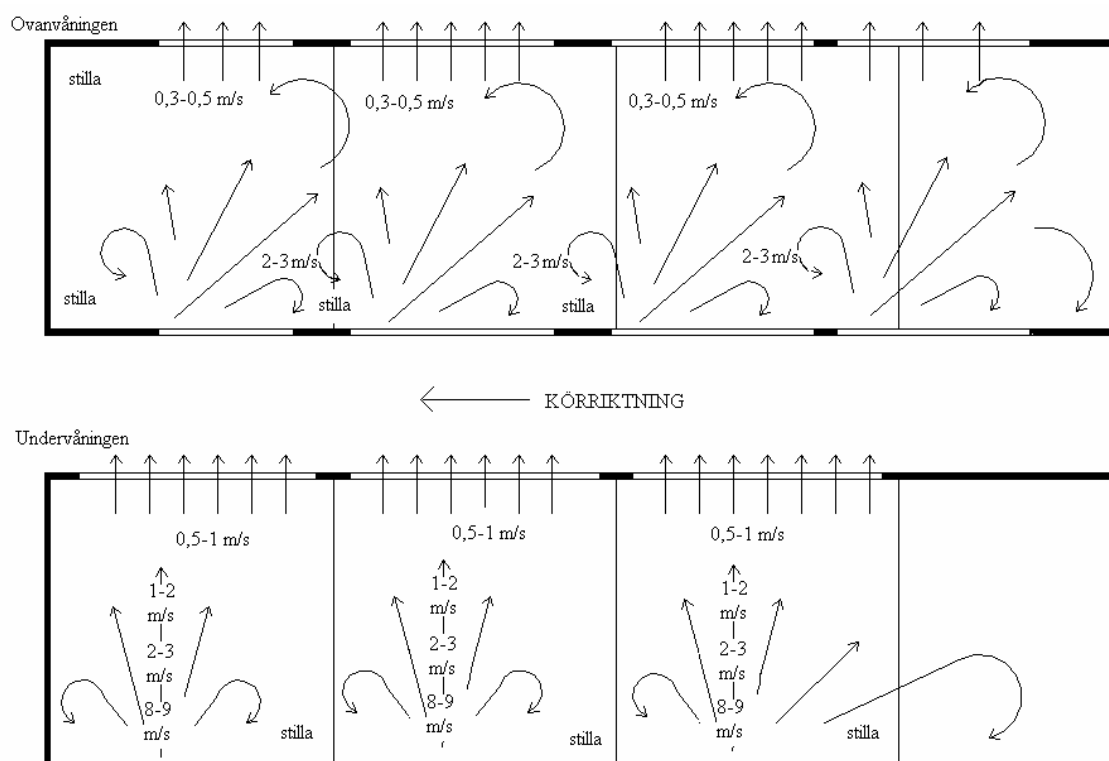
Luftrörelserna i grisarnas vistelsezon visas i figur 19. På bilens vänstra sida, där fläktarna sitter ser det ut på samma sätt som när bilen står stilla, med den skillnaden att luftströmmarna bara går till mitten av bilens bredd. På bilens högra sida går luften ut i de främre öppningarna och in genom de bakre, precis som med den naturliga ventilationen, dock med en något lägre hastighet (0,5-2 m/s). De luftströmmar som går framåt i bilens mitt avtar från 3 m/s till 1 m/s. Längst fram, i fack 1 och 2, var lufthastigheterna väldigt låga (max 0,3 m/s).



Figur 19. Luftrörelser under körning med mekanisk ventilation. Körriktning till vänster.

Luftrörelserna i bilen utan djur, med mekanisk ventilation, kartlades även vid stillastående bil.

Det är väldigt små skillnader i luftrörelserna mellan de olika facken på vardera våningen, men stora skillnader mellan våningarna. Detta beror på gallret som sitter för fläktarna. På ovanvåningen är det sträckmetall framför fläktarna (se fig. 9) som styr luften åt sidan. Fläktarna blåser in luft med en hastighet på 6-8 m/s. Efter 0,5 m avtar hastigheten till 3 m/s. I mitten på bilen är lufthastigheten 2-3 m/s. När luft som kommit in på ena sidan av bilen blåser ut på andra har den en hastighet mellan 1 och 1,5 m/s. Luften som fläktarna blåser in formar sig som en kon. Detta gör att det närmast väggen under fläktarna är nästan helt vindstilla. När luftströmmarna krockar med en vägg eller med varandra så svänger de av i bågar, ejektorverkan. Luftrörelserna visas i figur 20.



Figur 20. Luftrörelser i bilen vid stillastående med mekanisk ventilation. Körriktning till vänster.

Jämförelse av klimatförhållanden utan och med mekanisk ventilation

För att jämföra klimatutvecklingen i djurutrymmet under de olika körningarna med varandra har temperaturökningen per minut under lastning beräknats. Lastningen har delats upp i olika moment på samma sätt som under bearbetade temperaturer.

Som kan utläsas av tabell 12 påverkas temperaturökningen kraftigt av hur det blåser utomhus. I medeltal var temperaturökningen för naturlig respektive mekanisk ventilation 0,09 respektive 0,10°C/minut. Om man inte tar med körning 3 och 5, då vinden påverkat resultatet ser det helt annorlunda ut. Med naturlig ventilation blir då temperaturökningen 0,21°C/minut, att jämföra med 0,10°C/minut med mekanisk ventilation.

Tabell 12. Temperaturökning under lastning och stillastående fullastad bil (Körning 1-5 med naturlig ventilation och körning 6-10 med mekanisk ventilation)

Körning	Vind m/s	°C/min	R ²	Period- längd	°C/min lastning	R ² lastning	Period- längd lastning	°C/min full bil	R ² full bil	Period- längd full bil
1	1,4	0,12	0,96	67 min	0,11	0,96	50 min	0,15	0,95	17 min
2	2,5	0,10	0,96	32 min	0,10	0,96	32 min	x	x	x
3	11,0	0,04	0,93	54 min	0,04	0,93	54 min	x	x	x
4	0,5	0,22	0,97	44 min	0,14	0,83	19 min	0,28	0,97	25 min
5	11	0,04	0,98	89 min	0,05	0,95	34 min	0,04	0,92	55 min
6	3	0,07	0,99	61 min	0,07	0,97	80 min	0,05	0,92	41 min
7	2,3	0,08	0,96	77 min	0,08	0,95	62 min	0,09	0,95	15 min
8	1,2	0,15	0,96	63 min	0,15	0,93	21 min	0,14	0,97	42 min
9	0,1	0,09	0,99	136 min	0,10	0,98	84 min	0,08	0,98	52 min
10	3,8	0,08	0,96	53 min	0,10	0,94	33 min	0,06	0,62	20 min

Luftflöde

Luftflödet har beräknats på två olika sätt, dels utifrån temperaturskillnad och värmebalansberäkning, dels utifrån koldioxidkoncentration och koldioxidbalansberäkning. Luftflödet beräknades vid två av transportens moment; stillastående full bil och under körning. Med antagandet att värdena ligger som stabilast efter så lång tid i stillastående som möjligt, användes vid beräkningarna vid full bil de sista tio minuterna innan körning. För att beräkna motsvarande värden under körning användes de sista tio minuter på motorväg (ca 90 km/h).

