

– Hur påverkas mjölkornas tidsbudget,
mjölkavkastning och foderintag av tiden i
väntfällan i AMS?

*How is time budget, milk yield and feed intake in dairy cows
affected by the time spent in the waiting area in AMS?*

Mikaela Westberg



Examensarbete • 30 hp

Agronomprogrammet - Husdjur

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Uppsala 2019

Hur påverkas mjölkornas tidsbudget, mjölkavkastning och foderintag av tiden i väntfållan i AMS?

How is time budget, milk yield and feed intake in dairy cows affected by the time spent in the waiting area in AMS?

Mikaela Westberg

Handledare: Mikaela Lindberg, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator: Sigrid Agenäs, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: A2E - masterarbete
Kurstitel: Examensarbete i husdjursvetenskap
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Kurskod: EX0552
Program/utbildning: Agronomprogrammet - Husdjur

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2019
Omslagsbild: Mikaela Westberg
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Väntfålla, mjölkkor, AMS, tidsbudget, foderintag, mjölkavkastning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Innehåll

Abstract	6
Sammanfattning	7
Hypotes	9
Litteraturstudie	9
Kornas tidsbudget.....	9
Kotrafikens inverkan i AMS	10
Rangordningens betydelse för mjölkkor i AMS	11
Mjölkkavkastning och mjölkkningsfrekvens	12
Foderintag.....	13
Sömn/vila och idissling.....	14
Väntfållan kan orsaka problem	15
Observationsmetoder.....	15
Material och metoder	15
Analys av data från våren 2017	16
Beteendestudie och analys av VMS data i november 2017	17
Statistisk analys	19
Resultat	19
Analys av befintligt datamaterial från våren 2017.....	19
Beteendestudie och analys av VMS data i november 2017	21
Diskussion.....	23
Slutsats.....	26
Referenser	28

Abstract

Automatic milking systems (AMS) are used in many countries worldwide, and it is an efficient system with several benefits for both the farmer and the dairy cows. The cows can move freely in the barn and they therefore decide to a large extent over their own time budget throughout the day. The cows are kept in loose housing systems and the cow traffic in the barn has an important role in the production. The milking frequency in AMS usually increases compared with conventional morning and evening milking systems and thus the milk yield can also be higher in AMS. In guided cow traffic systems, there is a waiting area in front of the milking robot that only cows with milking permissions have access to. In the waiting area, the cows wait to be milked and are then released to the feeding area or to the lying area depending on cow traffic system. Studies have shown that some cows, mostly animals with a low social rank spend a long time in the waiting area which may have a negative impact on cow welfare, and it can also lead to a decline in production. This study, therefore, aims at investigating whether time in the waiting area affects the time budget of the cows' feed intake and milk yield.

The study included a literature review, analysis of existing data that had been collected in the AMS unit at the Swedish livestock research centre, Lövsta SLU Uppsala and a behavior study in the same unit but at a later time. The behaviour study included 54 dairy cows, of the Swedish Red Breed (SRB) and Holstein. The study intended to determine the cows' time budget in order to evaluate effects of longer or shorter waiting time on cow activities.

The result of the study showed that milking intervals increased by 0.3 minutes for each minute the cows were in the waiting area. Milk yield also increased with increased waiting time by 0.026 kg for every minute. There was no difference between cows in first parity and older cows or between the breeds in milking interval or milk yield. Feed intake was not affected by the time in the waiting area and there was no difference between the breeds in the existing data being analyzed. On the other hand, the roughage intake differed significantly for both breed and lactation numbers in the behavioral study. Holstein cows consumed 2.5 kg DM more per day than SRB cows. Older cows consumed 8.7 kg DM more than first parity cows per day.

In the time budget, there was a difference between young and older cows, where the first parity cows showed on average 98 minutes longer standing time in the system than older cows each day. Older cows ruminated 79 minutes longer a day compared to first parity cows, 581 minutes and 502 minutes, respectively.

The behavioral study showed that first parity cows waited an average of 238 minutes and older cows waited 115 minutes per day in the waiting area. Data from the milking robot also showed a significant difference between lactations but with shorter waiting times, 163 minutes for first parity cows and 95 minutes for older cows. This data also showed a significant difference between the breeds where SRB cows waited longer time than Holstein cows, 156 minutes and 102 minutes, respectively.

Sammanfattning

Idag används automatiska mjölkningssystem (AMS) i många länder världen över, det är ett effektivt system med flera fördelar både för lantbrukaren och mjölkarna. Korna hålls i lösdrift och kotrafiken i stallet har en betydande roll för produktionen. Eftersom korna inte står uppbundna utan kan röra sig fritt i stallet bestämmer de till stor del över sin egen tidsbudget över dagen. Vanligen ökar mjölkningsfrekvensen i AMS jämfört med konventionella system med morgon- och kvällsmjökning och därmed kan även en ökning i mjölkavkastning ses. I styrda kotrafiksystem finns en väntfälla framför mjölkningsroboten som endast kor med mjölkningstillstånd har tillgång till. I väntfällan väntar korna på sin tur att bli mjölkade och blir sedan slussade till foderavdelningen eller liggavdelningen beroende på vilket kortrafikssystem gården har. Studier har visat att vissa kor spenderar lång tid i väntfällan och att det kan påverka deras välfärd negativt vilket också kan leda till en försämrad produktion. Denna studie syftar därför till att undersöka om tiden i väntfällan påverkar mjölkornas tidsbudget, foderintag och mjölkavkastning.

Studien är uppdelad i en litteraturstudie, en analys av redan befintliga data och en beteendestudie. Beteendestudien utfördes under en vecka i november 2017 i AMS-avdelningen, nöstallet vid Lövsta lantbruksforskning, SLU Uppsala, där styrd kotrafik med selektionsgrindar ”foder först principen” användes. I studien ingick 54 mjölkkor, både svensk röd och vit boskap (SRB) och Holsteinkor. Studiens syfte var att kartlägga mjölkornas tidsbudget för att kunna fastställa om beteendemönstret skilde sig mellan kor som spenderade längre eller kortare tid i väntfällan och om det fanns ett mönster för vilka kor som spenderade längst tid i väntfällan och vad det i så fall berodde på.

Resultatet av studien visade att mjölkningsintervallen ökade med 0,3 minuter för varje minut korna stod i väntfällan. Mjölkavkastningen ökade med 0,026 kg för varje minut i väntfällan. Det fanns ingen skillnad mellan förstakalvare eller äldre kor eller mellan raserna i varken mjölkningsintervall eller mjölmängd. Foderintaget påverkades inte av tiden i väntfällan och det fanns ingen skillnad mellan raserna i den befintliga data som analyserades. Däremot skilde sig ensilageintaget signifikant för både ras och laktationsnummer i beteendestudien. Holsteinkor åt i genomsnitt 2,5 kg ts mer per dag än SRB kor. Äldre kor åt i genomsnitt 8,7 kg ts mer än förstakalvare om dagen.

Beteendestudien visade skillnader mellan laktationsnummer där äldre kor idisslade 79 minuter längre jämfört med förstakalvare, 581 minuter respektive 502 minuter per dag. Förstakalvare stod upp 98 minuter längre tid jämfört med äldre kor, 206 minuter respektive 108 minuter dagligen.

Beteendestudien visade att förstakalvare väntade i genomsnitt 238 minuter och äldre kor väntade 115 minuter per dag i väntfällan. Mjölkningsrobotens data visade också en signifikant skillnad mellan laktationsnummer men med kortare väntetider, 163 minuter för förstakalvare och 95 minuter för äldre kor. Denna data visade även en signifikant skillnad mellan raserna där SRB väntade i genomsnitt längre än Holstein, 156 minuter jämfört med 102 minuter.

Introduktion

Automatiska mjölkningssystem (AMS) för mjölkkor blir allt vanligare med över 35 000 system världen över (Salfer *et al.* 2017). I Norden har en femtedel av gårdarna mjölkningsrobot och ca en tredjedel av korna mjölkas i AMS. Besättningarna som använder AMS i Sverige har i genomsnitt 1,8 mjölkningsrobotar per besättning (ATL, 2017). Det finns flera fördelar för lantbrukaren med AMS, det kan bli ekonomiskt lönsammare i och med att mjölmängden vanligtvis ökar genom ökad mjölkningsfrekvens, mindre arbetskraft krävs och arbetet är mer flexibelt. För korna sker mjölkningen på samma sätt varje gång och AMS leder till ett friare liv vilket anses positivt ur djurvälståndssynpunkt. Korna hålls i lösdrift och bestämmer delvis själva när de ska mjölkas, äta och utföra övriga beteenden. Att mjölka tre gånger per dag i konventionella stall är sällan möjligt på grund av arbetskraften som krävs. I AMS är inte längre mjölkningen beroende av arbetskraften, utmaningen i AMS är i stället att få korna att frivilligt besöka mjölkningsroboten ett lämpligt antal gånger per dag (Hogeveen *et al.* 2001). Det har även visat sig att när lantbrukare övergår till AMS ökar de ofta även besättningsstorleken vilket kan medföra större gruppstorlekar vilket kan ha negativa konsekvenser för kornas välfärd (Helmreich *et al.* 2014). Tillräcklig liggtid och foderkonsumtion är nödvändigt för en god välfärd och har en betydande roll för mjölkproduktionen. Kornas tidsbudget, dvs. den tid de har till förfogande för olika aktiviteter i AMS, kan förändras beroende på flertalet faktorer såsom kotrafiksystem, social rang och tid i väntfällan (Helmreich *et al.* 2014).

I AMS med semi-styrda kotrafiksystem, s.k. ”foder först” eller ”mjölkning först” finns en väntfälla som är placerad i anslutning till mjölkningsroboten. Denna hindrar kor med mjölkningstillstånd att avstå från att bli mjölkade i de fall roboten är upptagen (Keteelar -de Lauwere *et al.* 2000). Anledningen till att väntfälla infördes var för att kor har låg motivation att bli mjölkade och därmed sällan går till mjölkning självmant. Väntfällan kan vara stängd och korna kan då inte lämna väntfällan förrän de har blivit mjölkade. Väntfällan kan även vara öppen vilket medför att korna kan lämna väntfällan och gå tillbaka till avdelningen de kom ifrån beroende på vilket kotrafiksystem som används. I en öppen väntfälla har korna en större kontroll över sin omgivning jämfört med kor som inte kan lämna väntfällan vilket kan vara positivt för kornas välfärd (Melin *et al.* 2006). Utformningen av dessa system kan medföra köer till roboten och att vissa kor spenderar lång tid i väntfällan (Keteelar -de Lauwere *et al.* 2000). Lång vistelse i väntfällan kan medföra en nedsatt välfärd i och med att korna kan tvingas kompromissa i sin tidsbudget. Som en följd av detta kan stress samt försämrade kokomfort uppstå. Kor har stor motivation att ligga ner, vila, idissla och att äta. Förhindras de att utföra dessa beteenden kan välfärden liksom produktionen försämrans (Cooper *et al.* 2007; Dijkstra *et al.* 2012; Helmreich *et al.* 2014; Munksgaard *et al.* 2005; Rushen & Passillé 1999).

