



Svenska mjölkkor på bete

- Värmens påverkan på beteende och produktion hos mjölkkor i en besättning med AMS

Swedish dairy cows at pasture

- The effect of temperature and THI on behaviour and production of dairy cows in a Swedish AMS herd



Foto: Elsa Frizell

av

Hanna Alfredius

Institutionen för husdjurens
utfodring och vård

Examensarbete 333
30 hp E-nivå

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management

Uppsala 2011



Svenska mjölkkor på bete

- Värmens påverkan på beteende och produktion hos mjölkkor i en besättning med AMS

Swedish dairy cows at pasture

- The effect of temperature and THI on behaviour and production of dairy cows in a Swedish AMS herd

av

Hanna Alfredius

Handledare: Per Peetz Nielsen

Examinator: Jan Bertilsson

Nyckelord: Mjölkkor, värme, THI, temperatur, beteende, produktion

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

**Examensarbete 333
30 hp E-nivå
Kurskod: EX0552
Uppsala 2011**

TACK TILL...

Det är många som har bidragit till att detta arbete har kunnat genomföras och som jag vill tacka, av dem först och främst Per Peetz Nielsen, initiativtagare till projektet och min handledare. Tack för all ovärderlig hjälp under arbetets gång, din tillgänglighet och positiva inställning, särskilt de dagar när modet tröt och inget ville funka, samt för peppning och tålamod när familjeangelägenheter och annat arbete kommit emellan. Jag vill även tacka Gunnar Pettersson som tagit fram allt datamaterial som legat till grund för arbetet, Lennart Norell för hjälp med statistiken, Jan Bertilsson som agerat examinator för projektet, Eva Spörndly som redogjort för sina betesförsök på Kungsängen och Gunilla Helmerson som hjälpt till med betesjournaler och övrig information om lösdriftstallet. Självklart också ett tack till övrig personal på Kungsängen och alla korna som inte visste att de var med i denna studie samt till Elsa Frizell och Sara Frick på Djurskyddet Sverige för att jag fick använda den fina bilden till framsidan. Slutligen ett stort tack till min familj och vänner som uppmuntrat och stöttat, ni vet vilka ni är!

Stockholm 2011-01-29

Hanna Alfredius

INNEHÅLL

| | |
|---|-----------|
| SAMMANFATTNING..... | 1 |
| SUMMARY..... | 2 |
| INLEDNING..... | 3 |
| MÅL OCH HYPOTES..... | 3 |
| AVGRÄNSNINGAR..... | 4 |
| LITTERATURSTUDIE..... | 5 |
| LAGSTIFTAT BETE..... | 5 |
| MJÖLKKORS BETEENDE..... | 5 |
| <i>Dygnsrytm under betesperioden.....</i> | 5 |
| <i>Mjölkning i AMS under betesperioden.....</i> | 6 |
| <i>Avstånd till betet.....</i> | 7 |
| <i>Rangordning vid mjölkning.....</i> | 7 |
| VÄRMEREGLERING..... | 8 |
| <i>Värmeproduktion.....</i> | 8 |
| <i>Värmeavgivning.....</i> | 8 |
| <i>Termoneutral zon.....</i> | 9 |
| TEMPERATUR – LUFTFUKTIGHETSINDEX..... | 10 |
| VÄRMESTRESS..... | 11 |
| <i>Beteendeförändringar vid värme.....</i> | 11 |
| <i>Fysiologiska förändringar vid värmestress.....</i> | 12 |
| <i>Effekter på produktion och reproduktion.....</i> | 12 |
| FÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER MOT VÄRMESTRESS..... | 13 |
| <i>Vatten.....</i> | 13 |
| <i>Ventilation.....</i> | 13 |
| <i>Skugga.....</i> | 13 |
| MATERIAL OCH METOD..... | 14 |
| GÅRDSBESKRIVNING..... | 14 |
| DATAINSAMLING..... | 15 |
| <i>Förflytningsdata.....</i> | 15 |
| <i>Andra försök som påverkat korna.....</i> | 15 |
| <i>Mjölldata.....</i> | 16 |
| STATISTISK ANALYS..... | 17 |
| <i>Mjolkproduktion.....</i> | 17 |
| <i>Tid ute.....</i> | 18 |
| RESULTAT..... | 19 |
| VÄDER..... | 19 |
| BETEENDE..... | 20 |
| <i>Tid på betet.....</i> | 20 |
| <i>Val av utevistelse.....</i> | 21 |
| <i>Utevistelse en sval vecka.....</i> | 23 |
| <i>Utevistelse en varm vecka.....</i> | 25 |
| MJÖLKPRODUKTION..... | 26 |
| DISKUSSION..... | 27 |
| <i>Beteende.....</i> | 27 |
| <i>Mjolkproduktion.....</i> | 28 |
| SLUTSATS..... | 30 |
| REFERENSER..... | 31 |

SAMMANFATTNING

Svenska mjölkkor ska enligt djurskyddsförordningen och de svenska djurskyddsföreskrifterna hållas på bete i en sammanhängande period under ett visst antal månader varje sommar. I många varmare länder uppträder stora problem med värmestress hos mjölkkor som hålls ute på sommaren, med minskad produktion och försämrad välfärd som följd. När nötkreatur hålls som utegångsdjur under vintern ska de enligt djurskyddsföreskrifterna skyddas mot väder och vind, så är dock inte fallet under sommarens betesperiod. Få studier i Sverige har undersökt om även våra svenska mjölkkor får problem med värmen på sommaren och således skulle ha behov av tillgänglig skugga på betet.

Målet med projektet var att undersöka om beteendemönstret och mjölkproduktionen hos svenska mjölkkor ändras i samband med ökad temperatur och luftfuktighet när korna själva kan välja när de vill gå ut på betet. Lagrad information från mjölkkor i ett automatiskt mjölkningssystem (AMS) under fyra års tid användes avseende mjölkproduktion, väder och tid för passage genom en grind mellan stallet och betesmarken. Effekten av temperatur och temperatur – luftfuktighetsindex (THI) på mjölkors benägenhet att vara på ute bete samt på daglig mjölkproduktion undersöktes.

Totalt analyserades produktionsdata (genomsnitt 26,8 kg mjölk/dag) från 144 kor, över laktation 1-8, och förflytningsdata från 71 kor över laktation 1-6, för tid på bete, andelen djur som vistades ute under en viss tid, och daglig mjölkproduktion i förhållande till THI och temperatur. Korna kunde röra sig fritt mellan stallet och den betesmark som är belägen runt stallet (mellan 50-260 m från stallet till ingången till betesmarken). Väderdata samlades in från en väderstation 3 km från stallet.

I genomsnitt spenderade korna 7,43 timmar på bete per dygn. Tiden som tillbringades utomhus per dygn var starkt påverkad av dygnsmedeltemperaturen och minskade med 6,71 minuter för varje grad medeltemperaturen ökade ($P < 0,0001$). En ökning av den dagliga maxtemperaturen påverkade också tiden korna spenderade på betet negativt, och för varje grads ökad maxtemperatur spenderade korna 5,08 minuter mindre på bete per dygn ($P < 0,0001$). Även THI hade stor effekt på tiden på betet. När medelvärdet för THI per dygn och maximala THI per dygn ökade med ett, minskade utevistelsetiden med 4,31 ($P < 0,0001$) respektive 3,33 minuter ($P = 0,0004$).

Vid jämförelse av hur stor andel av korna som vistades ute en viss tid på dygnet var det tydligt att fler kor gick ute mitt på dagen de dagar när dagligt maximalt THI var under stressvärdet 72. De dagar THI översteg 72 höll sig däremot de flesta korna inne i stallet och gick inte ut förrän sen eftermiddag. Det var också en större andel kor utomhus mitt på natten de varma dagarna än de svalare dagarna. Närmare studier av en varm kontra en sval vecka gav snarlika resultat.

Medelvärdet för THI påverkade inte mjölkproduktionen samma dag, dock minskade mjölkproduktionen två dagar senare med 0,026 kg/dygn när det dagliga medelvärdet för THI ökade med ett ($P < 0,01$), och likaledes minskade mjölkproduktionen två dagar senare med 0,033 kg/dygn när den dagliga medeltemperaturen ökat med en grad ($P < 0,01$).

Resultaten visar att värme påverkar mjölkkor även under svenska förhållanden. En ökning av medeltemperatur och medelTHI minskade tiden djuren spenderade på bete, påverkade deras beteendemönster och dygnsrytm samt sänkte mjölkproduktionen två dagar senare.

SUMMARY

According to Swedish animal protection regulations Swedish dairy cows older than 6 months of age are to be kept on pasture in a continuous period for a given number of months each summer. In many warmer countries major problems with heat stress occur for dairy cows that are kept outdoors in summer, with falling productivity and declining welfare and health as a result. When cattle are kept outside during the winter the management is regulated through the animal protection law regarding provision of shelter against bad weather conditions. This is, however, not the case during the summer grazing period. Very few studies in Sweden have investigated whether our Swedish dairy cows also have difficulties coping with the summer heat and thus would have need of accessible shade on pasture.

The objective of the project was to investigate whether behavioural patterns and milk production in Swedish dairy cows would change in correspondence with increasing temperature and humidity. Four years of information regarding weather, milk production and time for passing a gate between the barn and pasture of dairy cows milked in an automatic milking system (AMS) was studied. The effect of temperature and temperature – humidity index (THI) on the tendency of dairy cattle to be on pasture and on milk production were so investigated.

The cows could move freely between the barn and pasture which is situated around the barn (between 50-260 m from the barn to the entrance of the pasture). In total the production data from 144 Swedish cows (average 26.8 kg milk/day), spread over lactation 1 to 8, and behaviour data from 71 Swedish cows, spread over lactation 1 to 6, was analysed for time spent on pasture, time for leaving the barn to go to the pasture and daily milk yield in relation to THI and temperature. Weather data was collected from a weather station 3 km from the barn.

On average the cows spent 7.43 hours on pasture per 24 hours. The duration spent outdoors was highly affected by the daily average and maximum temperatures, and the time decreased with 6.71 min, and 5.08 min per day when the average and maximum temperature increased with one degree ($P < 0.0001$). THI was also shown to have an effect on time spent on pasture and an increase by one in the daily average and maximum THI decreased the time with 4.31 ($P < 0.0001$) and 3.33 min ($P = 0.0004$) respectively.

When comparing the proportion of cows that spent time on pasture a certain time of day it was clear that many cows spent time outside around midday on days when the daily maximum THI was lower than the critical stress threshold 72. On days when THI exceeded 72, however, most of the cows stayed inside the barn and did not go out until late afternoon. There were also a greater number of cows that stayed outside late at night on the warmer days than there was on the cooler days. Comparison of a warm versus cool week gave similar results.

The daily average THI did not affect the milk production on the same day, but when the daily average THI increased with one, the milk production decreased two days later with 0.026 kg per day ($P < 0.01$).

The results show that the heat affects dairy cows even under Swedish conditions. An increase in average temperature and THI decreased time cows spent on pasture, it affected their behavior patterns and lowered the milk production two days later.

INLEDNING

Svenska mjölkkor äldre än sex månader ska enligt svensk djurskyddslagstiftning hållas på bete under en sammanhängande period i ett visst antal månader varje sommar (SFS 1988:539, SJVFS 2010:15). I Sverige hålls ungefär 62 % (Arla, 2009) av alla mjölkkor i uppbundna stall. På somrarna när djuren ska ut på bete är de då ofta ute under dagen och tas sedan in i ladugården när de ska mjölkas. Allt vanligare blir det dock med stallsystem där korna hålls i lösdrifter och mjölkas i en mjölkrobot. I dessa system kan korna själva välja när under dagen de vill vara ute och när de vill gå in för att mjölkas. På Kungsängens forskningscentrum i Uppsala har personalen noterat att de kor som hålls i lösdriftsstallet inte gärna går ut mitt på dagen när det är varmt ute, utan de väntar med att gå ut tills det blivit lite svalare på eftermiddagen. Detta skulle kunna bero på att de finner värmen utomhus besvärande och därför ändrar sitt beteende. Kanske påverkas välfärden för de kor som inte har möjlighet att söka skugga eller själva välja om de ska gå ut när solen står som högst under sommaren. Det är lagstiftat att djuren på vintern ska skyddas mot väder och vind men några liknande regler om värmen på sommaren finns ännu inte. De kor som hålls i lösdrift har ett val och kan gå in i stallet undan solens strålar, kanske borde också de uppbundna korna erbjudas möjligheten att söka skugga under de varmaste dagarna.

I många varmare länder är det ett känt faktum att somrarnas varma och fuktiga klimat kan ställa till stora problem i en mjölkproduktion eftersom kor som producerar mycket mjölk även producerar mycket kroppsvärme som de måste avge till omgivningen för att kroppstemperaturen ska kunna hållas på en konstant nivå (Kadzere *et al.*, 2002). Blir det för varmt och luftfuktigheten dessutom är hög fungerar inte värmeavgivningen tillräckligt bra och korna kan drabbas av värmestress, vilket kan få allvarliga konsekvenser. Värmestress kan bland annat leda till minskat foderintag, minskad produktion, sämre fertilitet och försämrad hälsa. Många utländska studier från bland annat USA, Australien och Nya Zeeland tar upp problemet med värmestress och hur man med skugga och olika avkylningsmetoder kan göra det lättare för korna att hantera ett varmt och fuktigt klimat och samtidigt minska problemen med utebliven inkomst som uppstår på grund av kraftigt försämrad produktion under sommaren (Kendall *et al.*, 2006; Armstrong, 1994; Blackshaw & Blackshaw, 1994; Stermer *et al.*, 1986). Även i svalare länder som Sverige når temperatur och luftfuktighet under somrarna ibland värden som överskrider vad korna kan kompensera för, ändå finns det ännu bara ett fåtal studier som undersöker hur våra mjölkkor påverkas av sommarvärmens när de hålls på bete. Kanske är värmestress hos mjölkkor något vi måste ta hänsyn till även i Sverige när vi planerar för våra mjölkbesättningar.

Mål och hypotes

Målet med projektet är att undersöka om beteendemönstret och mjölkproduktionen ändras vid varmt väder hos kor som fritt kan välja när de vill vara ute på bete. Hypotesen är att kor med fritt val väljer att undvika värmen genom att gå ut senare på eftermiddagen/kvällen än vad de hade gjort om det varit svalt ute, samt att mjölkproduktionen kommer att minska som en effekt av det varma vädret.

Avgränsningar

Projektet är baserat på data som funnits tillgängligt från sommarmånaderna juni, juli och augusti år 2004 till och med 2008. Databehandlingen har huvudsakligen delats upp i tre delar; när på dygnet korna varit ute på betet, hur länge de varit ute, samt mjölkproduktion. Under vissa år har det periodvis pågått andra betesförsök som på olika sätt påverkat kornas beteende, i vissa fall har olika parametrar ur de försöken kunnat innefattas i detta projekt, medan det ibland blivit så att vissa kor som deltagit i de andra försöken inte har kunnat användas här under de perioderna (se i mer detalj under avsnittet material och metod, – *Andra försök som påverkat korna*, vilka försök som avses). Det har till exempel varit möjligt att göra skillnad på om korna gått i rastfålla eller på bete, dock har de olika betesmarkerna som finns runt stallet behandlats lika oavsett avstånd till stallet. Det har inte heller varit möjligt att ta hänsyn till olika utfodringsförsök som kan ha pågått i stallet.

För analyserna avseende mjölkproduktion har all data från åren 2004 - 2008 använts med undantag av enstaka individer där felaktigheter fanns i datafilerna som SAS inte kunde hantera. De statistiska analyser som utförts har haft som syfte att undersöka sommarvädrets påverkan på mjölkproduktionen. Analysen begränsades till avkastning och innefattar inte mjölkkningsfrekvenser eller mjölksammansättning.

Tanken var även till en början att göra alla analyser avseende mjölkproduktion utifrån grupper av kor med olika hög avkastning, för att se om de skulle reagera olika på värmen. Detta blev dock ett för stort projekt när de statistiska analyserna inte alltid fungerade som de skulle, och korna behandlades därför som en enhetlig grupp. Tid i laktation togs dock hänsyn till i den statistiska modellen.