Beräkningar av luftflödet under transport grundas på en enkel värmebalansberäkning för skåpet (ekvation 7).

$$P_s - P_{\text{trans}} = q \cdot \Delta T \cdot c_p \quad (\text{W}) \quad (7)$$

där

P_s = fri värmeavgivning, W/gris

P_{trans} = transmissionsförluster från golv, väggar och tak i skåpet, W

q = luftflöde genom skåpet, m³/timme · gris

ΔT = temperaturskillnad mellan skåp och omgivande luft, °C

c_p = luftens specifika värmekapacitet, 0,3 Wh/m³, °C

Förutsättningar för beräkningarna:

Skåpets area för transmissionsförluster 102,25 m²

Värmeegenomgångskoefficient, U-värde 1,24 W/m²·°C (uppskattat)

Skåpets nettovolym 48,2 m³

Grisarnas totala värmeproduktion har antagits till 172W/100 kg och den fria värmeavgivningen till 90W/100kg vid 24°C enligt Kettlewell (2003) och sedan

anpassats efter beräkningar gjorda av Sällvik (2003). Värmeavgivningen har sedan anpassats efter rådande temperatur. Resultatet av dessa beräkningar visas i tabell 13.

Vid full bil beräknades luftflödet till 9 070 m³/timme i medeltal vid körningar med naturlig ventilation och till 8 660 m³/timme i medeltal vid körningar med mekanisk ventilation. Under körning beräknades luftflödet till 40 480 m³/timme i medeltal vid körningar med naturlig ventilation och till 16 580 m³/timme i medeltal vid körningar med mekanisk ventilation. Resultaten från beräkningarna med naturlig ventilation är mycket osäkra då temperaturen inte är stabil i skåpet, se vidare under diskussionsavsnittet.

Tabell 13a. Luftflöde och luftväxling i skåpet beräknat enligt värme- och fuktbalans och vid stillastående bil (Körning 1, 4, 5 med naturlig ventilation och körning 6-10 med mekanisk ventilation)

Körning	T ute °C	T inne °C	ΔT °C	Antal grisar 115 kg	P _{trans} W	P _s W/gris	P _s W	Luftflöde		Luft- växling oms /h	Mek. vent.* m ³ /h
								totalt g m ³ /h	per gris g m ³ /h		
Full bil											
1	13,9	18,8	4,9	110	618	146	16071	10600	96	220	0
4	12,9	20,7	7,8	110	993	146	16071	6400	58	133	0
5	12,6	17,7	5,1	110	642	146	16071	10200	93	212	0
6	13,2	21,1	7,9	112	1003	146	16363	6500	58	135	8100
7	15,2	20,5	5,3	111	671	146	16217	9800	88	203	8100
8	15,7	23,8	8,1	110	1030	146	16071	6200	56	129	8100
9	17,6	23,2	5,6	110	706	146	16071	9200	84	191	8100
10	13,3	17,8	4,5	110	567	146	16071	11600	105	241	8100

* uppmätt vid stillastående bil

Tabell 13b. Luftflöde och luftväxling beräknat efter värmeproduktion under körning (körning 1-5 med naturlig ventilation och körning 6-10 med mekanisk ventilation)

Körning	T ute °C	T inne °C	ΔT °C	Antal grisar 115 kg	P _{trans} W	P _s W/gris	P _s W	Luftflöde		Luft- växling oms/h	Mek. vent.* m ³ /h
								totalt g m ³ /h	per gris g m ³ /h		
Körning											
1	16,2	16,9	0,7	110	90	146	16071	74900	681	1554	0
2	13,1	17,3	4,2	109	536	146	15925	12100	111	251	0
3	15,8	16,6	0,8	109	98	146	15925	68400	628	1419	0
4	13,4	16,7	3,2	110	408	146	16071	16200	147	336	0
5	13,1	14,8	1,7	110	218	146	16071	30800	280	639	0
6	13,3	17,2	4	112	502	146	16363	13400	120	278	8100
7	15,3	17,9	2,5	111	319	146	16217	21000	189	436	8100
8	16,7	19,5	2,8	110	354	132	14499	16900	154	351	8100
9	18,2	21,7	3,6	110	455	132	14499	13000	118	270	8100
10	14,2	17	2,8	110	356	146	16071	18600	169	386	8100

* uppmätt vid stillastående bil

Luftflödet beräknades efter uppmätta halter av koldioxid i djurutrymmet (ekv. 8).

$$q = \text{CO}_2 \text{ producerad} / (\text{CO}_2 \text{ uppmätt} - \text{CO}_2 \text{ ute}) \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (8)$$

där

$$\text{CO}_2 \text{ producerad} = P_{\text{tot}} \cdot 0,163 \quad (1 \text{ CO}_2/\text{h}) \quad (1)$$

$\text{CO}_2 \text{ uppmätt}$ = Registrerad koldioxidkoncentration, ppm

$\text{CO}_2 \text{ ute}$ = 340 ppm

Vid full bil beräknades luftflödet till 1 010 m³/timme i medeltal vid körningar med naturlig ventilation och till 2 640 m³/timme i medeltal vid körningar med mekanisk ventilation. Under körning beräknades luftflödet till 7 750 m³/timme i medeltal vid körningar med naturlig ventilation och till 7 300 m³/timme i medeltal vid körningar med mekanisk ventilation. Se tabell 14. Dessa resultat ligger betydligt lägre än de beräknade efter värmebalansen, se vidare under diskussionsavsnittet.