Principen med AMS bygger på att korna självmant går till mjölkningsroboten och blir mjölkade utan medverkan av människor. Eftersom att kor har en låg motivation till att bli mjölkade och att de sällan går till mjölkning självmant kan detta medföra problem. För en effektiv produktion krävs således att stallet är lämpligt utformat. För ett lyckat resultat fordras kunskap om hur kor interagerar med varandra och hur de reagerar på sin omgivning. Insikt i hur korna rör sig i stallet påverkar hur utformningen bör se ut och framförallt hur passagera runt mjölkningsroboten ser ut. För att korna frivilligt ska besöka mjölkningsroboten är betydelsen av en väl utformad AMS avdelning av stor vikt (Prescott *et al.* 1998). Utöver det

krävs ofta en drivkraft att gå in i mjölkningsroboten, lämpligen kraftfoder under mjölkningen (Jacobs *et al.* 2012). Förväntningen att få kraftfoder under mjölkningen kan däremot innebära ökad konkurrens i väntfällan (Guzhva *et al.* 2016).

Flertalet studier har även visat att konkurrens kan uppstå i väntfällan på grund av hierarkin i besättningen (Halachmi, 2009; Ketelaar- de Lauwere *et al.* 1996; Melin *et al.* 2006). Det innebär att de sociala interaktionerna liksom tidpunkterna och intervallen av besök till mjölkningsroboten påverkas. För en hög effektivitet i AMS och god djurvälstånd är det av vikt att få en översyn av sociala beteenden och aggressioner i väntfällan (Guzhva *et al.* 2016).

Syftet med den här studien var att undersöka om tiden i väntfällan påverkar mjölkornas tidsbudget, foderintag och mjölkavkastning. Detta undersöktes genom en litteraturstudie och en analys av befintliga data från mjölkbesättningen i nöstallet, vid Lövsta lantbruksforskning, SLU Uppsala. En beteendestudie genomfördes för att utvärdera tidsbudgeten under ett dygn och om denna skiljer sig mellan kor som spenderar längre tid i väntfällan jämfört med övriga och om foderintag, mjölkavkastning och tid för vila påverkas av tiden i väntfällan.

Studien ämnade att svara på följande frågor:

- Hur skiljer sig beteendemönstret hos kor som spenderar längre tid i väntfällan?
- Finns det ett mönster för vilka kor som spenderar längst tid i väntfällan och vad kan det i så fall bero på?
- Påverkar tiden i väntfällan mjölkavkastning och foderintag?

Hypotes

Hypotesen var att kor som spenderar längre tid i väntfällan påverkas negativt med avseende på foderintag, mjölkavkastning och tid för vila.

Litteraturstudie

Kornas tidsbudget

Mjölkornas tidsbudget när de är hålls i lösdrift kan enligt Deming *et al.* (2013), indelas i sju huvudkategorier: foderintag, vattenintag, mjölkning, idissling, sömn/vila, stående i gångarna och interaktion med andra kor. Vid skötsel och utformning av kostall är det viktigt att ta hänsyn till kornas tidsbudget. Att få möjlighet att utföra beteenden som ingår i de sju huvudkategorierna har en betydande roll för kornas välfärd och produktion.

Tidsbegränsningar för korna kan uppstå som följd av intensiv mjölkproduktion och inhysningssystemet har därför en betydande roll för kornas beteendemönster. Viktiga beteenden kan därmed påverkas negativt av kornas miljö och riskera deras välfärd (Munksgaard *et al.* 2005).

Beteenden och tid i olika aktiviteter används ofta som indikation på djurs välfärd. Beteenden som ofta används för att utvärdera korns välbefinnande är hur och hur länge de står och ligger ner (Mattachini *et al.* 2011). Mattachini *et al.* (2011) observerade 69 kor under sju dagar med videoinspelning, i ett lösdriftstall där korna mjölkades två gånger om dagen. Beteenden som registrerades var liggande, stående, foderintag och drickbeteenden. Analysen visade att

aktiviteten hos kor 1–2 timmar efter mjölkning påverkas mycket av skötselsystemet. De erhållna resultaten visade att video eller andra automatiska inspelningssystem ger tillförlitliga data som kan användas för att effektivt analysera aktivitetsmönster hos korna.

Kornas motivation att besöka mjölkningsroboten är avgörande för en effektiv kotrafik i AMS. Korna måste självmant välja att bli mjölkade och det är följaktligen av betydande vikt att mjölkningsroboten är en lönsam plats så att de är fortsatt motiverade att mjölkas (Jacobs & Siegford 2012). En lockgiva med kraftfoder används ofta i mjölkningsenheten för att öka kornas motivation att gå dit, eftersom att bli mjölkad har låg prioritet jämfört med den starka motivation som kor har för att äta. Ibland räcker inte kraftfoder som motivation för korna att ta sig till mjölkningsroboten. I de fallen måste den hämtas manuellt vilket kan leda till ökad arbetstid och förlorad inkomst för lantbrukaren (Jacobs *et al.* 2012). Rodenburg (2016) menar att tillräckligt stora ytor och flyktvägar för väntande kor i anslutning till mjölkningsstationen också reducerar stress vilket därmed kan öka mjölkningsfrekvensen och minska behovet av manuell hämtning av kor.

Kotrafikens inverkan i AMS

I AMS används fyra varianter av kotrafik; *fri kotrafik*, *styrd kotrafik*, *semi-styrd kotrafik med selektionsgrindar "mjölkning först"* och *semi-styrd kotrafik med selektionsgrindar med foder först "foder först"*. I *fri kotrafik* kan korna gå fritt mellan foderavdelningen, liggavdelningen och mjölkningsroboten utan restriktioner. I *styrd kotrafik* är vägarna enkelriktade med envägsgrindar vilket innebär att korna måste passera mjölkningsroboten från liggavdelningen för att nå foderavdelningen. I *styrd kotrafik* är det vanligt med en väntfälla vid mjölkningsroboten som korna inte kan lämna förrän mjölkning har skett. En betydande fördel med styrd kotrafik är det minskade antalet kor som behöver hämtas för mjölkning vilket minskar arbetsbelastningen (Rodenburg, 2017). Detta system är dock inte så vanligt numera. I systemet med *semi-styrd kotrafik med selektionsgrindar* som också benämns "*mjölkning först*" selektteras korna till väntfällan i AMS avdelningen endast vid mjölkningstillstånd (Rodenburg, 2017), i regel fem till 12 timmar efter föregående mjölkning. Väntfällan placeras i anslutning till mjölkningsroboten och är utformad så att korna har någonstans att vänta för att få tillgång till mjölkningsroboten (Jacobs *et al.*, 2012). Kor utan mjölkningstillstånd slussas vidare till foderavdelningen. Denna variation minskar väntetider till mjölkningsroboten och vid utfodringen. Den sista variationen är *semi-styrd kotrafik med selektionsgrindar med foder först* som kan benämnas "*foder först*". Korna kan då endast gå tillbaka till liggavdelningen genom att först passera selektionsgrinden vid AMS avdelningen från foderavdelningen.

Målet med kotrafiksystemet och ladugårdens utformning runt AMS avdelningen bör vara att minska köerna till mjölkningsroboten (Melin *et al.* 2006). Rodenburg (2017) menar att bortsett från ökad arbetsbelastning är fri kotrafik att föredra framför styrda och semi-styrda system eftersom fri kotrafik ger högre foderintag, fler utfodringar, längre vilostunder och högre mjölkproduktion. Munksgaard *et al.* (2011) anser att styrd kotrafik försämrar kornas välfärd liksom produktivitet jämfört med fri kotrafik eftersom korna måste passera mjölkningsroboten för att komma till foderavdelningen medföljer ett ökat antal besök då korna inte mjölkas. Det innebär också att tiden då roboten inte används kan öka samt att väntetiden för att bli mjölkad kan öka för andra kor. Enligt Bach *et al.* (2009) är styrd kotrafik

effektivt för att öka både antalet frivilliga mjölkningar samt totala antalet mjölkningar jämfört med fri kotrafik. Styrd kotrafik betyder dock att ätbeteendet förändras samt minskar antalet besök vid foderbordet eftersom korna måste passera mjölkningsroboten innan de når foderbordet. Med minskat foderintag ökar inte mjölmängden även om antalet mjölkningar ökar.

Keteelar- de Lauwere *et al.* (2000) visade att typen av AMS-besök hade ett tydligt inflytande på kornas efterföljande beteende. Kompletta beteendecykler med ligg- och ätbeteende mellan två besök i mjölkningsroboten sågs oftare när mjölkningen var fullständig jämfört med vid misslyckat försök eller vid nekat mjölkningstillstånd. I de fall där mjölkningen misslyckades kompromissade korna med kortare ligg- och/eller ätbeteende mellan besöken i roboten och återvände tidigare till mjölkningsroboten vilket ökade beläggningsgraden. Förutom kortare vila kan detta leda till ökad stress för korna samt ökad interaktion korna emellan.