Den statistiska behandlingen av hur lång tid korna var ute på bete beroende av vädret har endast baserats på data från åren 2005 och 2007 då inga andra betesförsök pågick med korna.

Då det har varit problematiskt att statistiskt beräkna effekten av hur värmen påverkar vilken tid på dygnet korna varit ute redovisas detta grafiskt.

LITTERATURSTUDIE

Lagstiftat bete

År 1988 antogs en ny djurskyddslag i Sverige med mål att på ett förebyggande sätt skydda djur från onödigt lidande och ge dem möjlighet till ett liv med en god hälsa och ett naturligt beteende (SFS 1988:534). Alla djur som hålls av människan omfattas av djurskyddslagen, som kompletteras av djurskyddsförordningen (SFS 1988:539) och djurskyddsföreskrifterna (för lantbruksdjur: SJVFS 2010:15). Dessa reglerar bland annat hur skötsel och inhysning av djuren ska gå till samt när djuren ska hållas utomhus. Enligt djurskyddsförordningen skall nötkreatur som hålls för mjölkproduktion och som är äldre än sex månader sommartid hållas på bete (10 § SFS 1988:539; 2 kap. 25 -26 §§ SJVFS 2010:15). Nötkreatur som hålls för mjölkproduktion anses hållna på bete om de varje dygn kommer ut på bete och har tillgång till betesmarken under minst 6 timmar (2 kap. 25 § SJVFS 2010:15). Andra nötkreatur med krav på bete eller annan utevistelse ska vistas ute hela dygnet. Betesperioden är olika lång i olika delar av landet, men i minst 2-4 månader ska korna hållas utomhus (26 §, 2 kap., SJVFS 2010:15).

Nötkreatur som även går ute eller har möjlighet att gå ut på betesmark eller i rasthage halva dygnet eller mer under den kalla årstiden då betestillväxt inte sker kallas för utegångsdjur. Endast djur som är lämpade för utevistelse under den kalla årstiden får hållas som utegångsdjur (1 kap. 35 § SJVFS 2010:15). Dessa ska då ha tillgång till en ligghall eller annan byggnad som ger dem skydd mot väder och vind eller ingå i ett kontrollprogram som garanterar att de skyddas från dåliga väderförhållanden på annat sätt (36 – 37 §§ samma kap.). De ska också ha tillgång till en torr och ren liggplats (36 § samma kap.). Det finns inga motsvarande regler om att djuren ska skyddas från sol och värme under betesperioden, något som även nämns som ett problem i Jordbruksverkets rapport om hållande av utegångsdjur (SJV, 2007). Dock finns ett undantag från beteskravet och det gäller att djuren får hållas inne om det är nödvändigt för att skydda djuren vid onormala väderleksförhållanden eller mot allvarliga insektsangrepp (27 §, 2 kap., SJVFS 2010:15).

Mjölkkors beteende

Nötkreatur är sociala djur som i mer naturliga tillstånd lever sammanhållna i kärnflockar om ca 10-15 nära besläktade individer av honkön. Tjurarna lever självständigt och ansluter sig vid brunstperioden. Flera flockar tillsammans bildar stora hjordar med upp till hundra djur som kan vandra många kilometer per dygn i sökandet efter lämpliga betesmarker. Vid förflyttning går de normalt på led längs upptrampade stigar och stannar inte för att beta (Jensen, 1993). I en dansk beteendestudie av kor på bete gick de i snitt 2,5 km om dagen (Krohn *et al.*, 1992).

Dygnsrytm under betesperioden

Kor på bete har en bestämd dygnsrytm med alternerande perioder av bete och idisslande/vila. Betet sker i fyra till fem perioder, vanligtvis runt gryning, ett par gånger under dagen samt vid skymning (Jensen, 1993). De är i allmänhet mer synkroniserade i sitt beteende under betesperioden än vad de är under inomhusperioden, och de påverkar i hög grad varandras beteenden (Krohn *et al.*, 1992). Korna är som mest aktiva vid soluppgång och solnedgång och betesperioderna är oftast som längst då (Albright & Arave, 1997). Enligt en studie av Spörndly och Wredle (2004) som utförts i samma besättning med kor i lösdrift som används i detta projekt var korna relativt aktiva under dagtid med en jämn proportion kor som låg ner

respektive betade (ca 30-40 % betade i taget mellan 9 – 13). Runt klockan 17 på eftermiddagen låg många kor inomhus varefter de började lämna stallet. En betestopp observerades sedan runt klockan 21, då 50 – 60 % av djuren betade samtidigt. De vilade därefter utomhus ungefär fram till klockan 03 på natten varpå korna gick tillbaka in i stallet för att fortsätta vila inomhus ett par timmar. Tidigt på morgonen låg de flesta kor inomhus för att sedan bli aktiva och besöka mjölkroboten och därefter gå ut till betet igen.

Ungefär åtta timmar per dygn ägnas åt att beta, men tiden varierar mellan 4 – 9 timmar (McDonald *et al.*, 2002; Jensen, 1993). I anslutning till varje betesperiod idisslar korna, upp till 9 timmar per dygn (Jensen, 1993). Vila gör korna när de idisslar och under nattens mörka timmar sover de i kortare perioder (Castle *et al.*, 1950). Korna ligger då hellre ute på betet än inne i liggbåsen om de har möjlighet och föredrar att ligga på en skyddad plats med bra överblick (van Dooren *et al.*, 2004; Jensen, 1993).

Vatten konsumeras oftast under förmiddag och tidig eftermiddag, ca 1-4 gånger per dag i samband med betesperioderna (Jensen, 1993). Är vädret varmt eller betet gammalt dricker de oftare och mer. Korna spenderar ca 2 – 3 timmar om dagen i foderavdelningen, men enligt studien av Spörndly och Wredle (2004) ökade tiden under regniga dagar då korna höll sig mer inomhus.

Mjölkning i AMS under betesperioden

I besättningar med mjölkning i automatiska mjölkningssystem (AMS) är meningen att korna själva ska bestämma när de ska mjölkas, äta och vila, snarare än att de mjölkas som en del av en grupp på bestämda tider. För att systemet ska fungera optimalt krävs att roboten är igång och mjölkar med en jämn ström av kor dygnet runt, utom under tiden för diskning. Det innebär att korna inte kan synkronisera sitt beteende i gruppen i samma utsträckning som annars är naturligt för dem. AMS fungerar bäst under den del av året när korna hålls inomhus. På sommaren när korna är på bete måste de själva gå in till stallet för att bli mjölkade, vilket kan ställa till problem för lantbrukaren när intervallen mellan mjölkningarna blir för långa. Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1999) noterade bland annat att fri betestillgång gav en lägre mjölkningsfrekvens än begränsad betestillgång. Även beteshöjden och eventuell tillskottsutfodring i stallet kan påverka mjölkningsfrekvensen, färskt bete med högre gräs gör till exempel att korna mindre gärna lämnar betet för att gå in i stallet (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 2000) medan djur som tillskottsutfodras inne i stallet spenderar mer tid inne än de som inte tillskottsutfodras (Bergman, 2004). Användning av AMS under betesperioden kan kräva en del extra jobb av lantbrukaren som måste hålla koll på mjölkningsintervallerna och ibland hämta in djur från betet för att det inte ska gå för lång tid mellan deras mjölkningar. Fördelarna med att ha korna på bete under sommaren är dock många, särskilt för deras hälsa, välfärd och den ökade möjlighet att utföra naturliga beteenden (Lambertsson *et al.*, 1995).

Vissa lantbrukare erbjuder korna dricksvatten endast inne i stallet för att ytterligare motivera dem att gå in i stallet och mjölkroboten. I försök av Spörndly och Wredle (2005) samt Bergman (2004) konstaterades dock att kor endast under en övergångsperiod spenderade mer tid ute på betet när där fanns tillgång till vatten, efter en tillväjningsperiod fanns dock inga skillnader i mjölkningsfrekvens eller mjölkproduktion jämfört med dem som inte hade tillgång till vatten på betet. De visades dock att de kor som hade tillgång till vatten på betet drack mer än hälften av sitt dagliga vattenintag ute på betet vilket kan tyda på att de blev törstiga och ville dricka under tiden de var ute.

Avstånd till betet

Det är vanligt att kor under betessäsongen eller från år till år flyttas mellan beten på olika marker för att betestillgången ska vara tillgodosedd och parasittrycket ska hållas i schack. På Kungsängen går korna under olika perioder på sommaren på bete antingen nära eller långt ifrån stallet (Beskrivs vidare under material och metod, Figur 3). När de två olika betesmarkerna jämförts i tidigare studier så har det framkommit att avståndet till betet spelar roll både för kornas beteende och för deras mjölkavkastning. Enligt en studie av Bergman (2004) spenderar korna mer tid ute på betet om de går på den närliggande betesmarken än om de går på betet långt borta. På det nära betet ligger de också helst utomhus och vilar (80 % av vilotiden utomhus), men när de går på betet långt bort föredrar de att ligga ner inomhus (71 % av vilotiden inomhus) (Spörndly & Wredle, 2004).

Även mjölkproduktionen påverkades av avståndet till betet; både avkastningen och mjölkningsfrekvensen minskade när avståndet till betet var längre (Spörndly & Wredle, 2004). Men i ett annat försök av Ketelaar-de Lauwere *et al.* (2000) påverkades varken mjölkningsfrekvensen, antal besök i roboten eller tiden som spenderades i liggavdelningen av avståndet till betet. Kor med långt till betet låg dock mindre ute på betet än de med nära till betet, och mer tid spenderades då istället i passagerna mellan stallet och betet. Inte heller van Dooren *et al.* (2004) fann att avstånd till betet påverkade i mjölkningsfrekvensen i en studie där flera olika besättningar granskades.

Rangordning vid mjölkning

Kor har liksom många andra flocklevande djur en bestämd rangordning inom flocken (Jensen 2003). Rangordningen är oftast inte linjär i större grupper utan rangordningen är specifik mellan varje par kor och fastställs redan kort tid efter första mötet (Kondo & Hurnik, 1990). Djur av olika rang måste komma överrens om tillträde till utfodringsautomater och mjölkningsroboten i lösdriftsbesättningar med AMS. Kor med lägre rang går undan och lämnar plats för dem högre rang. Effekten av rangordningen visar sig till exempel när en kö uppstår framför mjölkningsstationen och dominanta djur då går före de andra (Olofsson, 2000). Med hjälp av datasimulering studerade Halachmi (2009) två typer av dagar i ett robotstall; delvis vanliga dagar med normalt antal djur i kö till roboten, och delvis dagar med mycket kö till roboten, vilket till exempel uppstår när många kor samtidigt vill ut på bete. I försöket visade det sig att kötiden en vanlig dag i genomsnitt var runt en timme längre för lågrankade kor (68 minuter väntetid) än vad den var för ”mellan-rankade” kor (10 minuter) och de dominanta korna (3,5 minuter). Vid undersökning av dagar med mycket kö blev skillnaderna ännu större (472, 101 respektive 5,6 minuter).

Flera studier har även antagit att dominanta djur genom att de har företräde före de undergivna får större möjlighet att välja att bli mjölkade under attraktiva tider på dygnet (Olofsson, 2000; Ketelaar, *et al.*, 1996). De dominanta djuren har setts minska sina besök nätter och tidiga morgnar (midnatt till 06.00) vilket verkar vara den minst attraktiva tiden att bli mjölkad, och de har också fler besök i roboten mellan kl. 12.00 och 18.00 än vad de lågrankade har. De lågrankade korna hade däremot många fler besök i roboten mellan klockan 18.00 och midnatt i en studie av Mehlqvist (2003). Det fanns även skillnader i kornas vilobeteende i samma studie då de högrankade korna låg ner i områden längre bort ifrån mjölkningsstationen timmen före mjölkning än vad de lågrankade gjorde, troligtvis på grund av att miljön var lugnare i den delen av stallet och därför fördelaktig att vila i.

Värmereglering

För mjölkkor liksom alla andra konstantvarma (homeoterma) djur är det viktigt att kroppstemperaturen hålls på en jämn nivå för att kroppens funktioner ska fungera normalt. Detta kallas värmebalans och innebär att den energi som tillförs djuret genom foder och omgivande värme måste förbrukas till underhåll, tillväxt, produktion av mjölk och ungar eller avges som värme. Ett värmereglerande system som under normala omgivande förhållanden balanserar värmeproduktion och värmeavgivning gör att djuren kan vara i värmebalans med sin omgivning (Blackshaw & Blackshaw, 1994). Förmågan att värmereglera är en evolutionär anpassning som gör att djuren kan fungera trots variation i den omgivande temperaturen (Silanikove, 2000). Processen är viktig för att kunna upprätthålla de biokemiska reaktioner och fysiologiska processer som är förknippade med en fungerande metabolism (Kadzere *et al.*, 2002).

För att ett djur ska kunna upprätthålla en jämn kroppstemperatur och vara i värmebalans med sin omgivande miljö måste värmeproduktionen och värmen som avges eller tas upp från omgivningen balanseras enligt följande ekvation:

$$M = HS \pm K \pm C \pm R + E$$

Där M = metabolisk värmeproduktion, HS = lagrad värme, K = värmeutbyte genom ledning, C = värmeutbyte genom konvektion, R = värmeutbyte genom strålning, E = värmeutbyte genom evaporation (Kadzere *et al.*, 2002; Silanikove, 2000).

Värmeproduktion

Under varma dagar ansamlas värme i kon från solens strålning, kontakt med andra värmekällor, samt från metabolisk värmeproduktion. På natten när det är svalare är förhållandena de omvända och den ansamlade värmen avges istället från kon till omgivningen (Kadzere *et al.*, 2002). Den metaboliska värmeproduktionen kommer från processer i foderomsättningen och står för ungefär en tredjedel av värmeproduktionen hos ett djur som vistas i en varm omgivning (Finch, 1986). Kroppsvärmen som produceras i samband med mjölkproduktion ökar i samband med att metaboliska processer och foderintag ökar med produktionen (West, 2003). För kor med hög produktion blir det därför en större ansträngning att vistas i värme än för dem med lägre produktion (West, 2003; Armstrong, 1994). Att göra av med den producerade värmen är essentiellt för att behålla kroppstemperaturen konstant. Om den ansamlade värmen i kroppen överstiger den värme som djuret kan avge ökar kroppstemperaturen och djuret drabbas av värmestress (Kadzere *et al.*, 2002).

Värmeavgivning

När värme avges sker det som fri eller bunden (till fukt) värmeavgivning. När den omgivande temperaturen ökar minskar möjligheten för djuret att göra av med värme genom fri värmeavgivning och den bundna värmeavgivningen ökar genom att djuret svettas och fukten avdunstar.