Tabell 14a. Luftflöde och luftväxling beräknad efter koldioxidbalans stillastående bil (Körning 1, 4, 5 med naturlig ventilation och körning 6-10 med mekanisk ventilation)

Körning	CO ₂	Antal grisar	P _{tot}	P _{tot}	CO ₂ prod	Luftflöde		Luftväx- ling	Mek. vent.*
	uppmätt					totalt	per gris		
	ppm	115 kg	W/gris	W totalt	l/h	$\frac{\text{g}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{g}}{\text{m}^3/\text{h}}$	oms/h	m ³ /h
Full bil									
1	3319	110	176	19300	315150	1058	10	22	0
4	5666	110	176	19300	315150	592	5	12	0
5	2610	110	176	19300	315150	1388	13	29	0
6	1272	112	176	19700	320880	3442	31	71	8100
7	1468	111	176	19500	318020	2820	25	58	8100
8	1604	110	176	19300	315150	2493	23	52	8100
9	1735	110	176	19300	315150	2259	21	47	8100
10	1778	110	176	19300	315150	2192	20	45	8100

* uppmätt vid stillastående bil

Tabell 14b. Luftflöde och luftväxling beräknad efter koldioxidkoncentration vid körning (körning 1-5 med naturlig ventilation och körning 6-10 med mekanisk ventilation)

Körning	CO ₂	Antal grisar 115 kg	P _{tot} W/gris	P _{tot} W totalt	CO ₂ prod l/h	Luftflöde		Luftväx- ling oms/h	Mek. vent.* m ³ /h
	uppmätt ppm					totalt m ³ /h	per gris m ³ /h		
Körning									
1	688	110	186	20500	3340600	9604	87	199	0
2	793	109	186	20300	3310200	7308	67	152	0
3	829	109	186	20300	3310200	6769	62	140	0
4	846	110	186	20500	3340600	6598	60	137	0
5	735	110	186	20500	3340600	8459	77	176	0
6	752	112	186	20900	3401400	8253	74	171	8100
7	866	111	186	20700	3371000	6410	58	133	8100
8	759	110	176	19300	3149900	7514	68	156	8100
9	781	110	176	19300	3149900	7137	65	148	8100
10	809	110	186	20500	3340600	7129	65	148	8100

* uppmätt vid stillastående bil

DISKUSSION

Alla de reaktioner grisar visar vid transport är inte lika lätta att bedöma. Värmestress är relativt enkelt att mäta genom registrering av kroppstemperatur, antal hjärtslag och hässjning. Uppskattning av värmestress kan göras genom att registrera djurens termiska närmiljö. Grisarnas upplevelser av smärta och obehagliga situationer är svårare att mäta. Grisar är nyfikna djur och vill utforska nya miljöer. Förflyttning i sig bör inte vara något problem, om grisarna får gå i sin egen takt och i sin egen grupp. Däremot kvarstår slagsmål, ovarsam hantering och åksjuka som problem. Det finns mycket lite forskning om hur grisar upplever smärta. Grisar är tåliga och tjockhudade djur och deras känslighet i huden kan troligen inte jämföras med människors. Grisar har dock ett lika välutvecklat nervsystem som människor.

Försöksuppläggning och mätningar

Studiens huvudfråga; om fläktventilation ger mindre risk för värmestress under varma dagar, kan besvaras med ja. Det gäller speciellt när transporten lastas och är stillastående. I ett vidare perspektiv saknas emellertid svar på en hel del frågor om hur djur reagerar och hur de påverkas under transport. Dessa frågor kan endast besvaras och undersökas direkt i produktionen. Om försök i laboratoriemiljö hade varit möjliga, hade man var för sig kunnat konstanthålla många av de i realiteten påverkande faktorerna och därmed fått fram tydligare resultat. De många och komplext samverkande faktorerna gör detta arbetes avgränsning till en begränsning, eftersom det inte går att fånga in allt vid samma tillfälle. Jämförelserna blir inte heller hållbara över tid eftersom faktorerna förändras. Exempel på sådana betydelsefulla och samverkande faktorer är geografiskt läge, transportsträckor, temperatur- och vindförhållanden, tider för i- och urlastning, djurhantering, grisarnas storlek och metabolism och transportbilens utrustning. Denna slutsats bekräftas av flera forskare bland annat Kettlewell *et al.* (2001) och Christensen (2003). Kunskaper om den termiska miljön vid transporter kan således inte byggas upp på annat sätt än genom att lägga resultat till resultat till varandra. För det andra är formen för examensarbetet för begränsad för att kunna göra tillräckligt många upprepade experiment och därmed bidra med avgörande bitar till det större kunskaps pusslet. För det tredje försvårade klimatet, de kalla sommarmånaderna juni och juli 2004, möjligheten att fullt ut kunna besvara de för studien aktuella frågorna.

Mätningarna av utetemperaturen i denna studie blev inte rättvisande i och med att temperaturloggern placerats fel. Uppgifter om utetemperaturen har istället hämtats från SMHI. Loggern var placerad under bilen, syftet med detta var att undvika att den skulle utsättas för regn och direkt solbestralning. Istället kom den att påverkas av avgasernas värme. Detta problem går dock att undvika om termometern är placerad fram på eller ovanpå bilen skyddad av en kåpa. Den kan även vara placerad i ett rör för att inte påverkas av annat än just ute temperaturen (Christensen muntligt, 2004). Analysen visade att temperaturen konstant låg ca 5°C högre än kontrollmätningarna på utetemperaturen. Detta berodde på att mätaren också mätte den värme avgaserna alstrade. En slutsats blir därför att termometern inte ska placeras under bilen för att mäta utetemperatur. För att undvika liknande problem vid kommande mätningar bör termometern placeras fram på eller ovanpå bilen, men skyddas av en kåpa eller placeras i ett rör för att inte påverkas av annat än just utetemperaturen.

En annan slutsats från detta arbete är att det inte är meningsfullt att mäta klimatet i hela transporten enbart under körning. Man måste också kunna göra mätningarna i enskilda fack. Annars medför de stora tidsskillnaderna som grisarna vistas i transporten att enbart temperaturskillnaderna inne i skåpet inte ger tillräckligt relevant information. Temperaturskillnaderna, främst under själva lastningen, är därmed nödvändiga att ta med för att kunna få en rättvisande bild av hur klimatet påverkar grisarna under transporten.

Temperatur vid lastning och stillestånd

Det är väl känt sedan tidigare studier (Randall, 1996) att det är när transporten står stilla som problemen med stigande och höga temperaturer är som störst. Det är rimligt att anta att grisarna under lång tid blir hårt utsatta för såväl värmestress som social stress och att slagmålen därmed förlängs. Det ökar i sin tur skador på grisarna och påverkar köttkvaliteten (Hall & Bradshaw, 1998).