Rangordningens betydelse för mjölkkor i AMS

Inhysningssystemet och hierarkin i gruppen har en betydande roll för mjölkornas tidsbudget. Halachmi (2009) delade in korna i tre grupper avseende deras rang i gruppen; låg-, -medel, och högrankade kor. De lågrankade korna var förstakalvare, kor med klöv- eller benproblem samt svagare kor som inte kunde tränga bort andra kor för att ta sig fram till roboten. Lågrankade kor väntade i genomsnitt längre på tillgång till roboten än högrankade kor. Högrankade dvs. dominanta kor väntade inte i kö utan tog sig förbi de lägre rankade korna fram till roboten. Även Ketelaar- de Lauwere *et al.* (1996) visade att kor med högre rang spenderade kortare tid i väntfällan än kor med lägre rang. Halachmi (2009) påvisade att lågrankade kor i genomsnitt väntade 68,9 minuter per mjölkning i väntfällan jämfört med 10 minuter för en ko med medelhög rang och 3,5 minuter för en högrankad ko under en dag. Korna mjölkades i genomsnitt 3,3 gånger per dag. Mjölkningen tog i genomsnitt 5,2 minuter per ko. Högrankade kor trängde undan lägre rankade kor för att ta sig fram till roboten. Alla kor inom samma rang ställde sig i kö i den ordningen de anlände vilket innebar att högrankade kor endast väntade i kö om det var en annan högrankad ko framför. Om roboten varit stoppad ett tag, eller om alla kor måste passera mjölkningsroboten för att nå betet och många kor köade samtidigt, behövde en medelhögt rankad ko vänta i genomsnitt i 93,5 minuter medan en lågrankad ko väntade i genomsnitt 412 minuter. Kor som inte frivilligt hade besökt mjölkningsroboten på åtta timmar (två till tre kor om dagen) blev manuellt hämtade. I studien ingick 67 kor där sex till sju kor var av högsta rang och sex till sju kor var av lägsta rang.

Rodenburg (2017) jämförde väntetider mellan olika kotrafiksystem. I system med *fri kotrafik* utan väntfälla väntade i genomsnitt en ko med hög rang 78 minuter medan en med lägre rang i genomsnitt väntade 98 minuter på att bli mjölkad. I *styrd trafik* väntade en högrankad ko i genomsnitt 140 minuter jämfört med 240 minuter för en lägre rankad ko. I *semi-styrd trafik med selektionsgrindar* var väntetiderna i genomsnitt 124 minuter jämfört med 168 minuter för en hög- respektive lågrankad ko. Författaren menar att de längre väntetiderna är högst oönskade ur ett kokomfortperspektiv. Även Melin *et al.* (2006) påvisade skillnader i väntetider mellan korna, dock kortare tid än i föregående studie. I studien var väntfällan öppen vilket innebar att korna gavs möjligheten att fortsätta till liggavdelningen i stället för att

besöka mjölkningsroboten. Kor med högre rang väntade kortare tid i väntfällan, i genomsnitt 13 minuter jämfört med 20 minuter för kor med lägre rang samt att kor med lägre rang spenderade kortare tid i liggavdelningen jämfört med kor med högre rang. För att utvärdera kornas sociala status använde Melin *et al.* (2006) en dominansmatris. Melin *et al.* (2006) gav ett poäng till en ko som ersatte en annan ko vid foderstationen inom en minut. En ko bedömdes vara dominant när hon hade dubbelt så många poäng som den motsvarande kon.

Eftersom varje mjölkningstillfälle kan orsaka väntetider på över en timme och korna kan mjölkas två till tre gånger per dag kan det ha betydande negativa konsekvenser på den dagliga tidsbudgeten och betyda att det inte finns tid för vissa beteenden som korna normalt utför. Följaktligen kan det orsaka stress och försämrad välfärd (Dijkstra *et al.* 2012).

Ketelaar -de Lauwere *et al.* (1996) visade att kor med högre rang oftare besökte mjölkningsroboten dagtid mellan kl. 12.00 och 18.00 jämfört med kor med lägre rang som oftare gick dit under natten mellan kl. 00.00 och 06.00. Enligt Helmreich *et al.* (2014) kan kor med hög mjölkningsfrekvens behöva besöka mjölkningsroboten under natten vilket kan störa deras nattliggande beteende. De spenderade även i genomsnitt längre tid i väntfällan per natt än kor med lägre mjölkningsfrekvens. Det resulterade i kortare liggtid och det tillsammans med den ökade tiden i väntfällan menade Helmreich *et al.* (2014) kan påverka deras välfärd, hälsa och produktion negativt. Lågrankade kor som besöker roboten nattetid kan därmed behöva vänta ännu längre i väntfällan i och med konkurrensen med de högmjolkande korna. Halachmi (2009) menar att kötiden i väntfällan kan reduceras med en timme om kor som redan har mjölkats ges tillstånd att mjölkas igen först när 80 % av besättningen har blivit mjölkade.

Lexer *et al.* (2009) visade att med *semi-styrd* kotrafik hade kor med låg rang längre väntetider i väntfällan jämfört med kor med hög rang. I studien var dock beläggningsgraden på mjölkningsroboten endast hälften av det antal kor som rekommenderades av tillverkaren. Lexer *et al.* (2009) menar att en högre beläggningsgrad kan leda till ännu längre väntetider.

Mjölkkavkastning och mjölkningsfrekvens

I AMS finns det möjlighet till högre mjölkningsfrekvens än två gånger per dygn som är vanligast i manuell mjölkning, vilket kan öka den totala mjölmängden (Melin *et al.* 2005a). Att mjölka korna tre gånger per dag i stället för två gånger per dag har visats öka mjölkkavkastningen och även förbättra juverhälsan samt mjölkkvaliteten (Pettersson *et al.* 2011). Österman & Bertilsson (2002) visade att kor som mjölkas tre gånger per dag har något längre laktation jämfört med kor som mjölkas två gånger per dag. Detta styrks även av Sorensen *et al.* (2008).

Bach & Busto (2005) menar att AMS innebär en stor variation i mjölkningsintervall. Korna besöker inte mjölkningsroboten samma antal gånger eller vid samma tidpunkter per dag genom laktationen. Detta innebär att olika mängder mjölk lagras i juvret beroende på mjölkningsintervallen och mjölkproduktionen försämras i och med oregelbundna besök till mjölkningsroboten. Hovinen & Pyörälä (2011) menade att mjölkningsfrekvensen bör anpassas efter varje ko beroende på i vilket laktationsstadium den är i för att upprätthålla en god juverhälsa. Vidare menade Hovinen & Pyörälä (2011) att äldre kor bör bli mjölkade tre gånger per dag med ett så regelbundet mjölkningsintervall som möjligt. Som högst bör kor

mjölkas fyra gånger per dag men då endast när produktionen är som högst och för korna med störst mjölmängd. I slutet av laktationen bör korna mjölkas två gånger per dag.

Varierande antal kor och mjölkningsfrekvens har störst påverkan på mjölkavkastningen per mjölkningsrobot. Mjölkavkastningen kan maximeras genom att så många kor som möjligt mjölkas 2,4 till 2,6 gånger per ko och dag (Castro *et al.* 2012). Mjölkas korna mer sällan än två gånger per dag ökar risken för mastit (Munksgaard *et al.* 2011).

Ökad mjölmängd leder till ökat energibehov vilket kräver ett ökat foderintag. Viktminskning uppstår som en konsekvens om möjlighet till ett större foderintag inte erbjuds. Utformningen av AMS ska därför sträva efter att uppnå både högre mjölkavkastning och tillåta högre foderintag (Melin *et al.* 2005a). En balanserad foderstat är essentiell för mjölkornas hälsa och en effektiv produktion.

Foderintag

Mjölkkor äter vanligtvis grovfoder som hö och ensilage på foderbordet 6–12 gånger under fyra till sju timmar per dygn. Det totala foderintaget riskerar att minska med upp till 20 % om fodret endast finns tillgängligt under en begränsad tid. Det är därför att föredra att foder finns tillgängligt hela dygnet (Dijkstra *et al.* 2012). Studier har visat att tillgång till färskt foder flera gånger om dagen lockar korna att äta efter mjölkning i stället för att lägga sig ner vilket gynnar juverhälsan. Det kan även öka mjölkningsfrekvensen vilket främjar kotrafiken i och med ett jämnare mjölkningsintervall och att färre kor behöver hämtas (Deming *et al.* 2013). Kraftfoder erbjuds ofta i kraftfoderstationer eller som fullfoder vilket innebär att kraftfodret blandas med grovfodret. Vanligen ges kraftfoder även i samband med mjölkning i AMS (Jacobs *et al.* 2012).

Oostra *et al.* (2007) visade att tiden i väntfällan minskade med en ökad utfodringsfrekvens av grovfoder från två till sex gånger per dag. Antalet besök i mjölkningsroboten påverkades inte av antalet utfodringar men en positiv effekt påvisades för användningen av stallens övriga resurser såsom en jämnare fördelning av kor vid foderbordet och i liggbåsen.

Frekvent utfodring visade sig förbättra fodertillgängligheten för alla kor och minskade risken för fodersortering när korna fick fullfoder. Det grundar sig i att kor med lägre rang inte blir bortkörda av kor med högre rang vid utfodringen i lika hög grad när nytt foder erbjuds regelbundet. Antalet utfodringar visade sig inte ha någon effekt på aggressiva interaktioner vid utfodringen. Den dagliga liggtiden påverkades inte heller av antalet utfodringar (DeVries *et al.* 2005).

Melin *et al.* (2007) visade att med fri kotrafik ökade grovfoderintaget och att den totala idisslingstiden ökade. Författarna menar vidare att styrd kotrafik har negativa effekter på foderintag och välfärd jämfört med fri kotrafik. Ingen skillnad i foderintag påvisades dock mellan kor med olika rang. Däremot visade studien att kor med högre rang i genomsnitt spenderade mer tid att tugga än en ko med lägre rang, 214 minuter respektive 175 minuter per dag. Till grund för att kor i system med fri kotrafik har bättre välfärd jämfört med kor i styrda system angavs att korna äter mer kg torrsustans (ts) och idisslar längre tid i och med det högre grovfoderintaget.

Foderintags- och drickmönster varierar mellan kor i AMS eftersom varje ko utvecklar ett individuellt mönster för foderintag och att dricka vatten. Information om kornas foderintags- och drickmönster kan användas vid övervakning och utformning av kostall (Melin *et al.* 2005b).

Sömn/vila och idissling

Kor utvecklar sitt eget individuella mönster över sina aktiviteter i AMS. Westin *et al.* (2016) påvisade stora variationer i liggtid mellan korna inom AMS besättningen. Kor som ligger ner under längre perioder är ofta äldre kor och kor som är i senare delen av laktationen samt kor med högre hullpoäng. Variation i liggtid kan även bero på om korna är i brunst eller inte (Westin *et al.* 2016). Enligt Ternman *et al.* (2014) är inte dåsning helt definierat men det kan ses som ett tillstånd mellan sömn och vakenhet. Vidare visade de att det inte går att särskilja sömn från dåsning utifrån kons position eller kroppshållning. I studien användes elektrofysiologiska data för att särskilja de olika sömnstadierna.