Värme kan avges på fyra olika sätt (Fuquay, 1981):

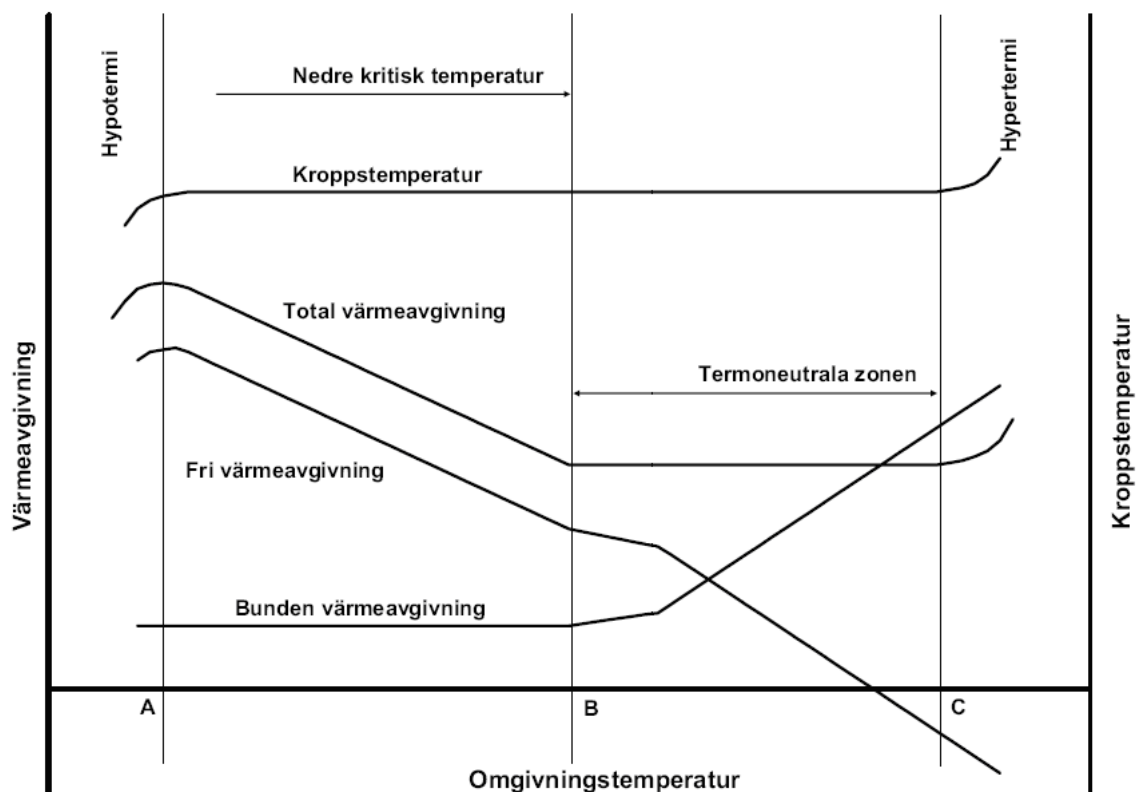
- *Konduktion* (ledning) betyder att värme leds genom direktkontakt från en yta till en annan. Storleken på värmeavgivning genom konduktion beror på objektets ledningsförmåga och skillnaden i temperatur mellan de två olika ytorna.
- *Radiation* (strålning). Värme strålar från varmare till kallare objekt.
- *Konvektion*. Det närmaste lagret av luft byts ut mot ett kallare lager av luft. Beror på vindens hastighet och temperaturskillnad.
- *Evaporation* (avdunstning). Bunden värmeavgivning som uppstår när svett eller fukt avdunstar från huden eller luftvägarna. Beror på temperatur och luftfuktighet.

Andelen av fri och bunden värmeavgivning varierar beroende på de omgivande förutsättningarna (Blackshaw & Blackshaw, 1994) och beskrivs enligt en modell som utformades på 70-talet, se Figur 1 (Mount, 1974). I modellen beskrivs kroppstemperaturen och de olika sätten på vilket värmeavgivning hos ett konstantvarmt djur sker under olika omgivande temperaturförhållanden. Den övre linjen i diagrammet visar kroppstemperaturen som kan hållas konstant mellan omgivningstemperaturerna A-C. Vid lägre omgivningstemperatur än A klarar djuret inte att producera tillräckligt med värme för att hålla sin kroppstemperatur, vilket innebär att den sjunker (hypotermi). Om omgivningstemperaturen överstiger punkt C klarar djuret inte längre att avge tillräckligt mycket värme och kroppstemperaturen kommer att öka (hypertermi).

Termoneutral zon

Den termoneutrala zonen (TNZ, se Figur 1) beskrivs som det temperaturintervall där djuren utan svårighet kan upprätthålla sin värmebalans. Inom den termoneutrala zonen är den totala värmeavgivningen konstant och den metaboliska värmeproduktionen oberoende av omgivningstemperaturen (Mount, 1974). Det är också inom TNZ som de bästa produktionsresultaten med minst fysiologiska kostnader uppnås (Kadzere *et al.*, 2002). TNZ begränsas av de övre och nedre kritiska temperaturgränserna. Dessa påverkas av en mängd faktorer såsom djurslag, ålder, vikt, päls, foderintag, fodersammansättning, produktion, hälsostatus, vindhastighet, luftfuktighet, tidigare acklimatisering till värme/kyla, tillgång till vindskydd och ströbädd, samt individuella variationer med mera. Vid omgivande temperaturer lägre än den nedre kritiska gränsen måste djuret äta mer foder och öka sin ämnesomsättning för att kunna behålla sin kroppstemperatur (Igono *et al.*, 1992). Vid högre temperaturer än den övre kritiska gränsen får djuren problem med att bli av med sin överskottsvärme, kroppstemperaturen ökar, djuren svettas mer och sänker sitt foderintag för att undvika värmeslag (Kadzere *et al.*, 2002). Flera studier har försökt uppskatta vilken som är den övre kritiska temperaturgränsen för mjölkkor, värdet är dock komplext och medan vissa studier pekar på ett värde mellan 24-27°C oberoende av tidigare acklimatisering och produktion (Berman *et al.*, 1985; Fuquay, 1981) menar andra att värdet varierar beroende på många olika faktorer vilket skulle medföra svårigheter att förutsäga temperaturens inverkan på mjölkkor (Kadzere *et al.*, 2002; Hahn, 1999). Hahn (1999) fann att andningsfrekvensen ökade redan vid en omgivningstemperatur på 21,3°C och därefter ökade med 4,3 andetag/minut för varje ökad grad däröver.

Förutom temperaturen finns det flera andra omgivande faktorer som luftfuktighet, vindens hastighet och solens strålning som även de bidrar till hur värmen påverkar mjölkkor (Armstrong, 1994). En hög luftfuktighet påverkar till exempel möjligheterna till bunden värmeavgivning. Temperaturer över 26-27 grader överskrider dock kornas termoneutrala zon även med en låg luftfuktighet menar Morrison (1983) och Armstrong (1994).



Figur 1. Modell för de konstantvarma djurens kroppstemperatur och värmeavgivning i relation till omgivningens temperatur. Inom område A - C är djuret i värmebalans och klarar av att hålla en konstant kroppstemperatur. Område B - C är den termoneutrala zonen med nedre och övre kritisk temperatur (modifierat efter Mount, 1974).

Temperatur – luftfuktighetsindex

Ett index där temperatur och luftfuktighet slås tillsammans, THI (Temperature-Humidity Index) används för att enklare kunna uppskatta graden av värmestress hos mjölkkor. (Armstrong, 1994).

THI räknas ut med formeln:

$$THI = (1,8T+32)-(0,55-0,0055RH)*(1,8T-26)$$

där T = lufttemperatur i °C och RH = relativ luftfuktighet (Kendall *et al.*, 2006).

Ett THI-värde på 72 motsvarar till exempel 25°C och 50 % relativ luftfuktighet. De övre kritiska THI-värdena för mjölkkor har bestämts till 64, 72 samt 76 för minimum, medel, respektive maximala THI per dygn (Igono *et al.*, 1992). Över dessa värden påverkas mjölkavkastning och foderintag negativt och korna kan lida av värmestress. Generellt medför THI-värden under 72 ingen stress, medan värden mellan 72-77 medför en mild värmestress, 78-89 en hög värmestress och värden över 90 en allvarlig värmestress (Armstrong, 1994). I senare studier visas dock skugga och andra nedkylningsmetoder vara effektiva redan vid värden lägre än 72 (Tucker *et al.*, 2008; Kendall *et al.*, 2007).

Värmestress

Värmestress uppstår när värmen från omgivningen och metabolismen överstiger gränsen för vad värmeavgivningen kan kompensera för. Värmen kommer då att ackumuleras i kroppen och kroppstemperaturen ökar. Karakteristiska tecken på värmestress inkluderar en ökad rektaltemperatur och andningsfrekvens och ett minskat foderintag (West, 2003; Bandaranayaka & Holmes, 1976). Det varmare sommarklimatet leder både till fysiologiska och beteendemässiga förändringar hos mjölkkor när de utsätts för värmen. När den omgivande temperaturen överskrider kroppstemperaturen finns flera strategier för att klara av värmebelastningen. Om dessa strategier misslyckas och värmen överskrider vad kroppen har kapacitet att kompensera för kommer kroppstemperaturen öka och slutligen kan djuret få värmeslag och i värsta fall dö.

Vid varma somrar fungerar den svala tiden på dygnet som en säkerhetsmarginal för att minska effekten av värmestress på produktionen (Igono *et al.*, 1992). En studie från Arizona visade att om nattertemperaturen inte sjönk under 21°C på natten hade korna inte samma möjlighet att återhämta inför nästa dags värme utan kroppstemperaturen förblev förhöjd (Scott *et al.*, 1983). När nätterna var svala kunde dock korna klara av relativt höga temperaturer under dagen genom att göra av med överflödig kroppsvärme på natten.

Lakterande mjölkkor är mycket mottagliga för värmestress på grund av deras stora kroppsyta och höga ämnesomsättning (West, 2003). Högvastande kor och de kor som är i en senare laktation än den första är mer utsatta för värmestress eftersom de också producerar mer värme (West, 2003; Armstrong, 1994). Lakterande mjölkkor tycks också var mer värmekänsliga och ha en högre rektaltemperatur vid varmt väder än dräktiga djur/sinkor, troligtvis främst på grund av den högre metaboliska värmeproduktionen (Shalit *et al.*, 1991).

Beteendeförändringar vid värme

Att ändra sitt beteende och till exempel uppsöka skugga eller dricka mer vatten är en strategi för att undvika värmestress och lättare hantera värmen. Vid perioder av hög värme söker korna upp skugga om det finns tillgängligt och de kan anpassa sitt födosökmönster efter värmen och tillgången på skugga (Tucker *et al.*, 2008; Blackshaw & Blackshaw, 1994). Vid soluppgång och solnedgång är betandet som mest effektivt och korna betar vanligtvis mest under dagtid (McDonald, 2002; Lefcourt & Schmidtman, 1989). Är vädret varmt kan korna dock ändra sitt beteende och beta mer på natten för att undvika att vistas i solen under den tiden på dagen när det är som varmast (Hahn, 1999; Wardrop, 1953). Tidigare studier från Kungsängen har visat att när vädret blir för varmt väljer mjölkkor att stanna inne i stallet eller går in om de har möjlighet (Karlsson, 2002). Liknande resultat har funnits i Holland där kor i automatiska mjölkningssystem tydligt visade att de föredrog att vistas ute på betet, men att vädret påverkade deras val och de spenderade mer tid i stallet dagtid vid varma väderförhållanden (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). I en dansk studie kunde man dock inte se att kornas preferens att vistas utomhus påverkades av vädret (Krohn *et al.*, 1992).

Varma dagar spenderar mjölkkor längre tid liggandes ner (Blackshaw & Blackshaw, 1994) vilket kan bero på att de har större behov av att vila i värmen men också att det svalare underlaget kan underlätta värmeavgivningen eftersom det leder bort viss värme.

Ett högt foderintag som hos lakterande mjölkkor ökar den metaboliska värmeproduktionen och kräver därför en större ansträngning för att reglera kroppstemperaturen (Kadzere *et al.*, 2002). Ett minskat foderintag är därför en direkt effekt av värmestress (West *et al.*, 2003). Temperaturer över den termoneutrala zonen påverkar betesintaget negativt hos mjölkkor

medan vattenintaget ökar (Fuquay, 1981). Vid temperaturer mellan 15-25°C är foderintaget detsamma men minskar därefter (McDonald *et al.*, 2002). För varje grads ökning av dygnsmedel över 25°C sjunker foderintaget med 2 % och vid temperaturer över 35°C kan intaget ha minskat med 10-35 % (McDonald *et al.*, 2002; Blackshaw & Blackshaw, 1994). Eftersom mjölkkor med hög mjölkproduktion har ett stort näringsbehov kan de drabbas negativt när foderintaget minskar på detta vis.

Fysiologiska förändringar vid värmestress

Utöver de beteendemässiga förändringar som korna gör när värmen ökar sker också ett flertal fysiologiska förändringar. Fysiologiska strategier för att hantera värmen innefattar att svettas mer, och att öka andningsfrekvensen för att öka avdunstningen från andningsvägarna (Kadzere *et al.*, 2002; Hahn, 1999). Även kroppstemperatur, blodvärden och mjölksammansättning ändras vid värmestress (Kadzere *et al.*, 2002; Regan & Richardsson, 1938). Som en bra indikator på hur värmebalansen påverkas och hur allvarlig stressen är fungerar rektaltemperaturen (Kadzere *et al.*, 2002). Under normala förhållande är rektaltemperaturen i det närmaste konstant och även små ökningar är tillräckligt för att påverka produktionsresultat negativt. Rektaltemperaturen är dock till viss del även knuten till nivån av produktion hos högmjölkkande kor och en ökning på 0,02°C/kg ECM hittades hos kor som mjölkade över 24 kg/dag (Berman *et al.*, 1985).

Förändringar i hormonnivåer förekommer med värmestress, men som indikator på värmestress är de svårare att använda eftersom de ibland är svåra att skilja från effekten av ett lägre foderintag (West, 2003).

Effekter på produktion och reproduktion

Eftersom djur som har problem att göra av med tillräckligt värme kommer att äta mindre kommer även produktionen att påverkas av värmestress (Bandaranayaka & Holmes, 1976). West *et al.* (2003) studerade hur kor i varmt fuktigt klimat påverkades av värmen och fann att ts-intaget och mjölkavkastningen minskade linjärt med ökning av temperatur och THI under den varma perioden. Det konstateras i artikeln att det tar ett par dagar innan man ser effekt av värmen på mjölkproduktionen. THI påverkade främst mjölkproduktionen två dagar senare. Detta beror på att det tar tid för kon att konsumera, bryta ner och omsätta fodret innan det blir mjölk. Intaget minskar på grund av värmen och det blir en fördröjning innan produktionen påverkas av detta. Dock har andra studier visat på negativa korrelationer mellan THI och mjölkavkastning även samma dag (Holter *et al.*, 1997; Kabuga, 1991).

När på året inkalvning sker har setts påverka det totala produktionsresultatet under hela den efterföljande laktationen. Kvigor som kalvar in under årets första två månader har en högre mjölkavkastning, fettprocent och effektivitet än de som kalvar in i juni och augusti enligt en studie från Cornell i USA (McDowell *et al.*, 1975). Troligtvis beror detta på skillnader i temperatur mellan dessa årstider. Under resten av året hittade man inga liknande skillnader.

Värmestress leder också till försämrad reproduktion vilket indirekt leder till sämre produktion. Kor i värmestress har kortare och mindre tydlig brunst, förändrad follikelutveckling och försämrad embryoutveckling (Jordan, 2003). En tidig studie rapporterade att andelen lyckade betäckningar minskade från cirka 61 till 45 % om rektaltemperaturen var förhöjd med en grad 12 timmar efter inseminationen (Ulberg & Burfening, 1967). Även andra studier har bekräftat att fertilitet är negativt korrelerat med maxtemperaturen ute dagarna kring insemination (Thatcher, 1974) och negativa effekter från värmestress på reproduktionen har hittats från 42 dagar före till 40 dagar efter inseminationen (Jordan, 2003).

Förebyggande åtgärder mot värmestress

För att underlätta för mjölkkor i varma klimat och för att undvika en försämrad produktion under perioder av värmestress finns flera möjliga olika åtgärder att ta till. Skugga, vattensprinklers, fläktar och kylt dricksvatten (underlättande åtgärder), ändrad fodersammansättning och fodertillsatser (produktionsförbättrande åtgärder) är alternativ som studerats och som fungerar olika bra.

Vatten

När lufttemperaturen stiger ökar kornas vattenintag för att ersätta kroppsvätskor som förlorats vid svettning och evaporation via andningen (Fuquay, 1981). Enligt en studie där de omgivande förhållandena var snarlika Svenska förhållandena, erbjöds mjölkkor vatten av olika temperatur. Man fann att ett kylt dricksvatten (10°C) kan hjälpa till att tillfälligt sänka kroppstemperaturen och minska värmestressen (Stermer *et al.*, 1986). Kallt vatten verkade också fungera som en uppmuntran för korna att gå in i den svalare mjölkavdelningen och hjälpte så till att sänka kroppstemperaturen under de varmaste timmarna på dagen. Någon positiv effekt på mjölkavkastningen med det kallare vattnet fanns dock inte i studien. Eftersom temperaturen på dricksvattnet har påverkan på kroppstemperaturen är det viktigt att vattenrör är placerade till exempel under marken så att vattnet inte värms upp och förvärrar värmestressen vid höga temperaturer (Philips, 2001).