Denna studie bekräftar problemen med stigande och höga temperaturer när transporten står stilla. Temperaturen inne i skåpet stiger både med naturlig och mekanisk ventilation. Den stiger långsammare och planar snabbare ut vid mekanisk ventilation. Nackdelen med mekanisk ventilation är dock att den bullrar.

Skillnaden i temperatur inne i transportbilen och utanför ökar mer vid naturlig ventilation än vid mekanisk. Vid mekanisk ventilation är temperaturökningen dessutom långsammare. Oavsett typ av ventilation minskar temperaturskillnaden under körningen och med ökad körhastighet (se tab.12). Det visar att mekanisk ventilation har störst betydelse vid stillestånd.

När det blåser kraftigt utomhus påverkas, vid stillastående, temperaturökningen både vid naturlig och mekanisk ventilation. När det blåser över 10m/sek kan ingen skillnad i temperaturökning mellan naturlig och mekanisk ventilation uppmätas. Vid låga vindhastigheter uppmättes dock en dubbelt så snabb temperaturökning vid naturlig som vid mekanisk ventilation (se tab.12).

Resultaten visar att temperaturen under lastning stiger snabbare och till en högre temperatur vid naturlig ventilation än vid mekanisk. Temperaturen kan stiga med $0.21^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i en stillastående fullastad bil vid naturlig ventilation om vindhastigheten är låg. Det betyder att temperaturen i en fullastad bil som står stilla i 30 minuter kan öka från 20°C till drygt 26°C . Med mekaniska fläktar visar resultaten att temperaturen stiger med $0.10^{\circ}\text{C}/\text{min}$, vilket ger en ökning från 20 till 23°C om bilen står stilla fullastad i 30 minuter. Mekaniska fläktar förbättrar alltså den termiska närmiljön för grisarna under lastning samt vid stillastående fullastad bil.

Resultaten visar att det vid lastningen är betydligt varmare, $3,4^{\circ}\text{C}$, i de två främre facken än i de övriga, vare sig naturlig eller mekanisk ventilation används. Den högre temperaturen kan ha att göra med att djuren i dessa fack lastas först. De skulle därmed kunna avge så mycket värme att det påverkar temperaturen i dessa fack, som direkt under lastningen kommer att bli högre än i övriga fack. Dessa hypoteser skulle kunna testas experimentellt. Resultaten kan av mätningarna i facken 1 och 2, i jämförelse sinsemellan, uppfattas som motstridiga. Samtidigt som koldioxidkoncentrationen är högre i fack 1 är temperaturen högre i fack 2. Detta skulle eventuellt kunna bero på att

värme från motorn och växellåda ger effekter som tidigare inte observerats. Även denna hypotes skulle vara möjlig att testa i fortsatta experiment. Sådana experiment skulle kunna utvisa hur stor påverkan motor och växellåda har samt vilka effekter den medför.

Tider för lastning

En viktig erfarenhet från detta arbete är betydelsen av tiden för pålastningen. I denna studie har konstaterats att tiderna för pålastning skiljer sig radikalt mellan olika producenter (se tab. 8). Enligt Swedish Meats rekommendationer är det producenternas ansvar att se till att grisarna som ska slaktas ska vara sorterade och märkta för att ilastningen ska gå snabbt och smidigt. Så sker oftast. Men det händer att arbetet påbörjas först när lastbilen är på plats.

Tiderna för lastning varierade stort mellan olika producenter. Att lasta själva bilen med 110 djur tog mellan 19 och 84 minuter. Att lasta mellan 75-78 djur på släpet tog mellan 15 och 55 minuter. Om transporten görs från en och samma gård och om producenten är så långsam som de längsta tiderna för pålastningen i såväl bilen som släpet visar, betyder det att den första gruppen grisar (lastade i fack 1) behöver stå på den stillastående bilen i över två timmar.

I och med att lastningstiderna varierar stort, är det rimligt att utgå från att dess samband med grisarnas välbefinnande inte uppmärksammats av producenterna i tillräckligt hög grad. Det vore önskvärt om Swedish Meats i utbildningar eller på annat sätt informerade producenterna om syftet med sina riktlinjer och konsekvenserna av att de inte efterlevs. Liknande tankegångar har uttryckts av veterinär Jan Kristoffersson (1994).

Sällvik *et al.* (2004) och Christensen och Barton Gade (1995) har visat att grisarnas termiska miljö är som mest kritisk i det fack som är längst ner längst fram. I och med att detta fack lastas tidigt blir alltså djuren där extra utsatta. Även i denna undersökning visar det sig att grisarnas termiska miljö är sämst i facket längst fram på nedre våningen (fack 2).

Urlastningen tog mellan 3-8 minuter och var väl organiserad av slakteriet. Den korta tiden samt att urlastningslämmarna öppnas gör att temperaturen inte hinner öka.

Temperatur under körning

Under körning med såväl naturlig som mekanisk ventilation sjunker temperaturen och ligger stabilare än vid lastning och stillestånd. Dock ökade temperaturskillnaderna mellan våningarna och låg något högre på det nedre planet. Skillnaderna minskade marginellt, i jämförelse med lastningen, mellan fram och bak i bilen. Inga större effekter på temperaturen kunde observeras av mekanisk ventilation under körning.

Mätningarna av utetemperaturen i denna studie blev inte rättvisande i och med att temperaturloggern placerats fel. Uppgifter om utetemperaturen har istället hämtats från SMHI. Loggern var placerad under bilen, syftet med detta var att undvika att den skulle utsättas för regn och direkt solbestrålning. Istället kom den att påverkas av avgasernas värme. För att undvika liknande problem vid kommande mätningar bör termometern

placeras fram på eller ovanpå bilen, men skyddas av en kåpa eller placeras i ett rör för att inte påverkas av annat än just utetemperaturen.

Luftfuktighet

Resultaten visar att luftfuktigheten har ett medelvärde på 97 % vid naturlig ventilation, när bilen är fullastad vid stillestånd. Vid mekanisk ventilation ligger motsvarande medelvärde på 82 % (se tab. 10 och 11). Det visar att fläktarna hjälper till att transportera bort fukt från bilen, vilket minskar risken för värmestress.

Enligt Randall (1993) är den relativa luftfuktigheten inte särskilt betydelsefull för grisar, under något moment av transporten, vid temperaturer under 30°C. Generellt kan den relativa fuktigheten stiga till 95 % utan problem. Sällvik *et al.* (2004) har dock visat att grisarnas värmestress förstärks redan när den relativa luftfuktigheten är 80 % vid temperaturer över 21°C.