Tillräcklig liggtid och foderkonsumtion är nödvändigt för att nå hög välfärd och produktion hos mjölkkor. Helmreich *et al.* (2014) visade att vid begränsningar i både liggtid och foderkonsumtion fanns en risk för minskad mjölkkningsfrekvens och därmed mjölkproduktion. Kor ligger normalt ner 10–12 timmar per dag för sömn och vila. Kor i senare delen av laktationen spenderar mer tid liggande än kor i tidig laktation men de prioriterar lika och väljer att ligga ner över att äta om båda är begränsade. Kor kan däremot kompensera kortare ättid genom att äta fortare (Munksgaard *et al.* 2005). Munksgaard *et al.* (2005) visade att korna prioriterade att ligga ner över social kontakt men social kontakt var trots detta starkt prioriterat. En adekvat liggtid är som tidigare nämnt nödvändigt för att upprätthålla en hög produktion. Vid liggande fördubblas blodflödet till juvret och tiden för idisslingen är längre när korna ligger ner jämfört med om de står upp (Dijkstra *et al.* 2012). I studien av Melin *et al.* (2007) idisslade korna i perioder om 30 minuter upp till två timmar åt gången. Antalet gånger en ko idisslar samt under hur lång tid ökar med större grovfoderintag med stora partiklar. Kornas beteendemönster påverkas även av temperaturen i stallet. I varma klimat ligger korna generellt kortare tid och antalet kor i väntfällan visade sig öka vid högre temperaturer jämfört med milda förhållanden (Mattachini *et al.* 2017).

Munksgaard *et al.* (2011) rapporterade att antalet besök till mjölkkningsroboten var jämt fördelat över dygnet förutom under tidig morgon när flest kor låg ner. I studien av Helmreich *et al.* (2014) låg korna ner under en längre period under natten jämfört med dagtid. Den genomsnittliga liggtiden under natten var 95 minuter jämfört med 75 minuter under dagen. Varken Munksgaard *et al.* (2011) eller Helmreich *et al.* (2014) fann några skillnader i liggtid mellan olika kotrafiksystem till skillnad från Rodenburg (2017) som konstaterade att fri kotrafik innebar längre vilostunder.

Liggtiden hos kor i lösdriftsstall påverkas av stallets storlek, utformning och läge, liggbåsens underlag, utformning, beläggningsgrad och skötsel samt mjölkknings- och utfodringsrutiner. Mattachini *et al.* (2011) visade att korna ligger ner längre tid om ströet i liggbåsen är torrt. Tidbudgetanalysen visade även att kor med tillgång till foder efter mjölkning tillbringade 1–2 timmar att äta innan de valde att lägga sig ner. En minskning av liggtiden observerades under mitten av dagen, sena eftermiddagen och tidiga kvällstimmar. Ståendetiden var som längst mitt på dagen (från 11:00 till 15:00) där över 40 % av korna stod upp.

Väntfållan kan orsaka problem

Väntfållan bör vara stor för en minskad risk för konkurrens till mjölkningsroboten mellan korna och därmed frammana ett effektivt flöde (Jacobs *et al.* 2012). Utöver problem med att lågrankade kor kan tvingas spendera lång tid i väntfållan och de olika kotrafiksystemens inverkan på tiden kor spenderar i väntfållan finns ett antal andra aspekter att se över. Enligt Dijkstra *et al.* (2012) har kor som spenderar lång tid i väntfållan begränsade möjligheter att utföra normala beteenden och får därmed försämrad välfärd. Väntfållan kan vara en stressig miljö för korna. De har inte möjlighet att ligga ner, rörelsemöjligheten är mycket begränsad och tillgång till foder och ibland vatten saknas. Det kan vara socialt stressande eftersom korna är tvingade till att dela en liten yta nära varandra. Det finns inga möjligheter för lågrankade kor att undvika aggressiva artfränder eller att lämna platsen (Dijkstra *et al.* 2012).

Det har påvisats att kor är mer benägna att stampa med benen och väga från sida till sida om de tvingas stå längre stunder vilket tyder på att de upplever obehag i sådana situationer. Om kor under upprepade tillfällen under en längre tid förhindras att ligga ner tillräckligt mycket kan välfärden försämrans på lång sikt. Om kor förhindras att ligga ner på två timmar eller mer riskerar deras välfärd. Efter att ha stått en längre stund utan möjlighet att ligga ner återhämtar sig korna till viss del under senare vila genom att omlägga tiden för foderintag och stående tid. Mjölkmängden påverkas däremot inte av förkortad liggtid (Cooper *et al.* 2007).

Hälta är associerad med längre liggtid då halta kor ligger ner i genomsnitt 0,6 timmar längre per dag under färre, men längre stunder. En redan halt ko som tvingas stå en längre stund ökar belastningen på klöven vilket kan leda till en värre skada och hälta. Klövproblem kan därmed bli värre i och med längre stående tid i väntfållan. Liggande vila hjälper till att läka klöven men det är ännu inte styrkt om 0,6 timmar extra vila är tillräckligt (Westin *et al.* 2016).

Observationsmetoder

Val av metod för beteendeobservationer måste baseras på syftet med den specifika studien. De beteenden som ska observeras avgör vilken längd på intervallen man väljer. Mattachini *et al.* (2011) valde 10, 20, 30, 60 och 120 minuters intervaller och menade att beteendeobservationer med långa intervaller, t.ex. 30 eller 60 minuter i allmänhet varken är tillräckligt noggrant eller exakt för att mäta beteendeaktiviteter med kort varaktighet såsom drickande och gång. Långa intervaller var däremot lämpligt för mätning av liggtid. Slumpmässig observation t.ex. ett djur av 10 var endast en lämplig metod för beteendeaktiviteter som har lång varaktighet. Den observationsmetod som används väljs vanligen av praktiska skäl och beror på djurens miljö, antalet djur som ska observeras samt om ytterligare observationer ska ske parallellt.

Material och metoder

Denna studie är uppdelad i en beteendestudie och en analys av redan befintliga data på mjölkorna i AMS-avdelningen i nötstallet vid Lövsta lantbruksforskning, SLU i Uppsala. Korna hölls i lösdrift med AMS (DeLaval VMS, DeLaval AB, Tumba) inklusive väntfålla, en foderavdelning med 20 grovfodertråg med vågfunktion (Biocontrol A/S, Rakkestad, Norge) och en liggavdelning med liggbås. Se Figur 1 för översikt av stallet. Liggavdelningen bestod

av 62 liggbås och tre kraftfoderstationer (DeLaval AB, Tumba). Liggbåsen var täckta med gummimattor och sågspån som strö. Kotrafiken var semi-styrd med envägsgrindar till foderavdelningen och selektionsgrind till väntfållan, ett sk. ”foder först” system. Kraftfoder tilldelades korna i kraftfoderstationer i liggavdelningen samt under mjölkning. Varje ko hade ett individuellt ID chip som automatiskt lästes av för att få tillgång till grov- respektive kraftfoder samt till mjölkningsroboten. I grovfoderstationerna sänktes en barriär ner så att foderträget blev tillgängligt. När kon hade ätit åkte barriären upp igen för att inte en obehörig ko skulle äta från samma giva. Detta för att kunna väga hur mycket foder respektive ko åt. Vid tillstånd för kraftfoder stängdes en lucka bakom kon för att undvika att obehöriga kor tog sig in i stationen. När kon hade ätit klart öppnades luckan igen. När tillstånd inte gavs kom inget kraftfoder ur automaten. Foderinnehållet för grovfoder och kraftfoder finns specificerat i Tabell 1. Sex vattenkoppar var placerade i foderavdelningen, tre i liggavdelningen och en i väntfållan. I foderavdelningen fanns två automatiska roterande borstar utformade för att borsta korna. Eftersom kotrafiken var styrd med selektionsgrindar med foder först nåddes mjölkningsroboten därmed endast från foderavdelningen. Utgången från roboten ledde tillbaka till foderavdelningen. När mjölkningstillstånd inte gavs öppnades i stället grinden till liggavdelningen. Vid mjölkningstillstånd slussades korna till väntfållan och de kunde inte lämna området förrän de hade blivit mjölkade. Mjölkningssystemet var tillgängligt 24 timmar per dag förutom vid systemunderhåll och rengöring. Automatiska golvskrapor förde kontinuerligt bort gödsel från gångarna i stallet och manuell skrapning utfördes där skraporna inte kom åt.

Tabell 1 *Kemisk sammansättning av fodrets näringsinnehåll våren 2017*

Foderinnehåll	Ensilage	Kraftfoder*
TS %	41,5 ± 3,1	87,8
Aska g/kg ts	87,4	80,2
OE ¹ MJ/kg ts	11,4 ± 0	14,1
OMD ² %	79,1 ± 0,5	-
Stärkelse g/kg ts	Icke analyserat	51,6
Råfett g/kg ts	Icke analyserat	64,9
Råprotein g/kg ts	163,9 ± 4,0	168,5

*Samtliga värden för kraftfoder hämtades från foderproducenten, Lantmännen och har därmed ingen standardavvikelse.

¹OE, omsättbar energi

²OMD, smältbar organisk substans

Analys av data från våren 2017

För analysen av redan befintliga data inhämtades information om mjölmängd, foderintag, tid i väntfållan och mjölkningstidpunkt under tidsperioden 170213–170507 från databasen basreg samt från Delprosystemet (DeLaval AB, Tumba). Totalt fanns data från 103 kor i laktation två eller senare. Av dessa var 57 kor av rasen SRB och 46 kor av rasen Holstein. Under denna period fanns inga förstakalvare i avdelningen p.g.a. att de ingick i en annan studie.