Ventilation

I studier med fläktar och styrd ventilation noterades en märkbar effekt på kor som hölls i öppna stallar i Israel (Berman *et al.*, 1985). Vid temperaturer över 24°C minskade ökningen i rektaltemperaturen med hälften där ventilation fanns. Kor som svalkats med luftkonditionering i Florida gav nästan 10 % mer mjölk per dag än kor utan denna förmån, dessutom minskade den under sommaren annars förväntade försämringen i fertilitet (Thatcher, 1974).

Skugga

För att skydda korna mot höga temperaturer ute på betet kan det vara ett bra alternativ att erbjuda dem platser med skugga som skydd mot solens värmande effekt. Genom att erbjuda korna en skuggig plats kan man skydda dem från de värsta effekterna av värmestress. Flera studier visar på en effektiv sänkning i kroppstemperatur hos mjölkkor med tillgång till skugga i jämförelse med kor utan skugga att tillgå (Tucker *et al.*, 2008; Kendall *et al.*, 2006; Roman-Ponce *et al.*, 1977). Graden av minskning varierar mellan studier vilket troligtvis beror på att väderförhållandena varit olika. Man kan också se att kor i varmt klimat har lägre andningsfrekvens (Roman-Ponce *et al.*, 1977), kroppstemperatur och högre mjölkavkastning om de har tillgång till skugga (Kendall *et al.*, 2006; Roman-Ponce *et al.*, 1977).

I en Nya Zeeländsk studie visades bland annat att kor som hade tillgång till full skugga under byggda soltak hade lägre minsta kroppstemperatur än kor utan skydd av skugga eller i skugga som bara var delvis skyddande (Tucker *et al.*, 2008). Man visade också att solskydden användes av korna under den tiden på dagen när solstrålarna var som starkast, och att de när de fick välja mellan olika solskydd valde dem som skyddade så mycket som möjligt mot solstrålarna. Korna använde sig även av solskydden under de dagar där solen inte var lika stark, vilket tyder på att skugga är en viktig tillgång för mjölkkor under hela sommaren.

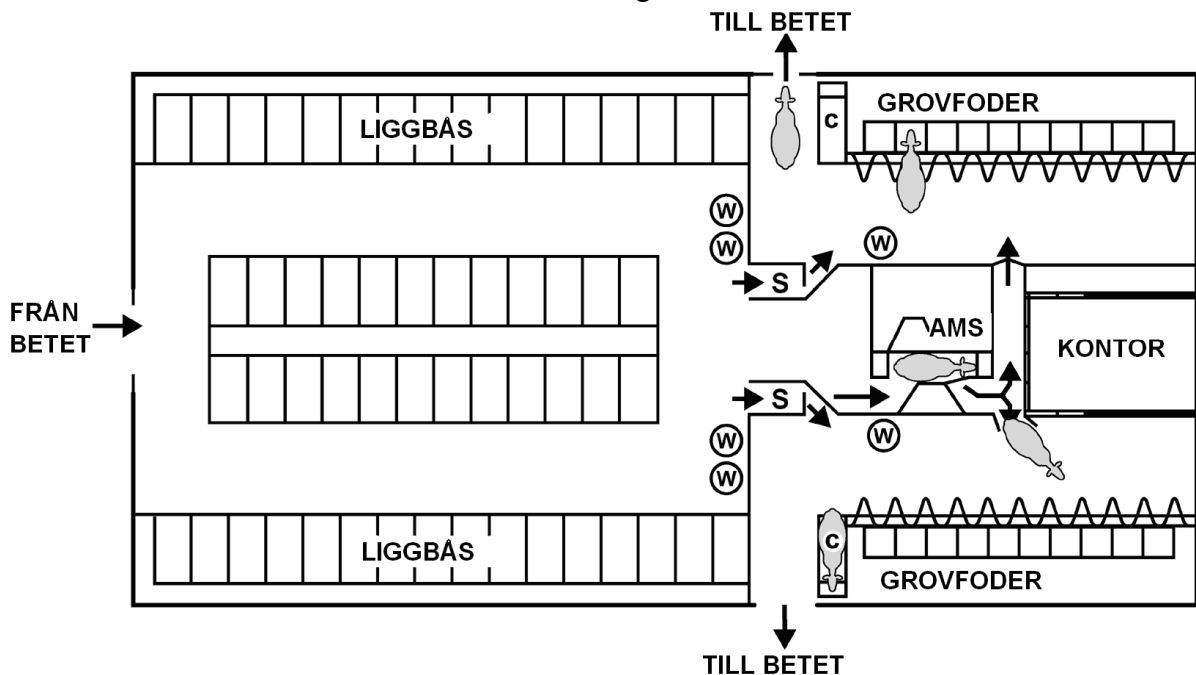
MATERIAL OCH METOD

Projektet baserar sig på en mängd datainformation rörande mjölkproduktion och förflyttningar som automatiskt har samlats in från mjölkkobesättningen i lösdriftsstallet på Kungsängens forskningsgård, SLU Uppsala, mellan åren 2004 – 2008. Eftersom det är betesperioden som undersöks i projektet är det enbart data från sommarmånaderna juni, juli och augusti, när korna haft tillgång till bete, som behandlats.

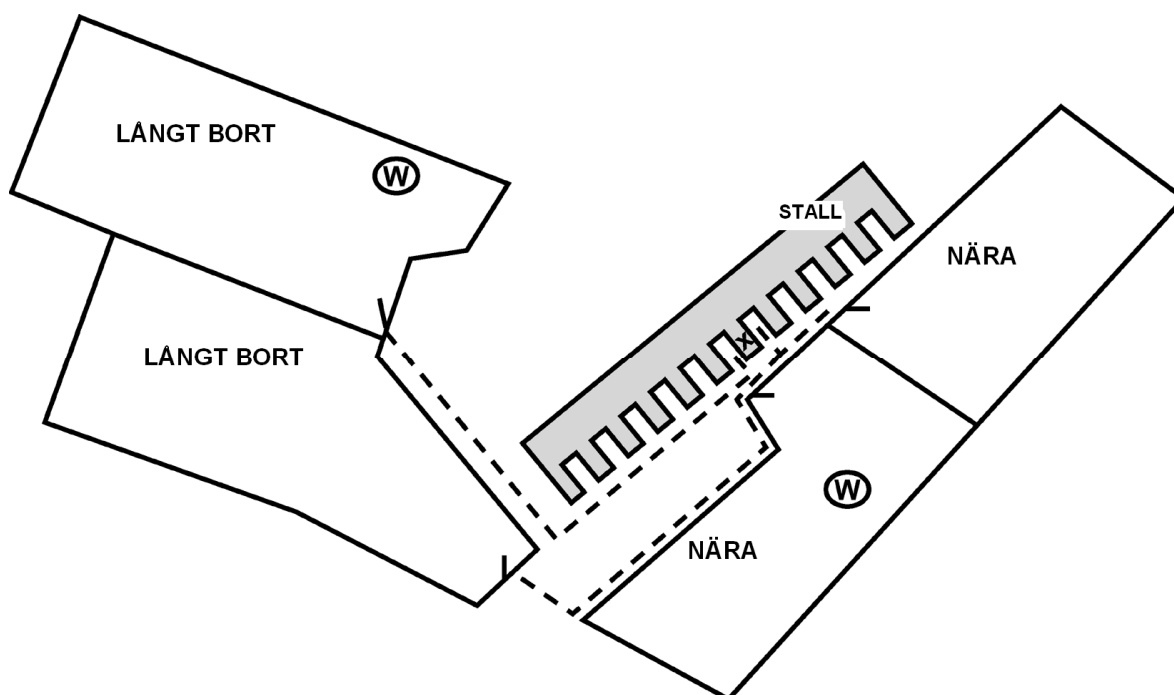
Gårdsbeskrivning

Mellan 50-56 kor av rasen SRB hålls i ovan nämnda lösdriftsstall (Figur 2). Stallet består av en liggavdelning med 56 liggbås, en mjölkrobot (AMS från DeLaval) med en angränsande uppsamlingsfälla, samt två identiska foderavdelningar med tio grovfoderplatser och en kraftfoderautomat var. Korna måste passera genom selektionsgrindar framför mjölkroboten för att komma från liggavdelningen in till foderavdelningarna. Om kon har mjölkningstillstånd matas 500 g kraftfoder ned i foderkrubban framför kon medan hon mjölkas. Om kon inte har mjölkningstillstånd kan kon gå direkt in i foderavdelningen, därifrån kan korna sedan gå ut på betet. För att komma tillbaka in i liggavdelningen måste korna gå ut och runt stallet. När de lämnat foderavdelningen kan de då välja om de vill gå vidare ut på betet eller in till liggavdelningen igen.

Korna går under sommarmånaderna på bete antingen nära stallet eller längre bort (se Figur 3). Från foderavdelningarna finns varsin utgång till betet och vallgator leder ut korna till rätt betesmark. Avståndet till det närliggande betet är ca 50 m till närmaste punkt och 330 m till den mest avlägsna punkten. Till betet långt bort är avstånden 260 – 850m till de närmsta respektive mest avlägsna punkten. Korna har generellt haft möjlighet att gå ut på betet för att vistas utomhus när de själva önskar dygnet runt under somrarna. Under vissa perioder har dock korna medverkat i andra försök där betestillgången begränsats. Hur detta hanterats i denna studie beskrivs under avsnittet datainsamling.



Figur 2. Skiss över stallet på Kungsängen. En stor liggavdelning med 56 liggbås, två foderavdelningar med 10 grovfoderbås och en kraftfoderstation vardera. Från liggavdelningen sorteras (S) korna antingen in i mjölkroboten (AMS) eller till foderavdelningarna varifrån de har tillgång till att gå ut på bete.



Figur 3. Beskrivning av betets lokalisering i förhållande till lösdriftsstallet (markerat med X). Avståndet till det närliggande betet är mellan 50 – 330 m (närmsta till mest avlägsna punkt) och till betet långt bort är det 260 – 850 m.

Datinsamling

Förflytningsdata

Mjölkkorna i studien går i en lösdrift med automatisk mjölkning och varje ko bär en transponder runt halsen. På somrarna registreras med transponderns hjälp varje gång korna passerar dörrarna mellan stallet och betet. Exakta tiden de gick ut och tiden de gick in igen lagras och med hjälp av dessa registreringar har tiden som korna befunnit sig utomhus kunnat räknas ut. Detta kunde sedan statistiskt analyseras tillsammans med information om väderförhållanden för bestämma hur temperatur och THI påverkade tiden korna spenderade ute.

Det gick även räkna ut hur många kor som befann sig ute respektive inne vid en viss tid på dygnet, på så sätt har en bild av kornas förflyttningar och gruppens beteendemönster skapats som sedan grafiskt kunnat jämföras med olika väderförhållanden.

Andra försök som påverkat korna

Under åren för denna studie har det under perioder pågått flera andra betesförsök med korna i fråga. Flera av dessa har i hög grad påverkat kornas betesbeteende och i vissa fall även begränsat tillgången till utevistelse och bete. Eftersom korna då varit så påverkade av andra yttre faktorer än vädret under dessa perioder kan man inte säga att de själva valt när på dygnet de vill vara på betet, vilket är grundförutsättningen i detta projekt. Dessa perioder och/eller de individer som haft begränsad betestillgång har därför fått uteslutas ur den del av studien där kornas beteendemönster och förflyttningar studerats. Dessutom har behandlingen av förflytningsdata skett år för år, för att på så sätt kunna innefatta parametrar från de olika försöken. För den delen av studien som rör mjölkproduktion har databehandlingen inte tagit hänsyn till de olika andra betesförsöken. De statistiska beräkningarna av tiden som djuren är ute på bete baseras på data från enbart 2005 och 2007 då inga andra betesförsök påverkat djuren (se Tabell 1).

Sommaren 2004 hade en del av korna endast tillgång till bete under 12 timmar per dygn medan resten hade fritt bete under 24 timmar. De kor som hade begränsad tillgång kunde inte gå ut mellan 19.30-06.30. Detta försök har inte lett till någon rapport så exakta detaljer om detta försök finns ej att tillgå. Data för 2004 sträcker sig av okänd anledning endast till den 13e juli och har inte använts för de statistiska beräkningarna om hur lång tid korna var ute. Förflyttningsdata användes endast från de djur som hade fri tillgång till betet dygnet runt i de grafiska figurerna som visar när på dygnet korna var ute.

Sommaren 2005 pågick inget annat betesförsök. All data från perioden har använts i alla avseenden i detta projekt.

Sommaren 2006, mellan den 5e juni och den 1a augusti, pågick ett försök där man jämförde riklig betestillgång med begränsat bete. Under denna period hade korna endast möjlighet att gå ut till betet mellan klockan 06.30 - 15:00. Utöver dessa tider kunde korna inte gå ut på bete utan styrdes direkt in i liggavdelningen från foderavdelningen. Korna var också indelade i två behandlingsgrupper där den ena gruppen endast hade tillgång till utevistelse i rastfälla (Falk, 2007). Inga förflyttningsdata från 2006 har kunnat användas för beteendestudier i detta projekt eftersom kornas beteende i så hög grad var styrt under i princip hela sommaren.

Sommaren 2007 pågick inget annat betesförsök. All data från perioden har använts i alla avseenden i detta projekt.

Sommaren 2008 hade en grupp av korna endast tillgång till utevistelse i rastfälla. De djur som bara hade ett rastbete fick full utfodring med kraftfoder och grovfoder inne i stallen. De djur som hade tillgång till bete fick kraftfoder inne men inget grovfoder inne utan när betet inte fanns i tillräcklig mängd fick de ensilage ute i betesfällan (Spörndly, 2009) All data från perioden har använts i detta projekt, dock har djuren i de grafiska figurerna delats upp utifrån om de gick på betet eller i rastfällan.

Mjölldata

All data som avser kornas mjölkproduktion registreras varje gång en ko mjölkas i mjölkroboten. Eftersom roboten är i bruk i stort sett dygnet runt, och korna har möjlighet att bli mjölkade när de vill, mjölkar korna inte ett regelbundet antal gånger varje dygn. För att undersöka hur den dagliga mjölkproduktionen för varje ko påverkas av yttre väderförhållanden måste därför en daglig produktion, som inte påverkas av de ojäma mjölkningsintervallerna, räknas ut. Tre olika sätt att kalkylera ett korrekt värde för daglig mjölkproduktion i AMS har studerats av Nielsen *et al.* (2010) och det sätt som resultatet visade var mest korrekt för att räkna ut en daglig mjölkproduktion har använts i denna studie. Daglig mjölkavkastning definierades då som summan av mjölkproduktionen per timme från midnatt till första mjölkning, från mjölkproduktionen från första till sista mjölkning per dag samt från mjölkproduktion per timme från sista mjölkning till midnatt, där mjölkproduktion per timme räknas ut genom att dela mjölkproduktion med tiden sedan senaste mjölkning från dagen innan/tiden till nästa mjölkning dagen efter.

Under tiden som datainsamling pågått till denna studie har en del kor lämnat besättningen och ersatts, medan andra återkommer i flera laktationer. I Tabell 1 redovisas vilka tidsperioder, hur många individer och laktationer som de statistiska analyserna grundar sig på, samt genomsnittlig mjölkproduktion för korna i besättningen.

Tabell 1. Sammanställning av de tidsperioder, antal individer och laktationer, som använts i de statistiska analyserna för mjölkproduktion och tid på bete, samt genomsnittlig avkastning för korna i studien

| <i>Statistisk analys</i> | <i>Tidsperiod</i> | <i>Avkastning (kg/dygn och ko)</i> | <i>Antal individer</i> | <i>Antal laktationer (varav 1:a laktationer)</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|--|
| – | Januari - december 2004-2008 | 28,8 | 191 | 335 (–) |
| Mjölkproduktion | Juni – augusti 2004 – 2008 | 26,8 | 144 | 231 (100) |
| Tid ute | Juni – augusti 2005, 2007 | – | 71 | 85 (39) |

Väderdata

Alla väderdata som använts i studien kommer från den offentliga väderstationen på Ultuna, 3 km från Kungsängen där korna fanns. Det har antagits att vädret som registreras där är likvärdigt med vädret på Kungsängen. Användandet av väderinformation från offentliga väderstationer har tidigare utvärderats i samband med uppskattning av värmestress hos mjölkkor och ansetts fullgod och likvärdig med väderinformation från gården (Freitas *et al.*, 2006). Väderstationen har varje timme registrerat en mängd olika väderdata. De som främst varit av intresse i studien är data om temperatur, luftfuktighet och nederbörd. THI har sedan räknats ut med formeln:

$$THI = (1,8 \cdot T + 32) - (0,55 - 0,0055 \cdot RH) \cdot (1,8 \cdot T - 26)$$

där T = lufttemperatur i °C och RH = relativ luftfuktighet (Kendall *et al.*, 2006).