Forskarna är eniga om att en hög relativ luftfuktighet vid höga temperaturer utgör en risk för grisarnas välbefinnande. Skillnaden i uppfattning om vilka grader av luftfuktighet och av temperatur som är att betrakta som godtagbara respektive skadliga är dock påfallande stora. Så länge skillnaderna i uppfattningar består förefaller det klokt att ta fasta på Sällviks *et al.* uppgifter och tillämpa försiktighetsprincipen vid bedömningen av riskerna för värmestress.

Koldioxid

Koldioxidkoncentrationen stiger snabbt vid lastning, både med naturlig och mekanisk ventilation. När bilen var fullastad och stillastående gick, vid naturlig ventilation, mätaren ”i taket” på 8 000 ppm. Vid mekanisk ventilation gick, i motsvarande situation, värdet upp till 2 000 ppm (se fig. 12 och 17). Detta visar att luftflödet är betydligt större vid mekanisk ventilation. Under körning kunde dock inte någon större skillnad uppmätas. Enligt Randall (1993) bör inte koldioxidkoncentrationen överstiga 3 000 ppm vid minimiventilation. En tänkbar orsak till höga värden av koldioxidkoncentration kan möjligen också sammanhånga med långa lastningstider i kombination med ökande stress.

Luftflöden och luftrörelser

När bilen stod stilla och den mekaniska ventilationen kartlades, konstaterades att de mekaniska fläktarna verkligen satte ”snurr på luften” (se fig. 20). Det gick endast att observera små skillnader i luftrörelserna mellan de olika facken på vardera våningen, men stora skillnader mellan våningarna. Vissa mindre utrymmen i skåpet hamnar dock i lä och nås inte av luftströmmen från tilluftsfläktarna.

Under körning gick det inte att observera några större skillnader i lufthastigheten mellan naturlig och mekanisk ventilation. Däremot konstaterades att luften rörde sig på skilda sätt (jmf. fig. 14 och 19). Fläktarna påverkar således inte lufthastigheten i djurutrymmet nämnvärt under färd.

Resultaten av uträkningarna av luftflöden, baserade på värmebalansberäkningar, är troligen tillförlitliga. Det går att se tydliga skillnader mellan naturlig och mekanisk ventilation vid stillastående full bil. Vid naturlig ventilation och stillastående full bil hade dock inte temperaturen i bilen helt hunnit stabiliseras vid två av körningarna (1 och 4). Därmed hann inte heller temperaturskillnaden att stabiliseras, vilket innebär att dessa värden endast kan ses som ungefärliga värden som är lägre än det faktiska luftflödet. Det ungefärliga resultatet kan dock inte hänföras till något räknefel. Resultaten av mätningarna under körning blev som förväntat närmast likvärdiga mellan naturlig och mekanisk ventilation.

Vid uträkning av luftflödet med hjälp av koldioxidkoncentrationen, blev resultaten förvånande låga i förhållande till värmebalansberäkningen. Denna skillnad kan inte heller avvisas som endast mät- eller räknefel. Koldioxidmätarna visade korrekta värden. Tänkbar orsak till resultaten är en variation i koldioxidkoncentration i bilen. Koldioxiden mättes endast i fack 1 och 2. Utgångspunkten var att medelvärdet av resultaten för dessa två fack skulle gälla som medelvärde för hela bilen. Men skillnaderna mellan fack 1 och fack 2 var markanta. Det kan tyda på att det fanns skillnader mellan samtliga fack. Troligen hade en mätning av koldioxidkoncentrationen i samtliga fack gett mer rättvisande resultat. Uträkningarna är dock korrekt gjorda. Resultat visar, trots allt, samma genomgående tydliga tendens att det blir ett betydligt högre (ca 3 ggr) luftflöde med mekanisk ventilation i jämförelse med naturlig ventilation vid stillastående full bil.

Tydligast illustreras detta i figur 17, där man ser en tydlig sänkning av koldioxidkoncentrationen när fläktarna startas, för att sedan sjunka ytterligare när bilen kör. Med fläktar gick inte mätarna upp till max (8 000 ppm), vilket de gjorde när fläktar saknades. Jämför figur 12 och 17.

Solinstrålning och motorvärme

Skåpets temperatur kan även påverkas av yttre faktorer. Resultatet av mätningarna av solinstrålning visade inte några synbara effekter på temperaturen inne i skåpet. Därmed inte sagt att det hade varit omöjligt att se sådana effekter om väderförhållandena varit annorlunda. Mätningarna gjordes oftast tidigt på morgonen, då solen inte nått full intensitet. Vid klart väder varierade solinstrålningen mellan 150 W/m^2 och 850 W/m^2 . Maximalt i Sverige är, med fint väder och mitt på dagen under sommartid, instrålningen $1\,000 \text{ W/m}^2$.

En annan yttre faktor var värme från motor, transmission, växellåda och avgasrör. Motorvärmens påverkan undersöktes inte i denna studie. Vid ett flertal tillfällen har dock konstaterats att framstammen känts varm när motorn var igång. Vilken effekt sådan temperaturhöjning har går inte att bestämma utan vidare mätningar. I detta fall är det troligt att körföraren i framstammen, som styr fläktarna, påverkades av värme från motor och växellåda och därmed även resultatet.

Skåpets färg påverkar troligen vilken effekt solinstrålningen har på temperaturen i djurutrymmet.

Fördelar med mekanisk ventilation

Resultaten visar att mekanisk ventilation ger positiva effekter på miljön i skåpet genom såväl sänkt temperatur som sänkt luftfuktighet och sänkt koldioxidkoncentration. Det är framförallt vid stillastående och körning i låga hastigheter som fläktarna har betydelse genom det ökade luftflödet. När dessa moment utgör en väsentlig del av den totala transporttiden ökar fläktarnas relativa betydelse.

Trots att utetemperaturen under dessa mätningar var onormalt låg för juli månad, gav fläktarna positiva resultat. Det finns anledning att anta att högre utemperaturer ytterligare hade kunnat påvisa skillnaderna mellan naturlig och mekanisk ventilation till fördel för den mekaniska.

Fördelarna överväger nackdelen med den höga bullernivån under lastning. Den är ett problem som måste åtgärdas med förbättrad teknik och möjligheter till manuell avstängning. Kanske även fläktarnas placering måste förbättras för att avhjälpa problemet med temperaturskillnaderna mellan fram och bak i bilen.