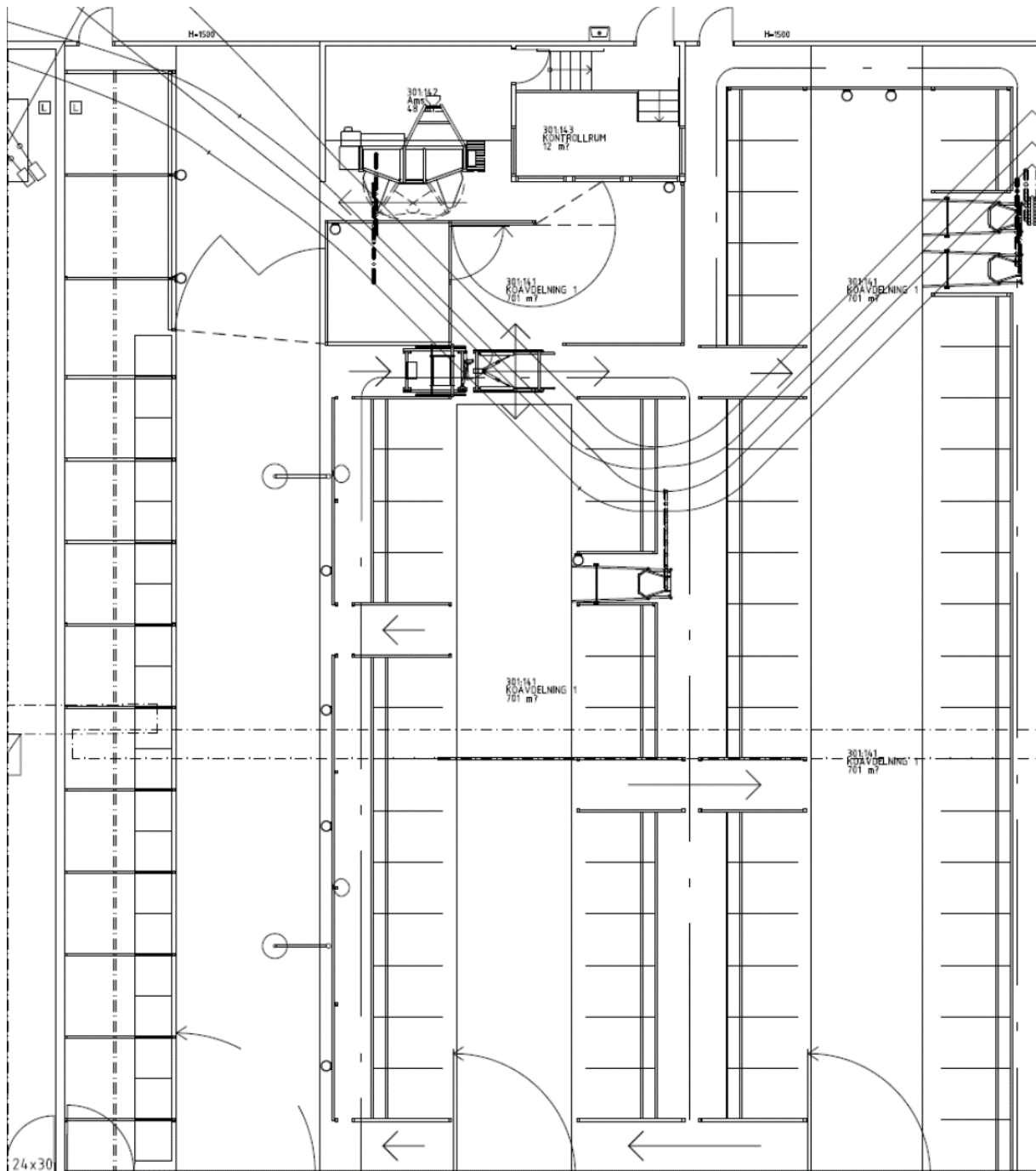
Beteendestudie och analys av VMS data i november 2017

Beteendestudien utfördes på mjölkorna under vecka 47 2017. Data för mjölkavkastning, foderintag, tid i väntfällan och mjölkningstidpunkt under veckan hämtades från databasen basreg samt från Delprosystemet. På grund av tids- och resursbrist kunde inte olika kotrafiksystem eller social rang över korna utvärderas.

Beteendestudien utfördes genom direkt observation över utvalda aktiviteter under olika tider på dygnet under en vecka och sammanställdes sedan till ett medeldygn för varje ko. Aktiviteterna noterades var 15:e minut under varje timme. Beteendestudien utfördes på alla djur i AMS-avdelningen bestående av 54 mjölkkor (33 av rasen SRB och 21 av rasen Holstein) varav sex kor var förstakalvare. En ko flyttades från avdelningen innan studien avslutades och togs därför bort från dataanalysen. Alla kor markerades med siffror från ett till 54 med hjälp av djurmärkningskriter på var sida av bakkdelen så att de tydligt kunde avläsas under studien. Varje ko fick en markering för var de befann sig och för vilket beteende de utförde. Aktiviteterna som registrerades och hur de definierades finns beskrivet i etogrammet i Tabell 2. Nattetid mellan 22.00 och 05.00 filmades korna i stallet med kameror uppsatta i taket i varje avdelning så att alla kor kunde observeras på film. Kamerainspelningen pågick under tre nätter.

Tabell 2. *Etogram över registrerade beteenden. Definitionerna bestämdes delvis utifrån begreppsförklaringar från Norring & Valros (2015) men anpassades till denna studies behov*

Beteende	Beskrivning
Väntfälla	Kon befinner sig någonstans i väntfällan.
ME (mjölkningseenhet)	Mjölkas i mjölkningsroboten.
Foderavdelning	Kon befinner sig någonstans i foderavdelningen.
Liggavdelning	Kon befinner sig någonstans i liggavdelningen.
Idisslar	Synliga tugg rörelser utan ensilage i munnen.
Dricker	Stående med huvudet placerat vid en vattenkopp.
Går	Rör sig några eller flera steg i någon riktning.
Står	Står still på fyra ben med huvudet åt någon riktning men huvudet kan röra sig.
Kraftfoder	Stående i kraftfoderstation med huvudet vid automaten.
Ensilage	Stående med huvudet i grovfoderstation med ensilage i munnen och synliga tugg rörelser.
Sociala interaktioner	Aktiv kroppskontakt mellan individer ex. slickar, puttar, stångas.
Vila med öppna ögon	Liggande ställning utan synliga tugg rörelser med huvudet uppåt.
Vila med slutna ögon	Liggande ställning med huvudet vilandes åt någon sida med slutna ögon.
Borste	Stående mot roterande borste.



Figur 1. Ritning över AMS-avdelningen.

Statistisk analys

All data analyserades i statistikprogrammet SAS 9.4. Innan SAS användes behandlades all data i Excel för att analysen skulle kunna utföras på ett korrekt sätt. För befintliga data från våren 2017 summerades all data för respektive vecka och sammanställdes sedan till ett genomsnitt per dag och djur för varje vecka. Den påverkan tiden i väntfällan hade på mjölkavkastning, mjölkkningsintervall och foderintag analyserades med hjälp av en regressionsmodell i PROC mixed. I modellen ingick ras och vecka som fixa faktorer, djurnummer som slumpvariabel och vecka angavs som upprepad mätning.

Spridningen i väntetid i väntfällan analyserades med PROC univariate och illustrerades med ett låddiagram för samtliga kor.

Data från de direkta observationerna analyserades med PROC mixed och i modellen ingick ras och laktationsnummer som fixa faktorer och djurnummer som slumpvariabel. Samspel mellan de ingående variablerna testades men uteslöts ur modellen om de var icke-signifikanta.

Data för mjölkkningsintervall och tiden i väntfällan under tiden beteendestudien pågick analyserades med PROC mixed och i modellen ingick ras, laktationsnummer som fixa faktorer och djurnummer som slumpvariabel. Samspelet mellan de ingående variablerna testades men uteslöts ur modellen om de var icke-signifikanta. För samtliga statistiska analyser ansågs resultatet som signifikant om $P < 0,05$.

Resultat

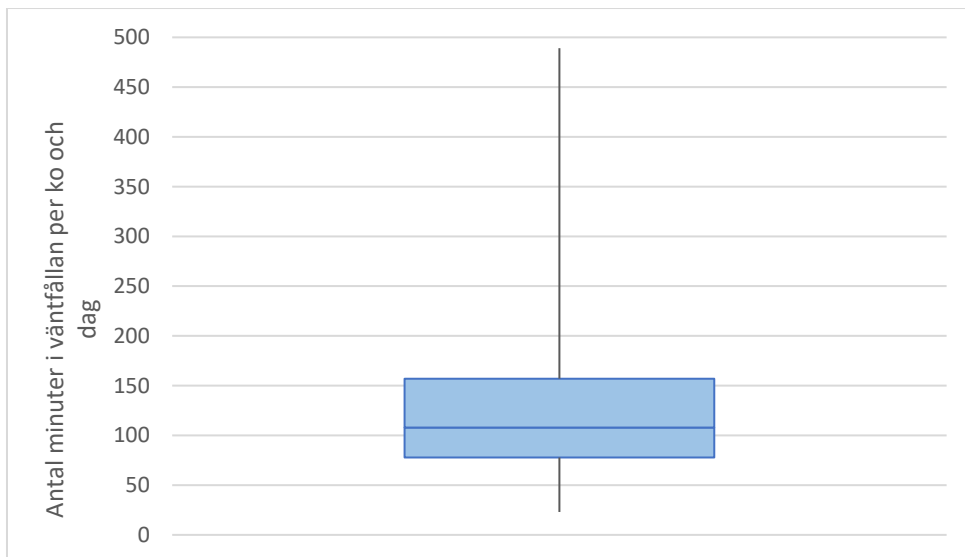
Analys av befintligt datamaterial från våren 2017

Figur 2 visar spridningen i väntfålltiderna för samtliga kor illustrerat med ett låddiagram. Figur 3 och figur 4 visar spridningen i väntfålltiderna mellan Holsteinkor respektive SRB-kor.