Statistisk analys

För de statistiska bearbetningarna av data användes dataprogrammet SAS (version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). De statistiska databearbetningarna är uppdelade i två delar och programmet användes dels för att analysera vädrets påverkan på mjölkproduktionen och dels för att analysera vädrets påverkan på tiden korna spenderade ute. P-värden <0,05 ansågs vara signifikant.

Mjölkproduktion

För att analysera om det fanns någon påverkan av olika väderparametrar på mjölkproduktionen användes PROC MIXED analys eftersom modellen hade både fixa, upprepade och slumpmässiga faktorer. Varje väderparameter analyserades för sig i modellen som var:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + L_k + V_l + e_{ijkl}$$

Där Y_{ijkl} var uppskattad förändring i mjölkavkastning beroende på väderparametern V_l , μ var totalmedelvärdet, α_i var den slumpmässiga effekten av individuella kor $i = 1, \dots, 144$; β_j var effekten av laktationsnummer $j = 1, \dots, 8$; $(\alpha\beta)_{ij}$ var det slumpmässiga samspelet mellan ko och laktation; L_k var parametrar för att uppskatta laktationskurvans effekt och därmed renodla modellen, V_l var effekten av de olika väderparametrarna $l = 1, \dots, 12$; och e_{ijkl} var residualvärdet.

Tabell 2. Variabler (V_l) för väder som användes vid analys av mjölkproduktion

| <i>Variabel</i> | <i>Beskrivning av variabel</i> |
|-------------------|--|
| Medeltemperatur | Genomsnittlig temperatur samma dag |
| Medeltemperatur 1 | Genomsnittlig temperatur dagen innan |
| Medeltemperatur 2 | Genomsnittlig temperatur två dagar innan |
| Maxtemperatur | Maximala temperaturen samma dag |
| Maxtemperatur 1 | Maximala temperaturen dagen innan |
| Maxtemperatur 2 | Maximala temperaturen två dagar innan |
| Medel THI | Genomsnittliga THI samma dag |
| Medel THI 1 | Genomsnittliga THI dagen innan |
| Medel THI 2 | Genomsnittliga THI två dagar innan |
| Max THI | Maximala THI samma dag |
| Max THI 1 | Maximala THI dagen innan |
| Max THI 2 | Maximala THI två dagar innan |

De väderparametrar V_l som användes i analysen var medel- och maxvärden per dygn av temperatur och THI. Eftersom tidigare studier har visat att värmens effekt på mjölkproduktionen kan ha en viss fördröjning (West *et al.*, 2003) analyserades effekten av temperaturen och THI samma dag, en dag före och två dagar före den aktuella mjölkningen. Detta väderparametrar som analyserades för sig i modellen beskrivs i Tabell 2.

Tid ute

För analysen av hur vädret påverkade tiden korna spenderade ute användes PROC MIXED i SAS 9.1. De väderparametrar som användes i analysen var medel- och maxvärden per dygn av temperatur och THI.

Modellen som användes var:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + L_k + V_l + e_{ijkl}$$

Där Y_{ijkl} var uppskattad förändring i tiden korna spenderade ute beroende på väderparametern V_l , μ var totalmedelvärdet, α_i var den slumpmässiga effekten av individuella kor $i = 1, \dots, 71$; β_j var effekten av laktationsnummer $j = 1, \dots, 6$; $(\alpha\beta)_{ij}$ var det slumpmässiga samspelet mellan ko och laktation; L_k var parametrar för att uppskatta laktationskurvans effekt och därmed renodla modellen, V_l var effekten av de olika väderparametrarna $l = 1, \dots, 4$; och e_{ijkl} var residualvärdet.

Tabell 3. Variabler (V_l) för väder som användes vid analys av tid på betet

| <i>Variabel</i> | <i>Beskrivning av variabel</i> |
|-----------------|------------------------------------|
| Medeltemperatur | Genomsnittlig temperatur samma dag |
| Maxtemperatur | Maximala temperaturen samma dag |
| Medel THI | Genomsnittliga THI samma dag |
| Max THI | Maximala THI samma dag |

RESULTAT

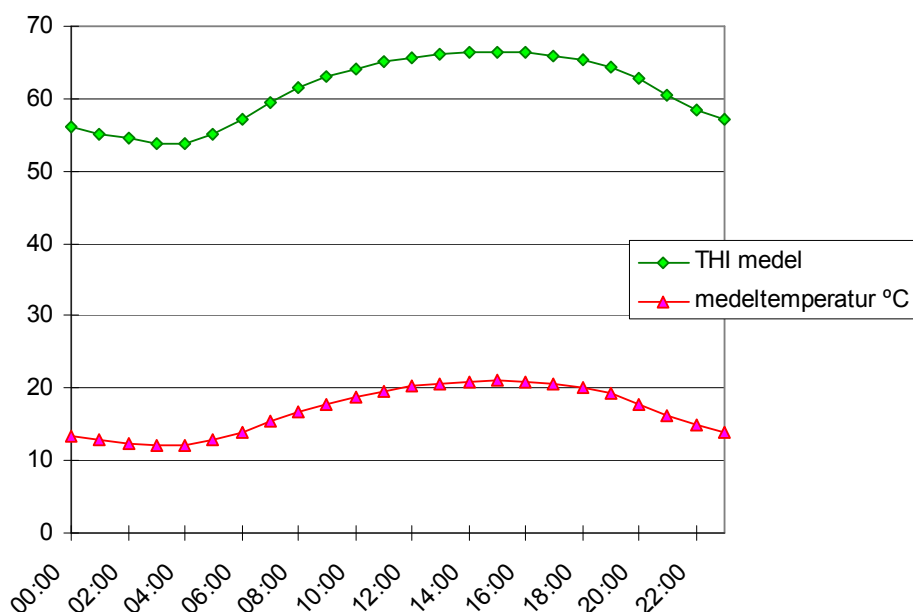
Väder

Väderförhållandena under somrarna 2004 till 2008 sammanställs per månad i Tabell 4. Under tiden för studien fanns både varma och svalare månader representerade. Temperaturen varierade mellan $-0,4^{\circ}\text{C}$ (minsta nattemperatur augusti 2006) och $31,2^{\circ}\text{C}$ (maximala dagstemperatur juli 2005) och medeltemperaturen per månad varierade mellan $13,8^{\circ}\text{C}$ (juni 2004) och $19,4^{\circ}\text{C}$ (juli 2006). Värdena för THI under samma period varierade mellan 32,5 och 77,6. Vissa månader nådde THI-värdet aldrig över stressnivån 72, medan det värdet överstegs flera timmar om dagen under andra månader. Sommaren 2006 uppmättes 124 timmar med THI över 72 medan sommaren 2007 bara hade 48 sådana timmar.

Under dygnet varierade THI och temperatur. Varmast och högst THI var det mellan klockan 13.00 och 17.00 på eftermiddagen medan det var som svalast tidig morgon mellan 01.00 och 05.00, se Figur 4.

Tabell 4. Sammanfattning över temperatur och THI under de studerade somrarna

| År | Månad | Temperatur | | THI | | THI \geq 72 |
|------|-------|------------|-------------|-------|-------------|---------------|
| | | Medel | Min och max | Medel | Min och max | tim/mån |
| 2004 | Juni | 13,8 | 1,35 - 24,7 | 56,4 | 35,1 - 68,7 | 0 |
| | Juli | 16,1 | 7,3 - 24,3 | 60,2 | 45,4 - 69,9 | 0 |
| | Aug | 17,3 | 2,3 - 30,1 | 62,0 | 36,5 - 76,4 | 73 |
| 2005 | Juni | 14,1 | 0,5 - 25,2 | 56,9 | 34,0 - 72,0 | 1 |
| | Juli | 18,1 | 6,2 - 31,2 | 62,8 | 43,8 - 77,4 | 54 |
| | Aug | 15,9 | 5,5 - 24,6 | 59,9 | 41,6 - 71,7 | 0 |
| 2006 | Juni | 16,4 | -0,1 - 29,0 | 60,1 | 33,4 - 75,2 | 31 |
| | Juli | 19,4 | 5,9 - 30,6 | 64,7 | 43,9 - 77,0 | 72 |
| | Aug | 17,9 | 7,9 - 29,9 | 62,6 | 46,8 - 74,7 | 21 |
| 2007 | Juni | 15,9 | 2,7 - 29,5 | 59,3 | 37,7 - 73,8 | 10 |
| | Juli | 16,6 | 6,5 - 26,0 | 60,8 | 44,4 - 71,6 | 0 |
| | Aug | 16,8 | -0,4 - 28,2 | 61,2 | 32,5 - 75,0 | 38 |
| 2008 | Juni | 15,6 | 3,1 - 28,7 | 58,9 | 38,2 - 74,0 | 14 |
| | Juli | 17,9 | 4,4 - 31,0 | 62,2 | 40,6 - 77,1 | 52 |
| | Aug | 15,1 | 3,8 - 24,5 | 58,8 | 39,7 - 71,3 | 0 |



Figur 4. Genomsnittlig dygnsvariation i THI och temperatur över de studerade somrarna 2004 – 2008.

Beteende

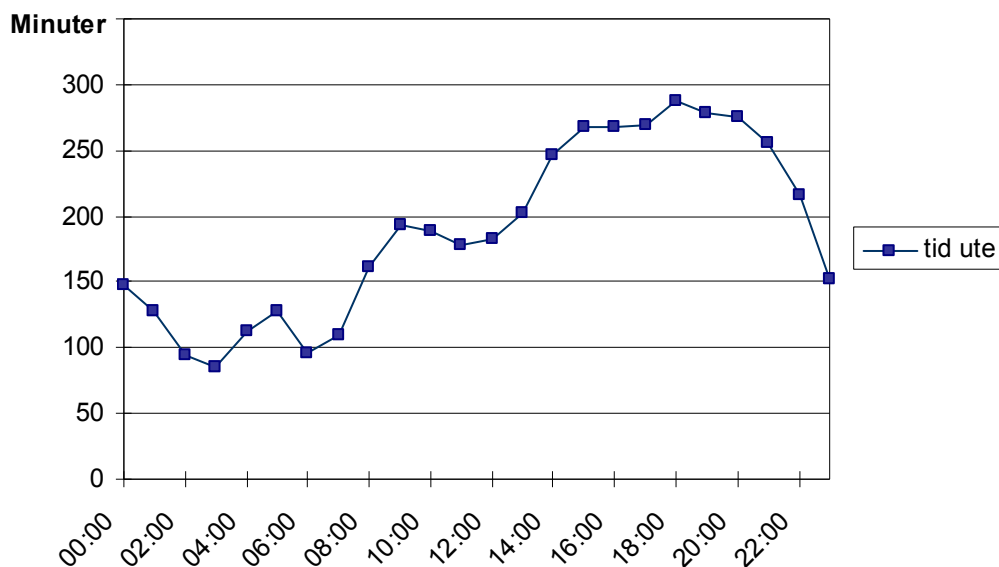
Tid på betet

Genom att kornas rörelse in och ut från stallet registrerats vet man när de går ut, när de kommer in och hur länge de varit ute på betet. Korna var i genomsnitt ute totalt 445 (± 278) minuter per dygn (7,43 timmar) de år det inte pågick andra betesförsök (2005, 2007). I figur 5 visas hur lång tid de spenderade utomhus beroende på vilken tid på dygnet de gick ut. Längst tid på betet spenderades om korna gick ut på eftermiddag/kvällen mellan klockan 14.00 och 22.00, då var de kvar ute i genomsnitt mellan 250 och 287 minuter varje gång de gått ut. Kortast tid ute var korna i allmänhet om de gick ut mellan 23.00 och 07.00, då de i genomsnitt var ute mellan 85 och 151 minuter, och i synnerhet om de gick ut 02.00-04.00 och 06.00-07.00 då de var ute mindre än 100 minuter per utgångstillfälle.

De statistiska beräkningarna visade att tiden korna spenderade ute på betet påverkades av både temperatur och THI, se Tabell 5. Medeltemperaturen per dygn visade sig påverka korna mest av de olika testade variablerna. För varje grads ökning av medeltemperaturen minskade tiden som korna var ute med 6,71 minuter per dygn, medan en ökning av THI med ett minskade utetiden med 4,31 minuter per dygn. Även maxvärdena för temperatur och THI per dygn påverkade tiden korna var ute och för varje ökad grad minskade tiden på betet med 5,08 respektive 3,33 minuter per dygn.

Tabell 5. Effekten när temperatur och THI ökade med ett, på tiden som korna spenderade ute på bete per dygn

| Variabel | Beskrivning av variabel | Effekt (min)/ dygn och ökad grad | P-värde | Signifikans |
|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|---------|-------------|
| Medeltemperatur | Genomsnittlig temperatur samma dag | - 6,71 | <0,0001 | *** |
| Maxtemperatur | Maximala temperaturen samma dag | - 5,08 | <0,0001 | *** |
| Medel THI | Genomsnittliga THI samma dag | - 4,31 | <0,0001 | *** |
| Max THI | Maximala THI samma dag | - 3,33 | 0,0004 | *** |



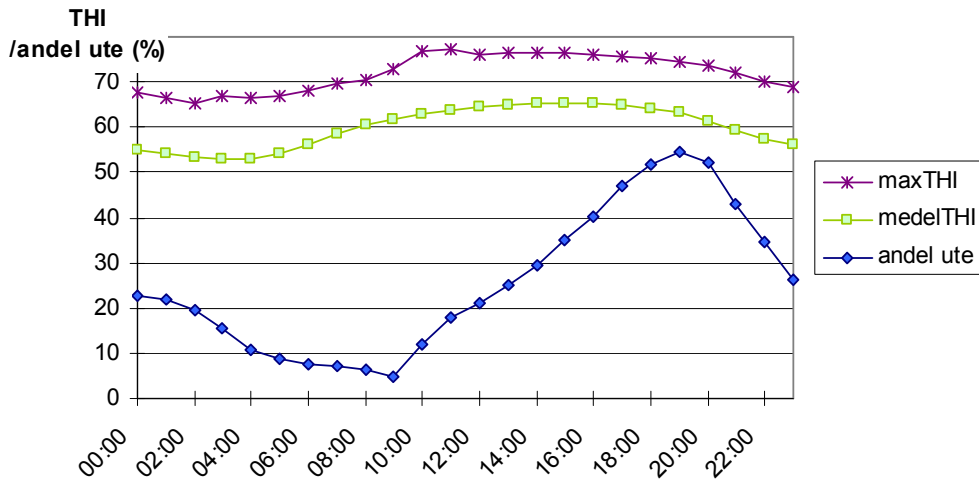
Figur 5. Tid som korna spenderade ute på betet beroende på vilken tid på dygnet de gick ut. Medelvärde för alla kor under åren 2005, 2007-2008 då utevistelsen inte begränsades av andra betesförsök.