Transportbilar

Mätningarna i denna studie utfördes på en väl utrustad och mycket modern bil. Under denna studie har många, betydligt sämre utrustade bilar observerats. Det finns ingen standard, endast rekommendationer, för hur bilarna ska vara utrustade och det är transportören själv som låter bygga bilen. Den här aktuella bilen hade inte alla ventilationsöppningar öppna under försöket, vilket gav en något mindre öppen yta än rekommenderat. Trots detta uppfattades ventilationsöppningarna, i jämförelse med andra observerade bilar, vara mycket väl tilltagna. Det är troligen så att kombinationerna av utrustningsdetaljer ger en bra bil, trots att kanske varje detalj i sig inte motsvarar önskade normer.

Tidpunkt

För närvarande körs nästan inga transporter på natten i Sverige. Den första omgången brukar köras tidig morgon, vilket innebär att den andra körs mitt på dagen. Det kan övervägas om transporter utan mekanisk ventilation borde köras nattetid för att slippa problemen med värmebelastning på grisarna. Detta skulle i och för sig kräva flexibilitet i planering och rutiner, men å andra sidan endast behöva göras högst några veckor per år, när dygnstemperaturen överstiger 20°C.

Golvnya

Med tanke på Schütte *et al.* (1996b) resultat bör även golvbeläggningen vara flexibel. Transportören bör utifrån utetemperaturen bedöma om strö ska användas eller ej. Att undvika eller minska mängden strömmaterial när det är som varmast kan eventuellt förbättra grisarnas miljö.

Fortsatta studier

Mer forskning efterlyses, bland annat behövs studier där jämförelser i grisarnas beteende under lastning, stillestånd och transport med naturlig och mekanisk ventilation görs. I framtiden kan sådan forskning läggas till grund för lagtext om utformning av ventilation och klimatbestämmelser för djurtransporter.

SLUTSATSER

Klimat i olika delar av skåpet vid lastning, stillestånd, transport och avlastning

Vid lastningen var det betydligt varmare, $3,4^{\circ}\text{C}$, i de två främre facken än i de övriga, vare sig naturlig eller mekanisk ventilation användes. Temperaturen var något högre på det nedre än på det övre våningsplanet. När bilen var fullastad och stod stilla ändrade sig dock mönstret. Vid naturlig ventilation ökade skillnaderna ytterligare, såväl mellan planen som mellan fram och bak i bilen. Vid mekanisk ventilation minskade istället skillnaderna både mellan planen och mellan fram och bak i bilen. Här syns således effekten av en mer långsam ökning av temperaturen vid mekanisk ventilation. Under körning med såväl naturlig som mekanisk ventilation sjunker temperaturen och ligger stabilare än vid lastning och stillestånd. Dock ökade temperaturskillnaderna mellan våningarna och var något högre på det nedre planet.

Mekanisk ventilations effekt på klimatutvecklingen i bilen vid lastning, körning och uppehåll

Den säkraste slutsatsen från denna studie är en tydlig tendens att temperaturen i transporten stabiliseras betydligt snabbare med mekanisk ventilation än med naturlig. Vid lastning ger mekanisk ventilation en långsammare temperaturökning jämfört med naturlig ventilation, $0,10^{\circ}\text{C}/\text{minut}$, respektive $0,21^{\circ}\text{C}/\text{minut}$. Vid längre lastningstider ger mekanisk ventilationen sänkning av temperaturökningen med tiden vilket inte skedde med naturlig ventilation.

Detta visar tydligt att mekanisk ventilation bidrar till att förbättra klimatet i lastbilen när den står stilla. Därmed kan man sluta sig till att mekanisk ventilation är särskilt betydelsefull vid lastning och stillestånd vid låga vindhastigheter ($<5\text{ m/s}$).

Vid naturlig ventilation, när bilen var fullastad vid stillestånd, var luftfuktigheten i genomsnitt 97 %. Vid mekaniska ventilation låg motsvarande medelvärde på 82 %. Det visar att fläktarna hjälper till att transportera bort fukt från bilen, vilket minskar risken för värmestress.

Koldioxidkoncentrationen steg snabbt vid lastning, både med naturlig och mekaniska ventilation. Men vid mekanisk ventilation antog koldioxiden ett stabilt värde när fläktarna startades. Den fortsatte dock att öka vid naturlig ventilation.

Under körning kunde inga skillnader i vare sig temperatur, luftfuktighet, luftrörelser eller koldioxidkoncentration observeras.

Ventilationsflödet i skåpet i jämförelse med uppmätt flätkapacitet

På grund av att skillnaderna i temperatur inte hann stabiliseras när naturlig ventilation användes, kunde inte någon jämförelse med flätkapaciteten göras. Inga bestämda slutsatser kan dras efter värmebalansberäkningen. Inte heller efter beräkningarna av

luftflödet eller av uppmätta halter av koldioxid kan några slutsatser dras. I båda fallen kunde dock vissa tendenser av ett ökat luftflöde vid mekanisk ventilation ses. Men vid mekanisk ventilation antog koldioxiden ett stabilt värde på 2 000 ppm. Vid naturlig ventilation fortsatte dock koldioxidkoncentrationen att öka upp till 8 000 ppm som var mätinstrumentets övre begränsning. Under körning var koldioxidkoncentrationen 600 - 700 ppm både vid mekanisk och naturlig ventilation, vilket vittnar om ett bra luftflöde.

Luftrörelser i skåpets olika delar med och utan fläktar både vid stillastående bil och under körning

Under körning har fläktarna begränsad betydelse. Lufthastigheterna inne bilen är jämförbara mellan mekanisk och naturlig ventilation (2 – 3 m/s). Men samtidigt gör fläktarna det möjligt att hålla ett visst luftflöde vid låga körhastigheter. Vid stillastående bil är påverkan av fläktarna stor. Luften sprids bra och har god hastighet. En brist som uppmärksammats är dock att ett antal ställen i bilen hamnar i lä och påverkas inte av fläktarna. Slutsatsen är att fläktar en avkylande effekt, framförallt när bilen står stilla. Fläktarna garanterar ett minimiflöde av luft.

Tider för lastning

Tiderna för lastning varierade stort mellan olika producenter. Att lasta själva bilen med 110 djur tog mellan 19 och 84 minuter. Att lasta mellan 75-78 djur på släpet tog mellan 15 och 55 minuter. Grisarnas termiska miljö är som mest kritisk i det fack som är längst ner längst fram. I och med att detta fack lastas tidigt blir alltså djuren där extra utsatta.