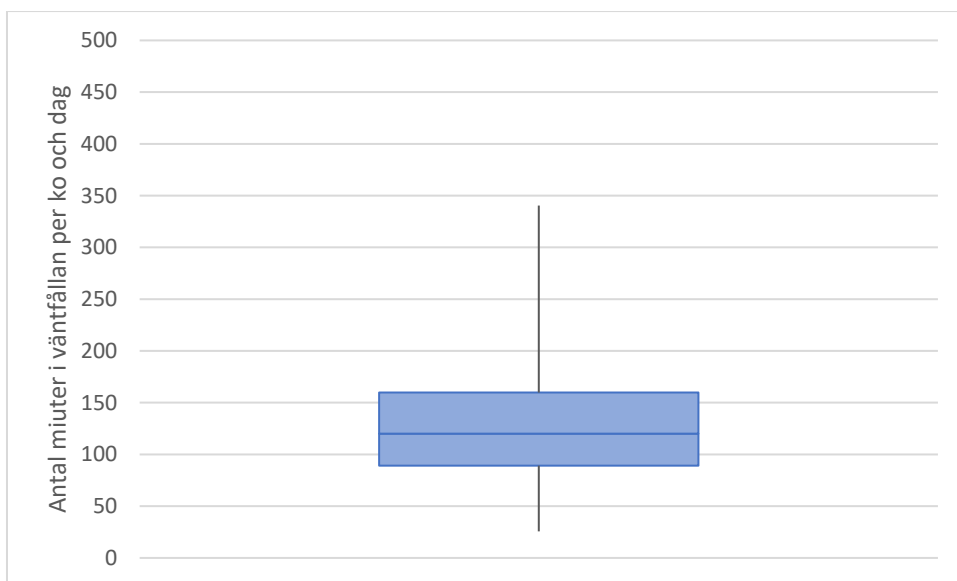
Sambandet som kunde utläsas av regressionsanalysen visade att mjölmängden och mjölkkningsintervallet påverkades av tiden i väntfällan. Interceptet anger den genomsnittliga dagliga mjölkavkastningen, foderintaget och mjölkkningsintervallet i timmar och förändringen för varje minut korna står i väntfällan ses som en ökning eller minskning i kolumn tre i Tabell 3. Mjölkkningsintervallet ökade med 0,005 timmar, d.v.s. 0,3 minuter (=18 sekunder), för varje minut korna stod i väntfällan och mjölmängden ökade med 0,025 kg för varje minut korna stod i väntfällan. Ensilageintaget, kraftfoderintaget och totala ts intaget var inte signifikant påverkat. Det fanns inga skillnader mellan raserna SRB och Holstein.

Tabell 3. *Regressionsanalys av hur tiden i väntfällan påverkar mjölkavkastning, foderintag och mjölkkningsintervall från befintligt datamaterial med 103 kor våren 2017 i AMS*

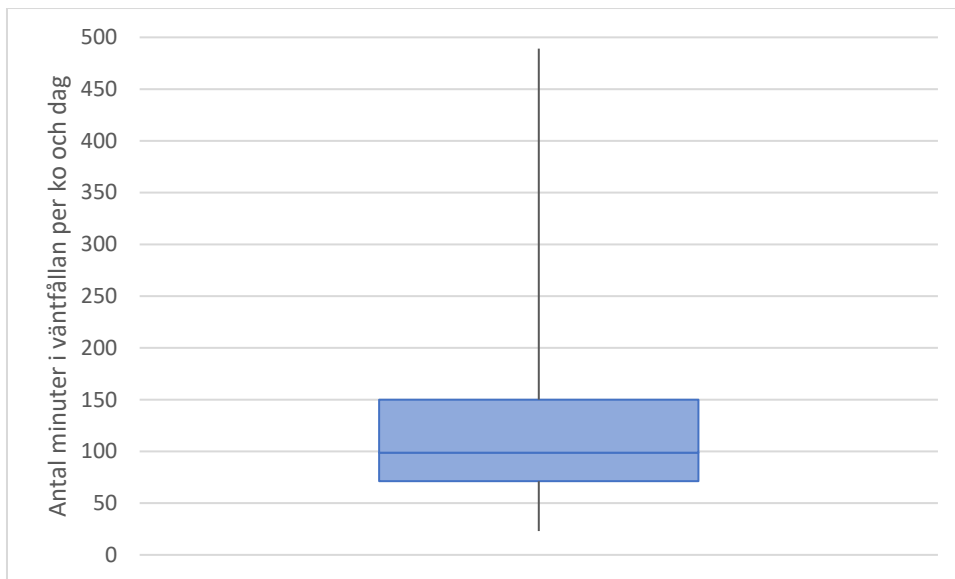
Parametrar per ko och dag	Intercept	Förändring per minut i väntfällan	Medelfel	P-värde
Mjölmängd, kg	36,8	+0,025 kg	0,004	<0,0001
Ensilage, kg ts	16,4	+0,004 kg	0,0025	0,10
Kraftfoder, kg ts	9,9	-0,002	0,0020	0,41
Totalt ts intag, kg ts	26,3	+0,002	0,0034	0,51
Mjölkkningsintervall, h	10,8	+0,005	0,0011	<0,0001



Figur 2. Låddiagram över tiden i väntfällan för samtliga 103 kor i AMS under analysen för våren 2017. Diagrammet visar spridningen av tiderna i väntfällan i minuter för alla kor från minsta till största värdena med första kvartilen, median och tredje kvartilen.



Figur 3. Låddiagram över tiden i väntfällan för samtliga 46 kor av rasen Holstein i AMS under analysen för våren 2017. Diagrammet visar spridningen av tiderna i väntfällan i minuter för alla Holsteinkor från minsta till största värdena med första kvartilen, median och tredje kvartilen.



Figur 4. Låddiagram över tiden i väntfällan för samtliga 57 kor av rasen SRB i AMS under analysen för våren 2017. Diagrammet visar spridningen av tiderna i väntfällan i minuter för alla SRB-kor från minsta till största värdena med första kvartilen, median och tredje kvartilen.

Beteendestudie och analys av VMS data i november 2017

Av tidsbudgeten framgår att korna främst lägger sin tid på att idissla, i genomsnitt 542 ± 79 minuter. Korna vilade med öppna ögon i 175 ± 28 minuter och vilade med slutna ögon i genomsnitt ca en timme. Korna stod upp i genomsnitt 157 ± 54 minuter och gick i genomsnitt ca en timme. Därefter spenderade korna längst tid i väntfällan med ett genomsnitt på 123 ± 63 minuter. Korna var i AMS ca 20 minuter och de drack sammanlagt ca 30 minuter i genomsnitt. Korna använde endast borstarna ett fåtal minuter men de ägnade kortast tid åt sociala interaktioner.

Data från mjölkkningsroboten och selektionsgrindarna visade att samspelet mellan ras och laktationsnummer var signifikant för tiden i väntfällan. Det fanns skillnader mellan förstakalvare och äldre kor av rasen SRB ($P < 0,0001$) samt mellan förstakalvare av båda raserna SRB och Holsteinkor ($P = 0,0083$). Förstakalvare av rasen SRB stod i väntfällan 3,8 timmar, d.v.s. 231 minuter medan förstakalvare av rasen Holstein stod 1,6 timmar, d.v.s. 96 minuter. Äldre kor av rasen SRB stod 1,3 timmar, d.v.s. 81 minuter i väntfällan och äldre kor av rasen Holstein stod 1,8 timmar, d.v.s. 109 minuter i väntfällan. Detta innebär att förstakalvare av rasen Holstein stod ca 13 minuter kortare tid i väntfällan än äldre Holsteinkor.

Tabell 4. *Kemisk sammansättning av fodret under beteendestudien.*

Foderinnehåll	Ensilage	Kraftfoder*
TS %	41,5	87,8
Aska, g/kg ts	87,4	80,2
OE MJ/kg ts	11,4	14,1
OMD %	79,1	-
Stärkelse, g/kg ts	Icke-analyserat	51,6
Råfett, g/kg ts	Icke-analyserat	64,9
Råprotein, g/kg ts	163,9	168,5

*Samtliga värden för kraftfoder hämtades från foderproducenten, Lantmännen och har därmed ingen standardavvikelse. ¹OE, omsättbar energi

Tabell 5. *Foderintag samt tidsbudget för korna (förstakalvare=FK och äldre kor=ÄK) under ett dygn i AMS från beteendestudien. Mjölkningsintervall samt tid i väntfålla baserat på data från mjölkningsroboten ingår också som jämförelse. Data är presenterat som minstakvadratmedelvärden och medelfel*

Parametrar per ko och dag	SRB	SH	FK	ÄK	Medelfel ras	Medelfel laktnr	Ras P-värde	Laktnr P-värde
Kraftfoder, kg ts	6,3	7,2	6,8	6,7	0,9	0,56	0,44	0,92
Ensilage, kg ts	15,0	17,5	12	20,7	0,7	0,41	0,0032	<0,0001
Mjölkmängd, kg	27	31	26	32	2,0	1,22	0,1	0,1
Väntfålla, min	213	140	238	115	25,0	14,0	0,1	0,007
AMS, min	18	27	21	24	4,0	2,6	0,1	0,8
Idisslar, min	510	573	502	581	30	16	0,2	0,1
Dricker, min	26	30	28	27	7	4,3	0,6	0,9
Går, min	60	52	54	59	8	4,9	0,3	0,7
Står, min	162	152	206	108	12	7,2	0,5	<0,0001
Sociala interaktioner, min	6,6	7,1	5,1	8,7	2,74	1,69	0,88	0,47
Vilar med öppna ögon, min	169	180,5	161,8	189	16,7	10,4	0,59	0,38
Vilar med slutna ögon, min	65	57	69	53	8,1	4,99	0,44	0,28
Borste, min	9	9,4	7,6	11	3,4	2,11	0,94	0,59
Mjölkningsintervall, h robotdata	10	9,7	10,0	9,6	0,42	0,26	0,75	0,6
Väntfålla, min robotdata	156	102	163	95	0,25	0,14	0,04	0,0028

Diskussion

En positiv aspekt för lantbrukare med AMS är den minskade arbetskraften som krävs och att det ofta leder till en ökad mjölkavkastning i och med en ökad mjölkkningsfrekvens. Helmreich *et al.* (2014) menar också att det anses positivt för korna att hållas i lösdrift eftersom att de själva kan bestämma över sin tidsbudget över dagen. Däremot finns en risk att korna spenderar för lång tid i väntfällan så att de tvingas kompensera sin tidsbudget vilket flera studier (Cooper *et al.* 2007; Dijkstra *et al.* 2012; Helmreich *et al.* 2014; Munksgaard *et al.* 2005; Rushen & Passillé 1999) tyder på är negativt för deras välfärd samt för produktionen. Hypotesen i denna studie att kor som spenderar längre tid i väntfällan påverkas negativt med avseende på foderintag, mjölkavkastning och tid för vila kunde inte bekräftas. Det var dock inga förstakalvare med i datamaterialet men i tidsbudgeten visades tydligt att förstakalvare spenderar mer tid i väntfällan. Detta innebär att resultaten kunde ha varit annorlunda om förstakalvare hade varit med i analysen.