Val av utevistelse

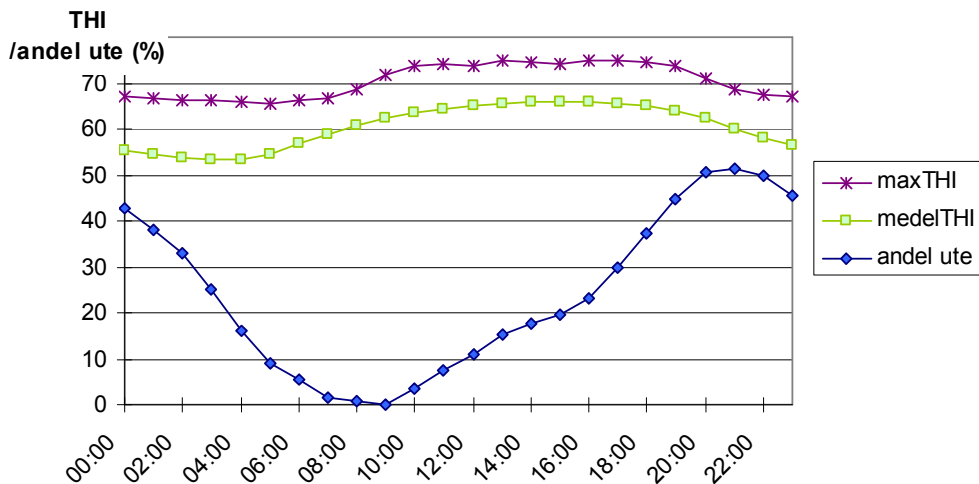
Kornas egna val av utevistelse och förflyttningsmönster mellan stallet och betet illustreras genom att visa andelen kor som var ute på betet vid en viss tidpunkt på dygnet. Först belyses medelvärden för de åren där betesdriften inte var begränsad av andra försök, 2005 och 2007 (figur 6-7). I figurerna visas också medelvärden för THI och det maximalt uppnådda THI för den tidpunkten. Det är tydligt att kornas dygn följer ett mönster där många var inne i stallet under natten och morgonen. Fram till klockan 09.00 på morgonen var det som flest kor inne i stallet och de började sedan lämna stallet för att gå ut på betet. Andelen kor som var ute ökade sedan stadigt efter det och många var ute på betet under eftermiddagen och kvällen. År 2007 syns en tydligare ökning av kor som går ut till betet efter klockan 15.00. Flest kor var ute mellan klockan 18.00 och 20.00 år 2005 (ca 50 %) och mellan klockan 20.00 och 22.00 år 2007. Sedan börjar korna gå in från betet och tillbaka till nattvilan inne i stallet.

Under 2008 var en del av korna endast tillåtna att gå ut i en rastfålla, medan resten gick ut på betet (Figur 8). Av de kor som endast gick i rastfålla under 2008 var betydligt färre ute än av dem som gick på bete.

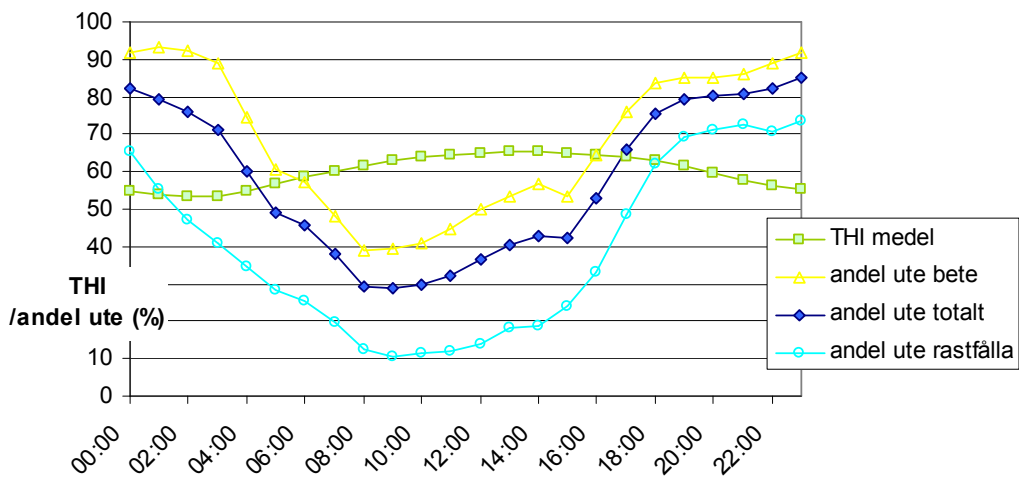
Hur många kor som var ute skilde sig även en del mellan åren. Under år 2005 och 2007 var mönstren relativt lika, det ser dock ut som att korna år 2007 hade samma mönster i fråga om hur många kor som var ute i taget, men med två till tre timmar fördröjning jämfört med 2005 och därmed fler djur som var ute mellan 00.00 och 06.00 men färre som var ute mellan 09.00 och 19.00. År 2008 syns att det generellt var mycket fler av korna ute under hela dygnet än vad som setts de tidigare åren. År 2008 syns också tydligt att det var många fler kor som gick ut efter klockan 15.00 än tidigare på dagen.



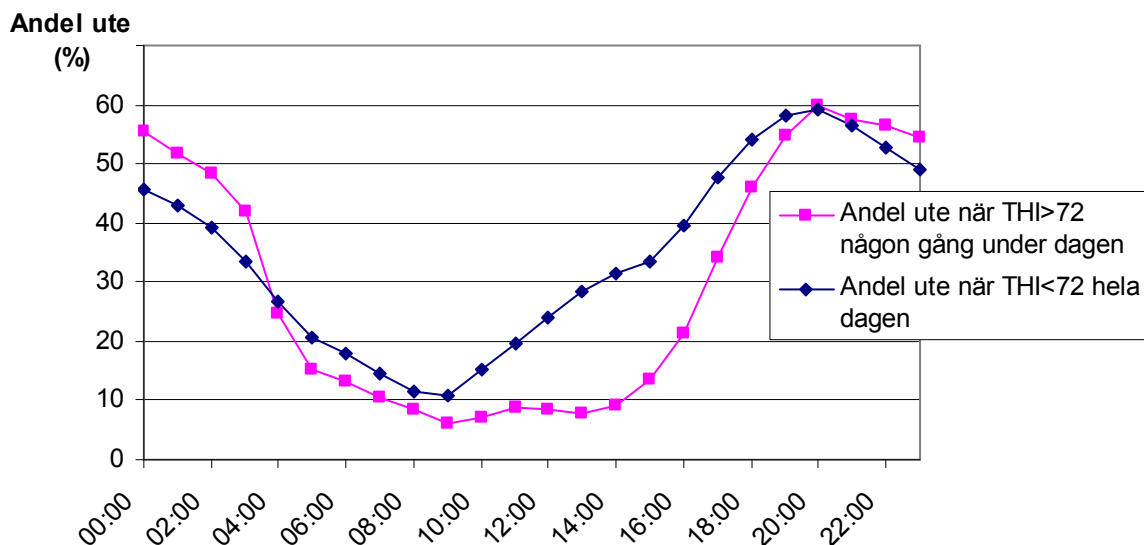
Figur 6. Utevistelse sommaren 2005. På natten och den morgonen var en stor andel av korna inne i stallet för att sedan röra sig mot betet. Störst andel kor var ute vid klockan 19.00.



Figur 7. Utevistelse sommaren 2007. De flesta kor var inne på morgonen och förmiddagen. Efter klockan 15.00 ökade andelen kor som var utomhus hastigt och störst antal kor var ute mellan klockan 20.00-22.00.



Figur 8. Utevistelse sommaren 2008. Av de kor som bara hade tillgång till rastfålla vistade sig en mindre andel utomhus ute än av de som gick på bete. Korna var mer inne på morgonen och förmiddagen medan en mycket stor andel av dem var ute på kväll och natt.

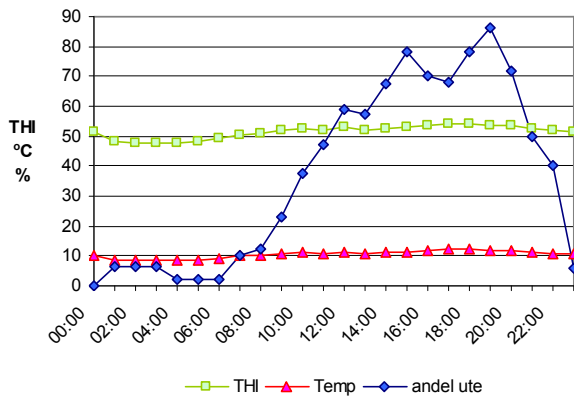


Figur 9. Andel kor som var ute vid en särskild tid på dygnet de dagar THI vid någon tidpunkt översteg 72 (totalt 27 dagar under åren 2005, 2007 och 2008) samt de dagar då THI aldrig översteg 72 (Totalt 236 dagar under åren 2005, 2007 och 2008).

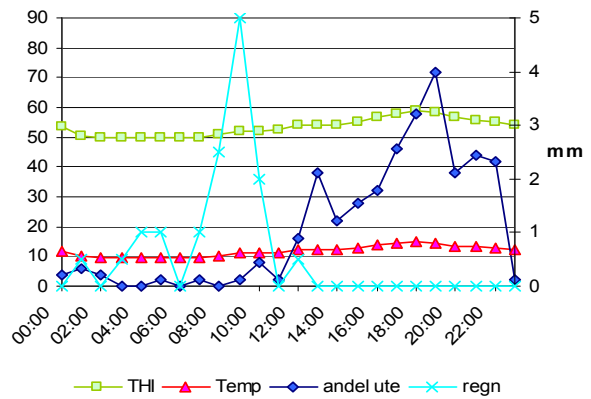
Eftersom tidigare studier (Igono *et al.*, 1992) pekat på att ett gränsvärde för vad korna klarar av att hantera går vid THI 72 gjordes en jämförelse av hur kornas beteendemönster såg ut för de dagar då THI aldrig översteg 72 mot de dagar när THI vid någon tidpunkt på dagen översteg 72, se Figur 9. I figuren visas att det var konstant fler kor som var ute mellan 04.00 och 20.00 de dagar då THI var lågt. Särskilt tydligt var det mellan klockan 10.00 och 14.00 då många kor under de dagar THI var lågt började röra sig från stallet och ut på betet, medan det konstant var under 10 % av korna som var ute den tiden de dagar då THI överskred 72, och de först därefter började gå ut på betet. Först klockan 20.00 var det lika stor andel kor ute de varma dagarna som de svala. Det var också fler kor utomhus på natten mellan 22.00 och 03.00 de varma dagarna än de svalare dagarna.

Utevistelse en sval vecka

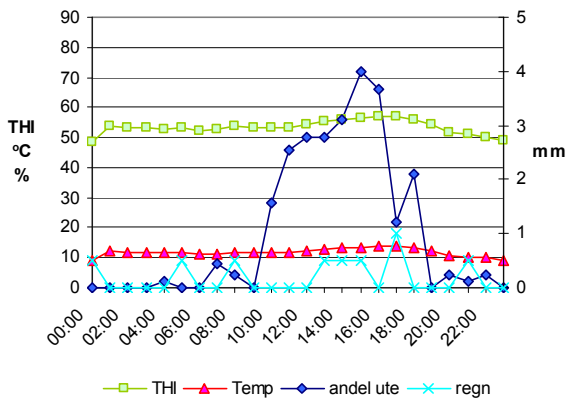
För att få en mer detaljerad bild av kornas dygnsrytm och förflyttningar mellan betet och stallet och hur detta påverkas av vädret gjordes en jämförelse av detta under dagarna i en sval vecka mot dagarna i en varm vecka. Följande diagram visar andelen kor som var ute en viss tid på dygnet under en sval vecka i juni 2005 (figur 10-15). THI varierade mellan ungefär 50 och 60 hela den studerade veckan. Under denna vecka var korna generellt inne på nätterna, väldigt få var ute mellan 23.00 och 09.00-10.00. Många gick sedan ut på betet under förmiddagarna. Undantaget var den 4e juni (figur 11) då det regnade mycket på morgonen och förmiddagen, man ser i figuren att korna då höll sig inne under det värsta regnet. Även dagen efter kom det lite regn, en topp på 1 mm. syns klockan 17.00, då det också syns en tydlig minskning i andelen kor som var ute (Figur 12).



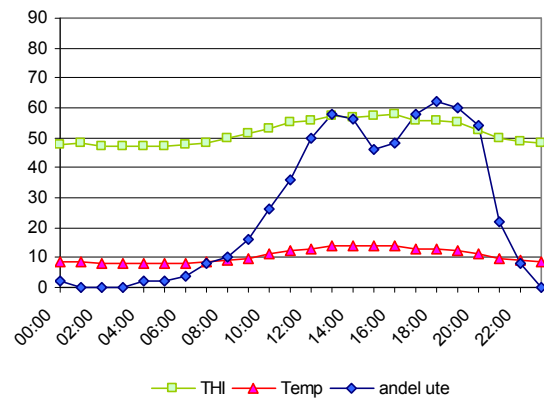
Figur 10. Utevistelse och väder den 3 juni.



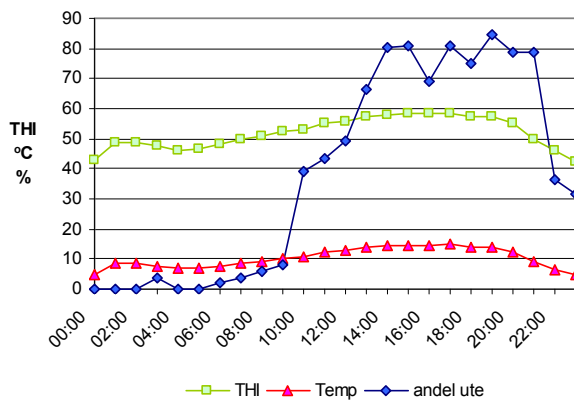
Figur 11. Utevistelse och väder den 4 juni.



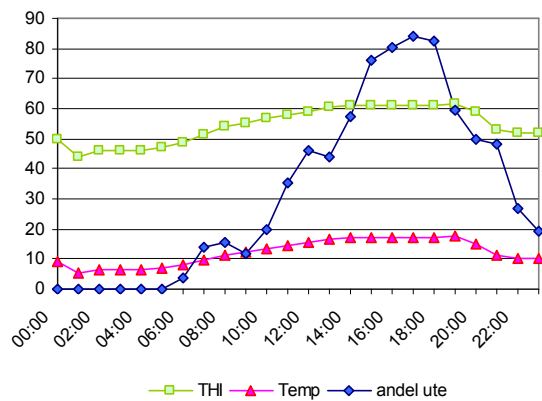
Figur 12. Utevistelse och väder den 5 juni.



Figur 13. Utevistelse och väder den 6 juni.



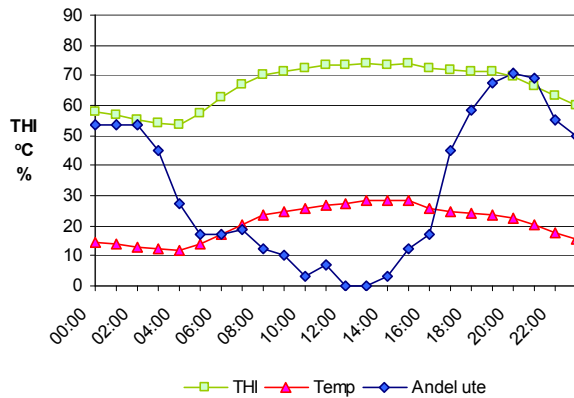
Figur 14. Utevistelse och väder den 7 juni.



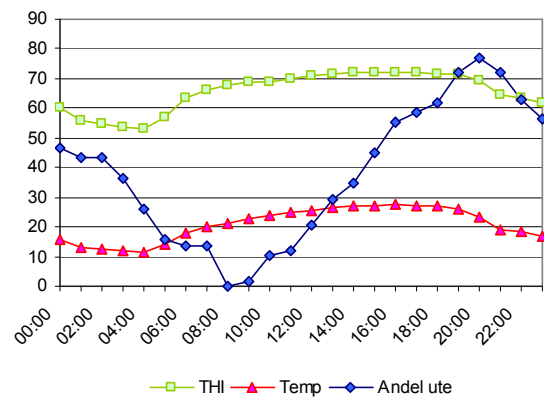
Figur 15. Utevistelse och väder den 8 juni.

Utevistelse en varm vecka

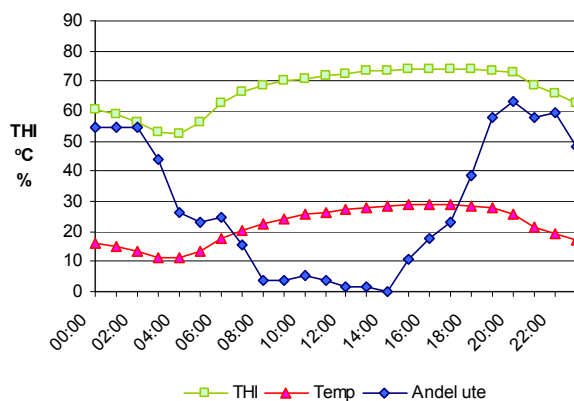
Följande diagram visar en av de varmaste dagarna i studien, den 12 juli 2005 och dagarna runt omkring denna varma dag (figur 16-21). THI översteg 72 flera timmar denna vecka, den 12 juli ses värden närmare THI 80. Den 10 juli samt den 14 juli var dock THI under 72 hela dagarna. Till skillnad från resultaten från den svala veckan ovan (figur 10-15) var korna mer ute på nätterna mellan 23.00 och 04.00 under denna varma period. De dagar då THI översteg 72 var det också många fler kor som var kvar inne i stallet till senare på eftermiddagen och gick inte ut förrän vid 16.00-18.00, tiden när det var störst andel kor ute inträffade också senare på kvällen än vad den gjorde under den svala veckan.