En nackdel med mekanisk ventilation är den höga bullernivån i djurutrymmet, 75-81 dB(A). Den ökar grisarnas motstånd att gå på bilen. Därmed förlängs lastningstiden. Grisar som lastas tidigt blir stående under lång tid i den stillastående transporten och blir extra utsatta för såväl värmestress som social stress. Långa tider på en stillastående bil ökar slagsmålets längd. Det ger fler skador på grisarna och kan även påverka köttkvaliteten negativt. En slutsats från denna studie är att mekanisk ventilation verkar ge positiva effekter, men att tekniken behöver förbättras så att ljudnivån kan sänkas. En sådan förbättring är att det nu finns det fjärrkontroll som stänger av fläktarna upp till två minuter för att underlätta vid lastning (Christensen muntligt, 2004).

Helhetssyn

Den övergripande slutsatsen efter denna studie är att det inte finns en enda omfattande åtgärd som kan förbättra transporter av djur i ett slag. Däremot är det möjligt att kontinuerligt göra många förbättringar av mindre omfattning för att göra transporterna optimala ur såväl djurskydds- som produktionsperspektiv. Det verkar sällan finnas direkta motsättningar mellan dessa två perspektiv, grisar som hanterats och transporteras väl ger effektivitet i produktionskedjan och bra köttkvalitet.

Å andra sidan verkar också motsatsen gälla. Många, men inte nödvändigtvis allvarliga, brister ger stressade grisar, vilket medför att produktionskedjan tar längre tid samt att köttkvaliteten kan försämrats. Att förebygga blir därmed lika viktigt som att förbättra. De förebyggande åtgärderna för bra djurtransporter börjar redan hos producenten. Det måste alltså finnas ett så samstämmigt regelverk som möjligt för producenter och transportörer.

REFERENSER

- Barton Gade, P., Christensen, L. (1997) Progress report: Air3-CT-0262. Danish Meat Research Institute; ref.no. 02.674. Report.
- Barton Gade, P., Christensen, L. (1996) Effect on different stocking densities during transport on welfare and meat quality on Danish slaughter pigs. Danish Meat Research Institute; ref.no. 02.674. Manuscript no. 1340 E
- Barton Gade, P., Christensen, L., Brown, S.N., Warriss P.D. (1995) Effect of tier and ventilation during transport on blood parameters and meat quality in slaughter pigs. Danish Meat Research Institute; ref.no. 02.674. Manuscript no. 1286 E
- Bradshaw, R.H., Parrott, R.F., Goode, J.A., Lloyd, D.M., Rodway, R.G., Broom, D.M. (1996) Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey. *Journal of Animal Science*. 62(Pt.3), 547-554
- Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., Xin, H., Gates, R.S. (2004) A literature review of swine heat production. *Transactions of the ASAE* 47(1), 259-270. (0001-2351)
- Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A., Kachman, S.D. (2001) Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. *Livestock production science*. 71(2-3), 253-260
- Brown-Brandl, T.M., Tami, M., Nienaber, J.A., Turner, L.W. (1998) Acute heat stress effects on heat production and respiration in swine. *Transactions of the ASAE* 4(3), 789-793. (0001-2351)
- Christensen, L. (2003) Konstruktion af flertagers svinetransportvogne med fokus på ventilationsbehov. Danish Meat Research Institute; ref nr 02765.
- Christensen, L., Barton Gade, P. (1995) Design of Experimental Vehicle for Transport of Pigs and some preliminary results of environmental measurements, EU Project: PL 920262. Danish Meat Research Institute; ref.no. 02.674. Manuscript no. 1288 E
- CIGR Handbook of Agricultural Engineering – Animal Production and Aquacultural Engineering Volym II (1999). Edited by CIGR – the International Commission of Agricultural Engineering. American Society of Agricultural Engineers
- European Commission. Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (Adopted 8 December 1999) (1999). Standards for the microclimate inside animal transport road vehicles. Luxembourg: Office for Official Publications in the European Communities. Sanco/B3/AW/R13/1999
- European Food Safety Authority (2004). Standards for the microclimate inside animal transport road vehicles. Scientific report; AHAW/04
- Fraqueza, M.J., Roseiro, L.C., Almeida, J., Matias, E., Santos, C., Randall, J.M. (1998) Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*. 60(4), 317-330
- Gaverink, N.A., Bradshaw, R.H., Lambooij, E., Wiengant, V.M., Broom, D.M. (1998a) Effects of simulated lairage conditions on the physiology and behaviour of pigs. *The veterinary record*. 143(9), 241-244

- Gaverink, N.A., Bühnemann, A., van de Burgwal, J.A., Lambooij, E., Blockhuis, H.J., Wiengant, V.M. (1998b) Responses of slaughter pigs to transport and lairage sounds. *Physiology & Behavior*. 63(4), 667-673
- Gaverink, N.A., Kappers, A.C., van de Burgwal, J.A., Lambooij, E., Blockhuis, H.J., Wiengant, V.M. (1998c) Effect of regular moving and handling on behavioural and physiological responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for subsequent meat quality. *J Anim Sci*. 76(8), 2080-5.
- Gaverink, N.A., Engel, B., Lambooij, E., Wiengant, V.M. (1996) Observations on behaviour and skin damage of slaughter pigs and treatment during lairage. *Applied Animal Behaviour Science*. 50(1996), 1-13
- Guise, H.J., Penny, R.H.C. (1989) Factors influencing the welfare and carcass and meat quality. *Animal Production*. 49, 517-521
- Gustafsson, G., Mårtensson, L. (1988) Gasreducerande åtgärder i svinstallar. Lund: Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT):SLU/rapport 57. 91-576-9924-X/0348-2059
- Hails, M.R. (1978) Transport in animals: a review. *Animal regulation studies*. 1, 289-383
- Hall, S.J.G., Bradshaw, R.H. (1998) Welfare aspects of the transport by road of sheep and pigs. *Journal of applied animal science*. 3, 235-254
- Jensen, P. (1996) *Stress i djurvården*. Stockholm. LTs förlag.
- Jensen, P. (1993) *Djurens beteende och orsakerna till det*. Falköping. LTs förlag.
- Kettlewell, P.J., Hoxey, R.P., Hampson, C.J., Green, N.R., Veale, B.M., Mitchell, M.A. (2001) Animal production technology: Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *Journal of agricultural engineering research*. 79(4), 429-439
- Kettlewell, P., Mitchell, M. (1996) *Aerodynamics and Ventilation of Lifestock Transport Vehicles*. Silsoe Research Institute. UK.
- Korthals, R.L., Eigenberg R.A., Nienaber, J.A., Hahn, G.L (1994) Modelling Swine Responses to Stepped Temperature Changes. ASAE paper 94-4010
- Kristoffersson, J. (2004) Transportdödlighet hos slaktsvin. *Svensk Veterinärtidning*. 56(12), 11-15
- Lopez, J., Goodband (1994) R.D., Allee, G.L., Jesse, G.W., Nelssen J.L., Tokach, M.D., Spiers, D., Becker, B.A. The Effects of Diets Formulated on an Ideal Protein Basis on Groth Performance, Carcass Characteristics, an Thermal Balance of Finishing Gilts Housed in Hot Diurnal Enviroment. *Journal of Animal Science*. 72, 367-379
- Lopez, J., Jesse, G.W, Becker, B.A., Eilersieck, M.R. (1991) Effects of temperature on the performence of finishing swine: 1) Effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. *Journal of Animal Science*. 1991. 69, 1843-1849
- MacGlone, J.J., Stansbury, W.F., Tribble, L.F. (1987) Effects of Heat and Social Stressors and Within pen Weight Variation on Young Pig Performance ans Agnostic Behavior. *Journal of Animal Science*. 1987. 65, 456-462