Denna studie visade inget samband mellan tiden i väntfällan och vattenintag, gång, vilande med öppna ögon, vilande med slutna ögon, kraftfoderintag eller sociala interaktioner. Detta kan bero på att dataunderlaget var för litet. I det material som analyserades för våren 2017 var tiden per dag som korna spenderade i väntfällan i medeltal \pm standardavvikelse 123 ± 63 minuter för samtliga kor, 118 ± 68 minuter för SRB-kor och 130 ± 56 minuter för Holsteinkor. Beteendestudien visade inget samband mellan tiden i väntfällan och mjölkningsintervall däremot visades ett samband som utlästes med hjälp av regressionsanalysen att mjölkningsintervallen blev längre med ökad tid i väntfällan. Det dagliga intervallet var 10,9 timmar vilket i genomsnitt innebär att varje ko mjölkas 2,2 gånger per dag. För varje minut i väntfällan ökade intervallet med 0,3 minuter. Det finns många studier som visar att mjölkavkastningen ökar om korna mjölkas tre gånger per dag i stället för det vanliga två gånger (Hovinen & Pyörälä, 2011; Pettersson *et al.* 2011; Sorensen *et al.*, 2008; Österman & Bertilsson, 2003) I denna studie påträffades däremot ett positivt samband mellan mjölmängden och ökad tid i väntfällan, det vill säga med ett längre mjölkningsintervall. Mängden ökade endast med 0,026 kg för varje minut i väntfällan men det överensstämmer inte med hypotesen att mjölmängden skulle minska. Däremot var kanske inte intervallet tillräckligt långt för att en effekt skulle ses i mjölmängd eftersom att 10–11 timmar är kortare tid än ett ca 12 timmars intervall som det brukar vara i en konventionell mjölkproduktion. Det stämmer däremot med att juverfyllnadsgraden ökar ju längre tid det går mellan två mjölkningar. Av regressionsanalysen i arbetet utlästes hur mycket mjölkavkastningen minskade eller ökade för varje minut korna stod i väntfällan, d.v.s. vid mjölkningen efter väntetiden. Det hade kunnat bli ett annat resultat om en jämförelse mellan individer med korta och långa väntetider under en hel laktation hade gjorts. Detta eftersom att mjölmängden varierar under laktationen och på så sätt skulle individer i samma laktationsstadium men med olika social status kunna jämföras.

En viktig aspekt att ta hänsyn till är juverhälsan som Hogeveen *et al.* (2001) menar försämras med ett längre mjölkningsintervall. Det med avseende på att risken för mastit ökar med ett längre mjölkningsintervall med två eller färre mjölkningar per dag. Även celltal har visats minska med högre mjölkkningsfrekvens än två per dag. Så även om mjölmängden ökar med en mjölkkningsfrekvens kortare än två mjölkningar per dag är det lämpligt att se över juverhälsan som har en betydande roll för en lyckad och effektiv mjölkproduktion. Även Munksgaard *et al.* (2011) menar att risken ökar för mastit om korna mjölkas under två gånger

per dag. Enligt Castro *et al.* (2012) maximeras mjölkavkastningen om så stor andel som möjligt av korna i AMS mjölkas 2,4 till 2,6 gånger per dag.

En brist i datamaterialet var att det inte fanns några förstakalvare i AMS avdelningen under denna tid vilket betyder att ingen jämförelse kunde göras mellan förstakalvare och äldre kor som i beteendestudien. Däremot var det ett större djurantal än i beteendestudien vilket talar för ett säkrare resultat. Den genomsnittliga tiden för alla kor i väntfällan var 123 ± 63 minuter. Beteendestudien visade en signifikant skillnad mellan förstakalvare och äldre kor där förstakalvare väntade i genomsnitt 238 minuter och äldre kor väntade 115 minuter per dag. Mjölkningsrobotens data visade också en signifikant skillnad mellan laktationsnummer men med kortare väntetider, 163 minuter för förstakalvare och 95 minuter för äldre kor. Denna data visade även en signifikant skillnad mellan raserna där SRB väntade i genomsnitt längre än Holstein, 156 minuter jämfört med 102 minuter. En anledning till att beteendestudiens resultat och mjölkningsrobotens data skilde sig var att i mjölkningsrobotens data ingick all tid korna hade spenderat i väntfällan mellan den 20–26 november 2017 medan tiden i väntfällan från beteendestudien endast speglar ett medeldygn.

På grund av resurs- och tidsbrist kunde inte rang och rangens påverkan utvärderas för tiden i väntfällan. För att utvärdera kornas rang kunde matrisen som Melin *et al.* (2006) använde ha nyttjas. Flera studier (Halachmi, 2009; Helmreich *et al.* 2014; Ketelaar- de Lauwere *et al.*, 1996) tyder på att rangen har en stor betydelse för hur länge olika kor spenderar i väntfällan där högrankade kor tar sig förbi lägre rankade kor. En anledning till detta kan vara att lågrankade kor köar länge och flera högrankade kor tar sig fram direkt till roboten. Enligt indelningen som Halachmi (2009) gjorde var förstakalvare lågrankade kor. I studien av Halachmi (2009) var tiderna i väntfällan i genomsnitt 3,5 minuter för högrankade kor och 68,9 minuter för lågrankade kor per mjölkning. I studien mjölkades korna 3,3 gånger per dag jämfört med 2,2 i denna studie. I denna studie gjordes som tidigare nämnt ingen jämförelse i social status däremot gjordes en jämförelse mellan förstakalvare och äldre kor som omfattades av beteendestudien, vilket kan tyda på skillnader i rang. Datamaterialet från våren 2017 omfattade endast kor med flera kalvningar och ingen jämförelse kunde göras. Ett mjölkningsintervall på 2,2 gånger per dag gjorde att förstakalvarna från beteendestudien väntade 108 minuter per mjölkning och mjölkningsrobotens data visade 74 minuter per mjölkning. Mjölkningsrobotens värden stämmer nära överens med de väntetider Halachmi (2009) visade att lågrankade kor har, men ett något förhöjt värde från beteendestudien. Av beteendestudien framkom att de äldre korna väntade i 52 minuter per mjölkning och 43 minuter enligt mjölkningsrobotens data. Dessa tider är betydligt högre än de 3,5 minuter som högrankade kor i studien av Halachmi (2009) väntade per mjölkning. I beteendestudien ingick endast 54 kor jämfört med 67 kor i studien av Halachmi (2009). Av dessa 54 kor var endast sex förstakalvare och resten var äldre kor. Halachmi (2009) delade in de lågrankade i sex till sju kor och även sex till sju kor som högrankade. Anledningen till att tiderna varierade stort mellan denna studies indelning av äldre kor och indelningen Halachmi (2009) gjorde av högrankade kor beror sannolikt på att fler kor ingick i gruppen äldre kor än i gruppen högrankade kor. Däremot stämmer värdena bättre överens med förstakalvarna och de lågrankade korna vilket kan bero på att ungefär samma antal kor användes i båda grupperna och att Halachmi (2009) till viss del delade in förstakalvare bland lågrankade kor. Andra anledningar till att studierna har en stor variation kan dels bero på gruppindelningen men också på stallens utformning och skillnader i väntfällans uppbyggnad. Olika kotrafiksystem

har även betydelse. I denna studie kunde som mest nio kor befinna sig i väntfällan samtidigt till skillnad från studien av Halachmi där väntfällan var öppen.

Det är visat att liggtid hos kor är starkt prioriterat i den dagliga tidsbudgeten. Att enbart stå upp flera timmar om dagen i väntfällan utan att kunna ligga ner kan vara stressande för korna, speciellt för ranglåga kor som i många fall väntar längre än ranghöga kor. Eftersom att hålla är en faktor som gör att kor blir ranglåga kan det vara extra stressande för dem eftersom att det kan leda till ökad smärta i klövarna. I denna studie visade det att förstakalvare av rasen SRB väntar 150 minuter (2,5 timmar) längre tid i väntfällan än äldre SRB-kor. Analysen av befintliga data visade att mediantiden i väntfällan för alla kor gemensamt var 108 minuter, 99 för SRB-kor och 120 minuter för Holsteinkor. Maxtiden för alla kor gemensamt och för SRB-kor var 489 minuter jämfört med 340 minuter för Holsteinkor. Det minsta värdet var 23 minuter för alla kor gemensamt och för SRB-kor och 25 minuter för Holsteinkor. Detta innebär att Holsteinkor i genomsnitt befann sig i väntfällan längre tid än SRB-kor men att de kor som väntade längst var av rasen SRB. Förstakalvare av rasen SRB väntade i genomsnitt ca 230 minuter i väntfällan dagligen. Detta resultat tyder på att förstakalvare och troligen lågrankade SRB-kor är mest utsatta i AMS. Dessa kor bör därför övervakas noggrannare för att avgöra om de kompenserar sin tidsbudget eftersom att det kan leda till försämrad välfärd hos dessa kor.

Rodenburg (2017) jämförde väntetider mellan olika kotrafiksystem och i *semi-styrd trafik med selektionsgrindar* som också tillämpades i denna studie var väntetiderna i genomsnitt 124 minuter jämfört med 168 minuter för en hög- respektive lågrankad ko. Tiderna från de olika studierna skiljer sig åt men en liknelse kan ses mellan dessa och mjölkningsrobotens värden, 95 minuter för äldre kor och 163 minuter för förstakalvare.

Denna studie utgick från samma beteenden som Deming et al. (2013) men eftersom Ternman et al. (2014) har visat att det inte går att särskilja sömn från dåsning utifrån kons position eller kroppshållning valdes sömn bort. Tid vid de roterande borstarna ingick även i studien som ett extra beteende. Beteendestudien visade endast signifikanta skillnader mellan laktationsnumren för tid för idissling och stående. Äldre kor idisslade 79 minuter längre om dagen jämfört med förstakalvare, 581 minuter respektive 502 minuter. Förstakalvare stod även 98 minuter längre tid om dagen jämfört med äldre kor, 206 minuter respektive 108 minuter. Den stående tiden är den tiden de stod i gångarna, alltså tiden utöver vad de stod i väntfällan. Munksgaard et al. (2005) visade att kor i senare laktation spenderar mer tid liggande än kor i tidig laktation. Äldre kor idisslade längre tid och stod upp kortare tid än förstakalvare vilket överensstämmer med Dijkstra et al. (2012) som menade att vid liggande fördubblas blodflödet till juvret och korna idisslar längre när de ligger ner jämfört med när de står upp. Studien visade dock ingen signifikant skillnad i liggtid. Westin et al. (2016) påvisade att det ofta är äldre kor som ligger ner under längre perioder vilket kan överensstämma med resultatet av denna studie med avseende på att de yngre korna stod upp mer än de äldre. Grovfoderintaget under beteendestudien skilde sig signifikant mellan båda raserna och mellan laktationsnumren. Holsteinkor åt i genomsnitt 2,5 kg ts mer per dag än SRB kor. Äldre kor åt i genomsnitt 8,7 kg ts mer än förstakalvare om dagen. Att äldre kor äter mer har till stor del att göra med att de har en större mjölmängd vilket även denna studie bekräftade. Holsteinkor gav även mer mjölk än SRB-kor i denna studie, vilket de även vanligen gör eftersom att de är större och äter mer av den anledningen. Studien visade även att Holsteinkor var i

mjölkkningsroboten längre tid än SRB-kor vilket även bekräftar att det tar längre tid för en Holsteinko att bli mjölkad i och med den högre mjölmängden.