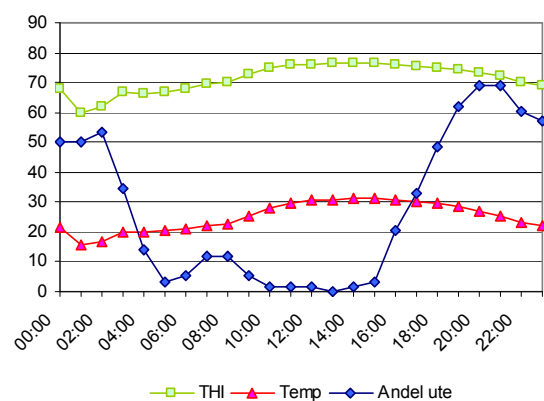
Figur 16. Utevistelse och väder den 9 juli.



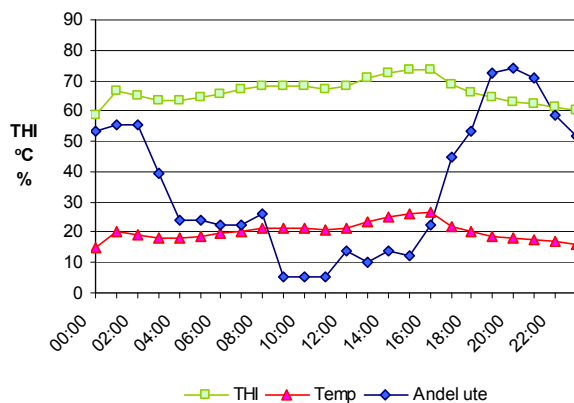
Figur 17. Utevistelse och väder den 10 juli.



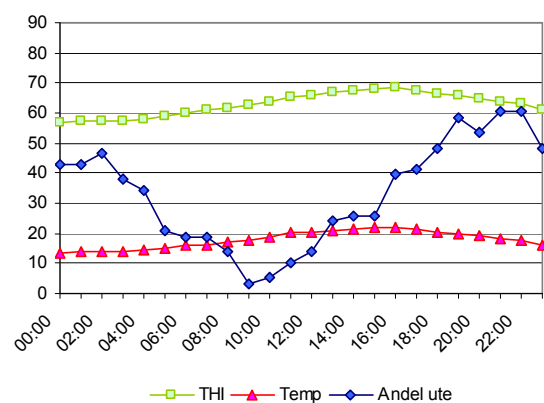
Figur 18. Utevistelse och väder den 11 juli.



Figur 19. Utevistelse och väder den 12 juli.



Figur 20. Utevistelse och väder den 13 juli.



Figur 21. Utevistelse och väder den 14 juli.

Mjölproduktion

I tabell 6 visas resultatet från de statistiska analyserna av hur temperatur och THI påverkade mjölkproduktionen per dygn. Resultaten visar att mjölkproduktionen varken påverkades av THI eller temperaturhöjningar samma dag eller dagen efter, inga av dessa variabler fanns signifikanta. Dock visades signifikanta resultat för variablerna ”MedelTHI 2” och ”medeltemperatur 2” på 1 % nivå (markerat med **) vilket innebär att det tar två dagar innan mjölkproduktionen påverkas av värmen. Om medelvärdet för THI per dygn ökade med en grad minskade mjölkproduktionen med 0,026 kg två dagar senare, eller med 0,033 kg två dagar efter att medeltemperaturen steg med en grad. Det fanns dock ingen signifikant effekt av variablerna ”MaxTHI 2” eller ”Maxtemperatur 2” vilket innebär att maxtemperaturen per dygn inte hade någon effekt på mjölkproduktionen.

Tabell 6: Effekten när temperatur och THI ökade med ett på mjölkproduktionen per dygn

| <i>Variabel</i> | <i>Beskrivning av variabel</i> | <i>Effekt (kg)/dygn och ökad grad</i> | <i>P-värde</i> | <i>Signifikans</i> |
|-------------------|--|---|----------------|--------------------|
| Medeltemperatur | Genomsnittlig temperatur samma dag | 0,006 | 0,642 | ej sign. |
| Medeltemperatur 1 | Genomsnittlig temperatur dagen innan | 0,002 | 0,844 | ej sign. |
| Medeltemperatur 2 | Genomsnittlig temperatur två dagar innan | - 0,033 | 0,006 | ** |
| Maxtemperatur | Maximala temperaturen samma dag | - 0,001 | 0,923 | ej sign. |
| Maxtemperatur 1 | Maximala temperaturen dagen innan | - 0,008 | 0,324 | ej sign. |
| Maxtemperatur 2 | Maximala temperaturen två dagar innan | - 0,013 | 0,127 | ej sign. |
| Medel THI | Genomsnittliga THI samma dag | 0,000 | 0,979 | ej sign. |
| Medel THI 1 | Genomsnittliga THI dagen innan | 0,006 | 0,498 | ej sign. |
| Medel THI 2 | Genomsnittliga THI två dagar innan | - 0,026 | 0,003 | ** |
| Max THI | Maximala THI samma dag | - 0,004 | 0,580 | ej sign. |
| Max THI 1 | Maximala THI dagen innan | - 0,007 | 0,369 | ej sign. |
| Max THI 2 | Maximala THI två dagar innan | - 0,010 | 0,173 | ej sign. |

DISKUSSION

Beteende

Hur påverkas då kornas eget val av utevistelse av värmen? Hypotesen i arbetets början var att korna de dagar när det var varmt ute skulle stanna kvar inne i stallet i skydd från solens strålar tills dess att det blivit lite svalare på eftermiddagen. Detta var iakttagelser som personalen i stallet själva hade observerat i sitt dagliga arbete. Kornas beteendemönster åskådliggjordes med hjälp av figurer som illustrerade hur stor andel av det totala antalet kor som var ute vid en viss tidpunkt på dygnet. Inga traditionella beteendestudier på så sätt att vi vet exakt vad korna hade för sig finns i denna studie, men mönstret för tiderna när många av korna förflyttar sig mellan stall och bete, och när många av dem uppehåller sig ute eller inne stämde ganska väl överrens med de beteendestudier som Spörndly och Wredle (2004) redan utfört i besättningen. Då inträffade en betestopp runt klockan 21.00, då 50 – 60 % av djuren betade, sedan vilade korna utomhus ungefär fram till klockan 03.00 på natten, varefter korna gick tillbaka in i stallet för att fortsätta vila inomhus ett par timmar. Tidigt på morgonen låg de flesta korna inomhus för att sedan bli aktiva och besöka mjölkroboten och därefter gå ut till betet igen. Betestoppen, eller störst andel kor som var ute på betet i denna studie inträffade också mellan 19.00-21.00 med lite variation mellan de olika åren. Undantaget var år 2008 när fler kor generellt var ute på betet dygnet runt och allra flest runt midnatt. Orsaken till detta är oklar då det inte var några markanta skillnader i vädret just det året.

Vid jämförelse av kornas beteendemönster vid olika THI-värden syntes tydliga skillnader i hur korna valde att vara antingen i stallet eller på betet mellan svala och varma dagar vilket stöder hypotesen att beteendet förändras vid varmt väder och att korna inte går ut förrän senare på eftermiddagen när det är varmt ute. Ett särskilt tydligt resultat syntes i Figur 9 där dagar med THI-värden under och över ett tidigare framtaget ”stressvärde” om 72 jämfördes. Den största skillnaden i beteendemönstret inträffade mellan klockan 10.00 och 14.00 då många kor under de svalare dagarna började röra sig från stallet och ut på betet. De varmare dagarna höll sig istället i genomsnitt 90 % av korna kvar inne i stallet under den tiden, och de började gå ut på betet först efter klockan 14.00. Inte förrän klockan 20.00 var det lika många kor ute de varma dagarna som under de svala, och korna var därefter även kvar på betet längre in på natten när det var varmt. Detta syntes också tydligt i dag- till dagstudierna när korna gick ut senare på eftermiddagen under den varma veckan och betydligt fler kor var ute på nätterna. I en studie av Andersson (2009), som utfördes i samma besättning som denna, minskade tiden korna spenderade till att beta på eftermiddagen runt 14.00 under varma dagar, betestiden ökade då istället på nätterna vilket skulle kunna förklara varför korna var längre ute på nätterna de dygn när THI översteg 72.

Även tiden som korna spenderade på betet förkortades när temperaturen och THI ökade. Signifikanta resultat uppmättes för alla de fyra testade parametrarna medeltemperatur, maxtemperatur, medelTHI och maxTHI. Störst inverkan hade dygnsmedeltemperaturen som för varje ökad grad minskade tiden ute med 6,71 minuter. Medeltemperaturen per månad varierade under den studerade perioden från 13,8°C till 19, 4°C vilket är en skillnad på 5,6°C. Betestiden skulle alltså kunna minska med uppåt 40 minuter per dygn från en månad till en annan. Det framgår inte av studien huruvida det är utomhusvilan eller betande som minskar med den minskade tiden för utevistelse, men i tidigare studier har just den tiden som korna spenderat till att beta minskat med ökad värmepåfrestning (Andersson, 2009; Tucker *et al.*, 2008), något som skulle kunna förklaras av att korna inte kan göra av med den metaboliska värme som produceras vid matsmältningsprocessen och därför äter mindre.

Resultaten för ”beteendestudierna” i detta projekt har i hög grad baserat sig på kornas beteende som en grupp där en viss andel av gruppen befunnit sig ute alternativt inne. Eftersom korna är flockdjur och påverkar varandra i sitt beteende, med särskilt hög synkroniseringen under betesperioden (Krohn *et al.*, 1992) är det ändå svårt att tala om den individuella korns val av att vara ute eller inne utan det är snarare gruppens beteende som påverkats av värmen.

Något som inte undersökt i detta projekt är hur förändringarna som korna gjorde i sitt beteendemönster påverkade mjölkningsfrekvensen och om det hade någon effekt på vilken tid på dygnet korna valde att bli mjölkade och kötider i mjölkningsroboten. Eftersom tidigare studier visat att dominant djur har större möjlighet att välja att bli mjölkade under de attraktiva tiderna (Olofsson, 2000; Ketelaar, *et al.*, 1996), och att ranglåga kor får spendera mycket längre tid i kö till mjölkroboten (Halachmi, 2009) vore det även intressant att veta om det finns några skillnader mellan kor med olika rangordning i besättningen. När det blev varmt ute och korna gick ut på betet senare på eftermiddagen och också var ute på betet långt senare in på natten än vanligt blev det kanske svårare för de ranglåga korna att undvika de ranghöga genom att mjölkas under de mindre attraktiva mjölkningstiderna på natten. Det kan också vara så att de fortfarande mjölkar på natten, men då inte har samma möjlighet som de andra att kompensera för betestiden som förloras under dagen genom att beta på natten. Det finns också risk att det skulle kunna bli längre kötider till mjölkroboten under eftermiddagen innan alla ska gå ut till betet.

Mjolkproduktion

Vid analysen av hur vädret påverkade mjölkproduktionen var det endast två variabler som visade sig ha någon signifikant effekt. Höjda medelvärden av THI och temperatur minskade mjölkproduktionen två dagar senare. Detta var i enlighet med en tidigare studie av West *et al.* (2003) och fördröjningen beror troligtvis på att det tar tid innan förändringar i foderintag, metaboliska processer och hormonnivåer påverkar den producerade mjölmängden. Effekten på mjölkproduktionen i denna studie var dock inte lika stor som den varit i tidigare studier, mjölmängden minskade endast med 0,0026 och 0,0033 kg när medelTHI respektive medeltemperatur ökade med ett. I studien av West *et al.* (2003) var samma värde 0,88 kg, vilket kan bero på att klimatet i Sverige inte är lika varmt som i USA där studien utfördes. THI varierade då mellan 72,1 och 83,6 under den varma perioden då effekten uppmättes, medan THI i denna studie som mest var 77,1.

Det var bara dygnsmedelvärdena av THI och temperatur som hade någon inverkan på mjölkproduktionen i denna studie, medan de maximalt uppmätta värdena per dygn inte hade någon signifikant effekt. Dygnsmedelvärdena för THI och temperatur hade också en större inverkan på tiden korna var ute än vad maxvärdena hade. Detta kan ha sin förklaring i att när dygnsmedeltemperaturen ökat så har även värmen på natten ökat, och korna får då mindre möjlighet till återhämtning nattetid, medan maxvärdena endast representerar en värmetopp på dagen. Denna förklaring skulle kunna styrkas av resultaten i studien av Scott *et al.* (1983) som tidigare nämnts och som visade att höga nattetemperaturer minskade kornas förutsättningar för återhämtning inför nästa dags värme. När nätterna var svala kunde dock korna klara av relativt höga temperaturer under dagen genom att göra av med överflödigt kroppsvärme på natten.

Under tiden som skrivarbetet pågått till detta arbete har andra försök pågått på Kungsängen. Bland annat studerades effekten av THI och temperatur på mjölkproduktionen hos kor som hölls ute på betet dygnet runt under sommaren 2010, med undantag för under mjölkningen

(Vermeulen, 2010). Effekten av värmen jämfördes sedan mellan två grupper av kor där den ena gruppen försetts med ett tak som gav skugga ute på betet, medan den andra gruppen inte hade tillgång till skugga. Resultaten är ännu inte publicerade men tydliga skillnader i hur vädret påverkade mjölkavkastningen fanns då mellan grupperna under kornas första 50 laktationsdagar. Det visade sig till exempel att när medeltemperaturen ökade med en grad minskade mjölkproduktionen två dagar senare med $0,36 \text{ kg} \pm 0,09$ ($P < 0,001$) i gruppen som inte haft tillgång till skugga medan effekten i gruppen som hade tillgång till skugga var en minskning på $0,15 \text{ kg}$ ($P < 0,05$). Resultaten stöder först och främst teorin om att värmens effekt på mjölkproduktionen har en fördröjning. De uppmätta effekterna på mjölkproduktionen var dock betydligt större än vad de var i denna studie både avseende gruppen med skugga och gruppen utan. En förklaring till detta kan vara att analyserna av mjölkproduktionen i denna studie baserade på värden från hela laktationer, medan man i Vermeulens (2010) försök hade delat upp laktationen i tidig (50 första dagarna) och sen (efter 50 dagar), och det var främst under den tidiga laktationen de stora effekterna fanns. Det hade varit intressant att göra samma uppdelning av laktationen med det data som använts i denna studie för att se om effekten var större under de första 50 dagarna även i denna studie. Det finns även en möjlighet att det under sommaren sker en acklimatisering till de högre temperaturerna, och kompensatorisk produktion efter det att stressen avlägsnats är också möjlig (Morrison, 1983) vilket skulle kunna förklara att minskningen i mjölmängd var så liten.