- Nielsen, N.J. (1982) Recent results from investigations of transportation of pigs for slaughter. In: "Moss (ed): *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter*. Martinus Nijhoff. The Hague, Boston, London. 114-115
- Nienaber, J.A., Hahn, G.L., Eigenberg, R.A. (1999) Quantifying livestock responses for heat stress management: a review. *International Journal of Biometeorology* (1999)42, 183-188
- Nienaber, J.A., Hahn, G.L., Eigenberg R.A. (1997) Development of an upper temperature threshold for livestock. US Meat Animal Research Center. Nebraska. ASEA meeting presentation. Paper no. 974010
- Nienaber, J.A., LeRoy Hahn, G., Yen, J.T. (1987) Thermal Environment Effects on Growing-Finishing Swine Part 1 – Growth, Feed Intake and Heat Production. *Transactions of the ASAE*. Vol.30(6). 1772-1774
- Nilsson, C. (1980) Buller i stallar. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet SLU/Aktuellt 284 (0347-9293)
- Olsson, A-C., Svendsen, J. (1995) Problem och rutiner vid gruppering av sugor och gyltor. Lund: Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT): SLU/rapport 96. (1104-7313)
- Pedersen, S., Sällvik, K. (2002) Climatization of Animal Houses - Heat and Moisture production at animal and house level 4th report of CIGR working group. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.
- Pedersen, S., Takai, H. (1997) Diurnal Variation in Animal Heat Production in Relation to Animal Activity. Danish Institute of Animal Science, Research Center, Bygholm Presentation at ILES V
- Pedersen, S., Petersen, E.S. (1977) Optimal temperatur og lufthastighed i slagtesvinstalde. *Tovlvmandsbaldet* 1-1977, 29-33
- Pond, W.G., Mersmann, H.J. (2001) *Biology of the domestic pig*. Ithaca and London. Cornell University press. 0-8014-3468-8
- Randall, J.M. (1996) Environmental conditions during transport and lairage: methodologies. In: *Proceedings of the EU Seminar. New information on welfare and meat quality of pig as related to handling, transport and lairage conditions*. Schütte, A., ed. Braunschweig-Voelkenrode, Tyskland. 37-46
- Randall, J.M. (1993) Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal production* 57(2), 299-307
- Randall, J.M., Patel, R. (1994) Thermally induced ventilation of livestock transporters. *Journal of agricultural engineering research*. 57(2), 99-107
- Schütte, A., Mergens, A., Pott, U., Venthien, S. (1996a) Effect of transport conditions (straw, stoppage) and unloading procedures on physiological and meat quality parameters. In: *Proceedings of the EU Seminar. New information on welfare and meat quality of pig as related to handling, transport and lairage conditions*. Schütte, A., ed. Braunschweig-Voelkenrode, Tyskland. 117-132
- Schütte, A., Broom, D.M., Lambooj, E. (1996b) Standard methods of estimating physiological parameters during pig handling and transport. In: *Proceedings of*

the EU Seminar. New information on welfare and meat quality of pig as related to handling, transport and lairage conditions. Schütte, A., ed. Braunschweig-Voelkenrode, Tyskland. 69-80

- Statens Jordbruksverk (2001). Djurtransporter : nationellt tillsynsprojekt om tillsyn av djurtransporter. Jönköping: Jordbruksverket. (Rapport/Jordbruksverket; 2001:1)
- Statens Jordbruksverks författningssamling (2003) Statens Jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom lantbruket mm. Saknr L100 (SJVFS 2003:6) Jönköping.
- Statens Jordbruksverks författningssamling (2000) Statens Jordbruksverks föreskrifter Transport av levande djur. (SJVFS 2000:133) Jönköping
- Statens offentliga utredningar (2003). Kännande varelser eller okänsliga varor? (SOU 2003:6)
- Svensk Standard SS 951050 (1992) Lantbruksbyggnader – Ventilation, uppvärmning och klimatanalys i värmeisolerade djurstallar - Beräkningsreglerna
- Sällvik, K., Gebresenbet, G., Gustafsson, G., Jeppsson, K-H., Lundgren, A-K., Rantzer, D., Svendsen, J. (2004) Transport av slaktsvin från gård till slakteri - Studier av klimat, beteende och vibrationer i bilen, skador på djuren samt förslag på förbättringar. Alnarp/Ultuna: Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT): SLU/rapport 1. (1104-7313)
- Sällvik, K. (2001) Husdjurens värmebalans och termisk närmiljö. Undervisningskompendium. SLU: Alnarp/Ultuna. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, JBT.
- Sällvik, K. and Wahlberg, K. (1984) The effects of air velocity and temperature on the behaviour and growth of pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 30
- Van Ouwerkerk, E.N.J., Pedersen, S. (1999) Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation in livestock buildings. Presentation, CIGR XII Congress, Milano
- Whittemore, C.T. (1998) *The science and practice of pig production*. 2nd edition. Oxford. Blackwell science. 0-632-05086-1

Internet

- Statens meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). 3 september 2004
<http://www.smhi.se> (3 september 2004)
- Swedish Meats. 23 juli 2004. <http://www.swedishmeats.com> (23 juli 2004)

Muntligt

- Krister Sällvik. Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, SLU.
 2004-10-08
- Leif Christensen. Slakteriernas Forskningsinstitut .Roskilde Danmark. 2004-12-06