Beteendestudien visade att korna i genomsnitt endast spenderade några få minuter om dagen på sociala interaktioner. Enligt Munksgaard *et al.* (2005) prioriterar kor att ligga ner över sociala interaktioner och de väljer också att ligga ner över att äta om båda är begränsade. Eftersom det inte i den här studien gjordes någon skillnad på olika typer av sociala interaktioner kan det anses positivt att korna endast spenderade några minuter om dagen åt detta eftersom att det innebär att det var lite aggressiva interaktioner. En tydligare uppdelning och större fokus på olika sociala beteenden kunde ha gjorts för att få en klarare översikt på hur sociala interaktioner utspelar sig i väntfällan och hur det påverkar korna. Det fanns ingen skillnad i liggtid mellan korna under beteendestudien vilket tyder på att det är högt prioriterat i enlighet med studien av Munksgaard *et al.* (2005).

Redan befintliga data fanns från våren 2017 och användes till denna studie som ett komplement till beteendestudien som utfördes. Detta för att få ett större dataunderlag och för att en jämförelse mellan resultaten kunde göras. I beteendestudien observerades korna endast under delar av en vecka för att få fram ett sammanslaget medeldygn. Det gav ett mindre dataunderlag jämfört med det befintliga dataunderlaget från våren 2017. För att få säkrare resultat skulle korna ha observerats över flera dygn i sträck men på grund av resurs- och tidsbrist var detta inte möjligt.

Filmkameror sattes upp i stallet för att studera korna nattetid. Att läsa av filmerna var mycket tidskrävande då de målade siffrorna på korna till viss del suddades ut och det tog tid att ta reda på vilken ko som var vilken. Korna filmades under flera nätter för att kunna observera beteenden hos alla kor. För att undvika dessa problem hade det varit bra att använda slitstarka ljusa färger som lättare syntes på korna. Det hade varit möjligt att observera djuren på plats på samma sätt som på dagen om studien hade haft mer resurser eftersom ensamarbete i ladugården inte är tillåtet nattetid. Både beteendeobservationer på plats och analys av videoinspelningar har dock nackdelar eftersom att de båda ofta är tidskrävande och arbetsintensiva.

Slutsats

Denna studie visade ingen skillnad mellan raser eller mellan förstakalvare och äldre kor i mjölkkningsintervall eller mjölmängd. Ensilageintaget skilde sig signifikant för både ras och laktationsnummer i beteendestudien. Det observerades även signifikanta skillnader mellan förstakalvare och äldre kor för idissling samt tid för stående. Dessa parametrar är lämpliga att se över för att fastställa om dessa påverkas negativt av tiden i väntfällan.

Mjölkkningsintervallen ökade med 0,3 minuter för varje minut korna stod i väntfällan och mjölkavkastningen var 0,026 kg högre för varje minut i väntfällan. Ingen skillnad fanns mellan mjölkkningsintervall och mjölmängd mellan raserna. Det fanns ingen skillnad mellan raserna och tiden i väntfällan påverkade inte foderintaget.

Det behövs mer forskning kring hur mjölkkningsintervall och tid i väntfällan påverkar mjölkorna framförallt med avseende på mjölkavkastning, juverhälsa och deras välfärd. Med

välfärd avses t.ex. stress som uppstår när korna hindras från att utföra alla beteenden i deras individuella tidsbudget.

Referenser

- ATL. (2017). En tredjedel av mjölken från robot. *Lantbrukets affärstidning*, 10 augusti.
- Bach, A., Busto, I. (2005). Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *Journal of Dairy Research* 72, ss.101–106.
- Bach, A., Devant, M., Igleasias, C., Ferrer, A. (2009). Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *American Dairy Science Association* 92, ss.1272–1280.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C., Bueno, J. (2012). Estimating efficiency in automatic milking systems. *American Dairy Science Association* 95, ss. 929–936.
- Cooper, M.D., Arney, D.R., Phillips, C.J.C. (2007). Two- or four-hour lying deprivation on the behavior of lactating dairy cows. *American Dairy Science Association* 90, ss.1149–1158.
- Deming, J.A., Bergeron, R., Leslie, K.E., DeVries, T.J. (2013). Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *American Dairy Science Association* 96, ss.344–351.
- DeVries, T.J., Von Keyserlingk, M.A.G, Beauchemin, K.A. (2005). Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *American Dairy Science Association* 88, ss.3553–3562.
- Dijkstra, C., Veermäe, I., Praks, J., Poikalainen, V., Arney, D.R. (2012). Dairy cow behavior and welfare implications of time waiting before entry into the milking parlor. *Journal of applied animal welfare science* 15, ss.329–345.
- Guzhva, O., Ardö, H., Herlin, A., Nilsson, M., Åström, K., Bergsten, C. (2016). Feasibility study for the implementation of an automatic system for the detection of social interactions in the waiting area of automatic milking stations by using a video surveillance system. *Computers and Electronics in Agriculture* 127, ss.506-509.
- Halachmi, I. (2009). Simulating the hierarchical order and cow queue length in an automatic milking system. *Biosystems engineering* 102, ss.453-460.
- Helmreich, S., Hauser, R., Jungbluth, T., Wechsler, B., Gygax, L. (2014). Time-budget constraints for cows with high milking frequency on farms with automatic milking systems. *Livestock science* 167, ss.315-322.
- Hermans, G.G.N., Ipema, A.H., Steanowska, J., Metz, J.H.M. (2003). The Effect of Two Traffic Situations on the Behavior and Performance of Cows in an Automatic Milking System. *American Dairy Science Association* 86, ss.1997-2004.
- Hogeveen, H., Ouweltjes, W., De Koning, C.J.A.M., Stelwagen, K. (2001). Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science* 72, ss.157-167.

- Hovinen, M., Pyörälä, S. (2011). Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. *American Dairy Science Association* 94, ss. 547-562.
- Jacobs, J.A., Ananyeva, K., Siegford, J.M. (2012). Dairy cow behavior affects the availability of an automatic milking system. *American Dairy Science Association* 95, ss. 2186–2194.
- Jacobs, J.A., Siegford, J.M. (2012). Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. *American Dairy Science association* 95, ss. 1575–1584.
- 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, ss.199-211.
- Ketelaar -de Lauwere, C.C., Hendriks, M.M.W.B., Zondag, J., Ipema, A.H., Metz, H.M., Noordhuizen, J.P.T.M. (2000). Influence of routing treatments on cows' visits to an automatic milking system, their time budget and other behavior. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science* 50, ss. 174-183.
- Lexer, D., Hagen, K., Palme, R., Troxler, J., Waiblinger, S. (2009). Time budgets and adrenocortical activity of cows milked in a robot or a milking parlour: interrelationships and influence of social rank. *Universities Federation for Animal Welfare* 18, ss. 73-80.
- Mattachini, G., Bava, L., Sandrucci, A., Tamburini, A., Riva, E., Provolo, G. (2017). Effects of feed delivery frequency in different environmental conditions on time budget of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Research* 84, ss. 272-279.
- Mattachini, G., Riva, E., Provolo, G. (2011). The lying and standing activity indices of dairy cows in free-stall housing. *Applied Animal Behaviour Science* 129, ss. 18–27.
- Melin, M., Hermans, G.G.N., Petterson, G., Wiktorsson, H. (2006). Cow traffic in relation to social rank and motivation of cows in an automatic milking system with control gates and an open waiting area. *Applied Animal Behaviour Science* 96, ss. 201–214.
- Melin, M., Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K., Wiktorsson, H. (2007). The effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. *Applied Animal Behaviour Science* 107, ss.13–21.
- Melin, M., Svennersten-Sjaunja, K., Wiktorsson, H. (2005a). Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *American Dairy Science Association* 88, ss.3913–3922.
- Melin, M., Wiktorsson, H., Norell, L. (2005b). Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. *American Dairy Science Association* 88, ss.71–85.
- Munksgaard, L., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., Hansen, S.W., Matthews, L. (2005). Quantifying behavioural priorities - effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos Taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92, ss.3-14.
- Munksgaard, L., Rushen, J., De Passillé, A.M., Krohn, C.C. (2011) Forced versus free traffic in an automated milking system. *Livestock science* 138, ss.244-250.

- Norring, M., Valros, A. (2015). The effect of lying motivation on cow behavior. *Applied Animal Behaviour Science* 176, ss.1-5.
- Oostra, H.H., Stefanowska, J., Sällvik, K. (2005). The effects of feeding frequency on waiting time, milking frequency, cubicle and feeding fence utilization for cows in an automatic milking system. *Acta Agriculturae Scand Section A* 55, ss158-165.
- Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K., Knight, H, C. (2011). Relationships between milking frequency, lactation persistency and milk yield in Swedish Red heifers and cows milked in a voluntary attendance automatic milking system. *Journal of Dairy Research* 78, ss. 379-384.
- Prescott, N.B., Mottram, T.T., Webster, A.J.F. (1998). Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 57, ss.23-33.
- Rodenburg, J. (2017). Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *American Dairy Science Association* 100, ss.7729–7738.
- Salfer, J.A., Minegishi, K., Lazarus, W., Berning, B., Endres, M.1. (2017). Finances and returns for robotic dairies. *American Dairy Science Association* 100, ss. 7739-7749.
- Sorensen, A., Muir, D. D., Knight, C. H. (2008). Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of Dairy Research* 75, ss. 90-97.
- Ternman E, Pastell M, Agenäs S, Strasser C, Winckler C, Nielsen PP, Hänninen L. (2014). Agreement between different sleep states and behaviour indicators in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 160, ss.12-18.
- Westin, R., Vaughan, A., De Passillé, A.M., DeVries, T.J., Pajor, E.A., Pellerin, D., Siegford, J.M. (2016). Lying times of lactating cows on dairy farms with automatic milking systems and the relation to lameness, leg lesions, and body condition score. *American Dairy Science Association* 99, ss. 551–561.
- Österman, S., Bertilsson, J. (2003). Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livestock production science* 82, ss. 139-149.