En annan möjlig förklaring är att korna i lösdriftsstallet i denna studie haft möjlighet att själva välja när de vill vara ute och därför har uppsökt skugga och svalka inomhus när det varit varmt. I diagrammen som visade när på dygnet korna var ute var det tydligt att en stor andel av dem höll sig inne under de timmarna på dagen när solen stod som högst. De kan därmed ha undvikit den värsta effekten av värmen och därför är påverkan på mjölkproduktionen i denna studie så liten. Korna i Vermeulens (2010) försök hölls ute dygnet runt och har ändå varit påverkade av utetemperaturen, även om solens direkta strålning kunde undvikas för gruppen med tillgång till skugga under tiden som de befann sig under taket. Teoretiskt skulle de två olika studierna, Vermeulen (2010) och denna, kunna symbolisera olika inhysningssystem som svenska mjölkkor normalt hålls i; dels uppbundna system eller lösdrifter med samtidig mjölkning, då korna under sommaren hålls ute på betet antingen dygnet runt mellan mjölkningarna, eller dagtid mellan mjölkningarna. Dels ett lösdriftssystem med robotmjölkning då korna själva väljer när de vill vara på betet och när de vill vara inne i stallen. Det var då tydligt att de kor som själva inte fick välja när de skulle vara ute producerade mycket bättre om de försågs med skugga på betet än om de inte hade skugga, medan AMS-korna bara hade en mycket liten minskad produktion fastän skugga saknades. En nackdel med systemet där korna själva väljer kan istället vara att då värmen ökar och tiden på betet minskar spenderas mindre tid ute på betet, och eventuellt spenderas även mindre tid till att beta. Under de timmar på dagen när korna normalt brukade gå ut på betet valde korna att under de varma dagarna stanna kvar inne i stallen tills det blev svalare på eftermiddagen. Tiden på dagen som normalt ägnades åt att beta spenderade korna istället inne i stallen. Finns det då inte tillgång till grovfoder inne i stallen skulle det kunna leda till att korna inte får i sig tillräckligt mycket foder vilket i förlängningen leder till en sämre avkastning. Särskilt kor som är tidigt i laktation med stort underhållsbehov behöver äta mycket foder för att inte hamna i ännu större negativ energibalans än vad de redan är.

Det är dock viktigt att poängtera att klimatförhållandena i stallen inte uppmätts och tagits hänsyn till under denna studie. Det har förutsatts att klimatet i stallen varit fördelaktigt för korna under de varma dagarna, något som kanske inte alltid behöver vara sant. I stallen är

korna skyddade från den direkta solstrålningen och de har tillgång till skugga. Men om inte ventilationen fungerar som den ska kan det även bli mycket varmt och fuktigt inne i stallet. Klimatet i stallet beror också på beläggningen som blir större under de dagar då det är varmt ute och djuren i högre grad vistas inne under dagen. Detta ställer då höga krav på att ventilationskapaciteten i stallet är tillräcklig för att kompensera för detta.

Analyserna i denna studie har inte tagit hänsyn till om korna haft nära till betet eller gått på bete långt bort ifrån stallet. Tidigare studier i samma besättning har dock visat att avståndet till betet påverkade både mjölkkningsfrekvens och avkastning (Spörndly & Wredle, 2004), medan andra studier från annat håll inte hittat några sådana effekter (Dooren *et al.*, 2004; Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 2000). Detta kan hur som helst vara en möjlig felkälla i denna studie eftersom den eventuella effekten inte tagits med i modellen av begränsningsskäl. Studien är också utförd på friska djur, medan det i verkligheten troligen är så att det är de djur som inte mår bra som i högre grad påverkas av värmen.

Tidigare studier har visat att korna inte skulle få sämre produktion och mjölkkningsintervall om man erbjuder dem vatten på bete, (Spörndly & Wredle, 2005; Bergman, 2004) det har också visats att kylt vatten kan hjälpa till att förhindra värmestress (Stermer *et al.*, 1986) och att korna gärna dricker vatten ute om de har möjlighet (Spörndly & Wredle, 2005). Resultaten i denna studie tyder på att den svenska sommarvärmen påverkar mjölkornas beteende och produktion. Av välfärdsskäl borde vatten därför erbjudas djuren även ute på betet, och inte användas som ett incitament för att locka dem att gå in, detta särskilt om avståndet mellan stallet och betet är långt.

Som tidigare nämnts är det är möjligt att det funnits effekter som inte tagits med i modellen för analyserna av mjölkproduktion och tiden på betet, det är därför möjligt att analyserna inte är helt korrekta. Kornas beteendemönster analyserades endast grafiskt och är inte statistiskt testade. Resultaten ger dock en god indikation på att, och hur, våra svenska mjölkkor på sommarbete påverkas av värme.

SLUTSATS

Resultaten visar att även om korna inte lider av kraftig värmestress under svenska sommarförhållanden så blir de ändå påverkade av värmen vilket kan påverka deras välfärd. När medeltemperaturen och THI ökade minskade tiden som djuren spenderade på betet, och den totala mjölkproduktionen minskade något två dagar senare. Korna i studien ändrade också sitt beteende de varma dagarna och stannade inne i stallet under dygnets varmaste timmar i stället för att gå ut. De var då även ute mycket mer på nätterna än vad de var under svalare dagar. Det svenska klimatets svala nätter och kornas ändrade beteendemönster vid varmt väder kan vara en trolig orsak till att mjölkproduktionen inte minskade i samma utsträckning som tidigare studier visat. Fler studier behövs för att ta reda på hur mjölkproduktionen påverkas i olika stadier av laktationen, samt hur produktionen och beteendet påverkas hos kor som inte själva har möjlighet att välja att uppsöka skugga eller stanna inne i stallet när det är varmt. Eftersom korna i studien tydligt ändrade sitt beteende för att slippa vara ute när det var som varmast rekommenderas att kor i besättningar där den möjligheten inte finns, av välfärdsskäl bör ha tillgång till skugga och vatten på betet.

REFERENSER

Artiklar och böcker

- Albright, J.L. & Arave, C.W., 1997. The behaviour of cattle. CAB International, Wallingford, Storbritannien.
- Andersson, M., 2009. The Importance of Shade for Dairy Cattle in Sweden. Examensarbete 287, Institutionen för Husdjurens Utfodring och Vård, SLU, Uppsala.
- Armstrong, D.V., 1994. Symposium: Nutrition and heat stress. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science* 77, 2044-2050.
- Bandaranayaka, D. D. & Holmes, C. W., 1976. Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding. *Tropical Animal Health and Production* Volume 8, Number 1, 38-46
- Bergman, M., 2004. Automatisk Mjölknings och Betesdrift – Betydelsen av tillgång till dricksvatten på betet samt kornas synkronisering vid passagen ut till betesområdet. Examensarbete 202, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A. & Graber, Y., 1985. Upper critical temperatures and Forced Ventilation Effects for High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science* 68, 1488-1495.
- Blackshaw, J.K. & Blackshaw, A.W., 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 285-95.
- Castle, M.E., Foot, A. S. & Halley, R. J., 1950. Some observations on the behaviour of dairy cattle with particular reference to grazing. *Journal of Dairy Research* 17, 216-229.
- van Dooren, H.J.C., Heutinck, L.F.M., Biewenga, G., Munksgaard, L., Krohn, C.C., Spörndly, E, Wredle, E. & Wiktorsson, H., 2004. Automatic milking and grazing. Grazing strategies and their effect on animal welfare and system performance. Från EU projektet: "Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms (QLK5-2000-31006)". Finns tillgängligt via www.automaticmilking.nl
- Falk, M., 2007. Riklig betestillgång jämfört med begränsat bete – inverkan på beteende hos kor i automatiska mjölkningssystem. Examensarbete 244. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
- Finch, V.A., 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science* 62, 531-42.
- Freitas, M.S., Misztal, I., Bohmanova, J. & West, J., 2006. Utility of on- and off-farm weather records for studies in genetics of heat tolerance. *Livestock Science* 105, 223-228.
- Fuquay, J.W., 1981. Heat stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science* 52, 164-169.
- Hahn, G.L., 1999. Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. *Journal of Animal Science* 77, 10-20.
- Halachmi, I., 2009. Simulating the hierarchical order and cow queue length in an automatic milking system. *Biosystems engineering* 102, 453-460.
- Holter, J.B., West, J.W. & McGilliard, M.L., 1997. Predicting Ad Libitum Dry Matter Intake and Yield of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 80, 2188-2199.

- Igono, M.O., Bjotvedt, G. & Sanford-Crane, H.T., 1992. Environmental Profile and Critical Temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology* 36, 77-87.
- Jensen, P., 1993. Djurens beteende och orsakerna till det. LT:s förlag, Falköping, Sverige, sid. 220-231.
- Jordan, E.R., 2003. Effects of Heat Stress on Reproduction. *Journal of Dairy Science* 86, 104-114.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. & Maltz, E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77, 59-91.
- Karlsson, C., 2002. Intake of water during grazing season for cows in automatic milking systems. Master thesis vol. 167. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala .
- Kendall, P.E., Nielsen, P.P., Webster, L.R., Verkerk, G.A., Littlejohn, R.P. & Matthews, L.R., 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103, 148-157.
- Kendall, P.E., Verkerk, G.A., Webster, J.R. & Tucker, C.B., 2007. Sprinklers and Shade Cool Cows and Reduce Insect-Avoidance Behavior in Pasture-Based Dairy Systems. *Journal of Dairy Science* 90, 3671–3680.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., Devir, S. & Metz, J.H.M., 1996. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 199-211.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., Ipema, A.H., Lokhorst, C., Metz, J.H.M., Noordhuizen, J.P.T.M., Schouten, W.G.P. & Smits, A.C., 2000. Effect of sward height and distance between pasture and barn on cow's visit to an automatic milking system and other behaviour. *Livestock Production Science* 65, 131-142.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., Ipema, A.H., van Ouwerkerk, E.N.J., Hendriks, M.M.W.B., Metz, J.H.M., Noordhuizen, J.P.T.M. & Schouten, W.G.P. 1999. Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows: Milking frequency and effects on behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 64, 91-109.
- Kabuga, J.D., 1991. Effect of weather on milk production of Holstein-Fresian cows in the humid tropics. *Agricultural and Forest Meteorology* 57, 209-219.
- Kondo, S. & Hurnik, J.F., 1990. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 27, 287-297.
- Krohn, C.C., Munksgaard, M. & Jonasen, B., 1992. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments I. Experimental procedures, facilities, time budgets – diurnal and seasonal conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 34, 37-47.
- Lambertsson, K., Kronberg, C. & Jonasson, 1995. Kor på bete eller inomhus sommartid. En hälsojämförelse! Seminariearbete – Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurshygien, SLU, Uppsala.
- Lefcourt, A.M. & Schmidtman, E.T., 1989. Body Temperature of Dry Cows on Pasture: Environmental and Behavioural Effects. *Journal of Dairy Science* 72, 3040-3049.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgg, J.F.D. & Morgan, C.A., 2002. *Animal Nutrition* 6th edition. Pearson Education Limited, Harlow, England. Sid. 476-477.

- McDowell, R.E., Hooven, N.W. & Camoens, J.K., 1975. Effect of climate on Performance of Holsteins in First Lactation. *Journal of Dairy Science* 59, 965-971.
- Mehlgvist, M., 2003. Betydelsen av social rang på beteende och mjölkkningsparametrar i ett automatiskt mjölkningssystem (AMS). Examensarbete 172, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
- Morrison, S.R., 1983. Ruminant heat stress: Effect on Production and Means of Alleviation. *Journal of Animal Science* 57,1594-1600.
- Mount, L.E., 1974. The concept of thermal neutrality. Från: Heat Loss from Animals and Man, ed. J.L. Monteith & L.E. Mount, 425-440. Proceedings of the twentieth Easter School in agricultural science, London, Storbritannien.
- Nielsen, P.P., Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K.M. & Norell, L., 2010. Technical note: Variation in daily milk yield calculations for dairy cows milked in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 93,1069-1073
- Olofsson, J., 2000. Feed availability and effect on feed intake production and behaviour in dairy cows. Doctoral thesis, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Philips, C.J.C., 2001. Principles of cattle production. CABI publishing, Wallingford, USA. Sid. 204-210.
- Regan, W.M. & Richardson, G.A., 1938. Reactions of the Dairy Cow to Changes in Environmental Temperature. *Journal of Dairy Science* 21, 73-79.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Buffington, D.E., Wilcox, C.J. & van Horn, H.H., 1977. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in an subtropical environment. *Journal of Dairy Science* 60, 424-430.
- Scott, I.M., Johnson, H.D. & Hahn, G.L., 1983. Effect of programmed diurnal temperature cycles based on plasma thyroxine level, body temperature, and feed intake of Holstein dairy cows. *International Journal of Biometeorology* 27, 47-62.
- Shalit, U., Maltz, E., Silanikove, N. & Berman, A., 1991. Water, Sodium, Potassium, and Chlorine Metabolism of Dairy Cows at the Onset of Lactation in Hot Weather. *Journal of Dairy Science* 74, 1874-1883.
- Silanikove, N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-18.
- SJV, 2007. Redovisning av uppdrag om utgångsdjur, Statens Jordbruksverk, dnr. 31-6580/07.
- Spörndly, E. & Wredle, E., 2004. Automatic Milking and grazing – Effect of Distance to Pasture and Level of Supplements on Milk Yield and Cow Behaviour. *Journal of Dairy Science* 87, 1702-1712.
- Spörndly, E. & Wredle, E., 2005. Automatic Milking and grazing – Effect of Location of Drinking Water on Water Intake, Milk Yield, and Cow Behaviour. *Journal of Dairy Science* 88, 1711-1722.
- Stermer, R.A., Brasington, C.F., Coppock, C.E., Lanham, J.K. & Milam, K.Z., 1986. Effect of Drinking Water Temperature on Heat Stress of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 69, 546-551.

Thatcher, W.W., 1974. Effects of Season, Climate, and Temperature on Reproduction and Lactation. *Journal of Dairy Science* Vol. 7, No 3, 360-368.

Tucker, C.B., Rogers, A.R. & Schütz, K.E., 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied animal behaviour science* 109, 141-154.

Ulberg, L.C. & Burfening, P.J., 1967. Embryo Death Resulting from Adverse Environment on Spermatozoa or Ova. *Journal of Animal Science* 26, 571-577.

Wardrop, J.C., 1953. Studies in the behaviour of Dairy Cows at pasture. *The British Journal of Animal Behaviour*, Vol. 1, Issue 1, 23-31.

Vermeulen, E., 2010. The effects of shade provision on heat stress in dairy cattle – Focus on milk production. ADP 70424. Rapport – ej publicerad.

West, J.W., 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 86, 2131-2144.

West, J.W., Mullinix, B.G. & Bernard, J.K., 2003. Effects of hot, Humid Weather on milk temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 86, 232-242.

Internetreferenser

Arla, 2009. http://www1.arla.se/Default_____19206.aspx, avläst 2009-04-29.

Lagstiftning

SFS 1988:534, Djurskyddslagen. avläst 2009-05-19 på <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19880534.htm>

SFS 1988:539, Djurskyddsförordningen. Avläst 2010-11-23 på <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19880539.htm>

SJVFS 2010:15. Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket mm., Saknr. L 100.

Personliga meddelanden

Spörndly, E. 2009. AgrD, Institutionen för Husdjurens Utfodring och Vård, SLU, Uppsala.

| Nr | Titel och författare | År |
|-----|---|------|
| 325 | Tekniska och biologiska faktorerers inverkan på lönsamhet inom mjölkproduktion The influence of technological and biological factors on profitability in milk production 30 hp E-nivå Karin Bäckman | 2010 |
| 326 | Hästhållningen i Ängelholms kommun – ur hästens välfärdsperspektiv Horse keeping in the community of Ängelholm – from the perspective of the horse's welfare 30 hp D-nivå Elisabeth Kemstedt | 2010 |
| 327 | Effects of genotype, age and feed on the fat components of egg yolk 30 hp E-nivå Anna Johansson | 2010 |
| 328 | Värmebehandlat mjölfoder till avelsdjuren för slaktkycklingproduktion Heat treated mash feed for broiler breeders 30 hp E-nivå Malin Karlsson | 2010 |
| 329 | Reduktion av vikt och hull hos överviktiga ponnyer i träning Reduction of weight and body condition in overweight ponies in training 30 hp E-nivå Märta Westlin | 2010 |
| 330 | Effects of different inclusions of oat hulls on performance, carcass yield and gut development in broiler chickens 45 hp E-nivå Ata Mossami | 2011 |
| 331 | Effects of supplemental glutamine and glutamate on growth performance, gastrointestinal development, jejunum morphology and <i>Clostridium perfringens</i> count in caecum of broilers 45 hp E-nivå Gholamreza Ebadiasl | 2011 |
| 332 | Automatic registration of dairy cows grazing behaviour on pasture Automatisk registrering av mjölkors betningsbeteende 30 hp E-nivå Kristina Blomberg | 2011 |

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
