



Sensorer och system i mjölkbesättningar

En litteraturstudie

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Karin Kinander

2010

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ

Författare:

Karin Kinander

Titel:

Sensorer och system i mjölkkobesättningar - En litteraturstudie

Sensors and systems in Dairy farms - A review

Program/utbildning:

Kursblock byggnadsvetenskap

Kandidatexamen

Huvudområde:

Teknologi

Nyckelord (6-10 st):

sensorer, system, managementsystem, mätare, mjölkko, mastit, brunst.

Handledare:

Knut-Håkan Jeppsson

Examinator:

Sven Nimmermark

Kurskod:

EX0528

Kurstitel:

Examensarbete i byggnadsvetenskap

Omfattning (hp):

15 hp

Nivå och fördjupning:

G2E

Utgivningsort:

Alnarp

Månad, År:

Juni, 2010

Serie:

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten

Omslagsfoto:

Karin Kinander

FÖRORD

En kandidatexamen kan avläggas efter högskolestudier om minst 180 högskolepoäng (hp) varav minst 90 hp i ett huvudområde. En kandidatexamen ska innehålla ett större självständigt arbete om 15 hp som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Idén till studien kom från Knut-Håkan Jeppsson och andra på LBT. Knut-Håkan har även varit handledare för arbetet. Arbetet utförs som en litteraturbakgrund till kommande projekt.

Ett varmt tack riktas till Uzi Birk och Madeleine Magnusson som berättat om kommande system respektive projekt samt till andra på LBT som bidragit med råd om ämnen att titta närmre på.

Forskare Sven Nimmermark har varit examinator och handledare har varit Forskare Knut-Håkan Jeppsson

Alnarp Juni 2010

Karin Kinander

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	5
SUMMARY	6
INLEDNING.....	8
BAKGRUND	8
MÅL.....	8
SYFTE	8
AVGRÄNSNING.....	9
FRÅGESTÄLLNINGAR	9
MATERIAL OCH METOD.....	10
LITTERATURSTUDIE.....	11
SENSORER	11
MJÖLKBASERADE SENSORER	11
<i>Konduktivitetmätare</i>	11
<i>Mjölmätare</i>	12
<i>Celltalsmätare</i>	12
<i>Progesteronmätare</i>	12
<i>NIR-metoder</i>	13
<i>Färganalys</i>	14
<i>Temperatursensor</i>	15
<i>Ureasensor</i>	15
<i>Kemisk sensor</i>	15
KOBASERADE SENSORER.....	16
<i>Transpondersystem</i>	16
<i>Aktivitetmätare</i>	17
<i>IRT- metoder</i>	19
<i>Vågceller</i>	20
<i>Laser</i>	21
<i>Ljudsensor</i>	22
<i>Positioneringssensor</i>	22
<i>Elektroder för mätning av hjärtfrekvens</i>	23
SYSTEM FÖR SENSORER.....	24
MANAGEMENTSYSTEM	24
<i>Alpro</i>	24
<i>Time for Cows</i>	24
<i>Crystal</i>	25
<i>Sac Management Dairy system</i>	25
<i>Afifarm</i>	25
ANALYSSYSTEM FÖR SENSORER	26
<i>Herd Navigator</i>	26
<i>Heatwatch</i>	26
<i>Heattime</i>	26
<i>Icetag</i>	27
<i>Zigbeef</i>	27
<i>Hencol</i>	27
FRAMTIDA SENSORER OCH SYSTEM	27
DISKUSSION	29
REFERENSER.....	35
PERSONLIGA MEDDELANDEN	39

SAMMANFATTNING

Trenden inom svensk mjölkproduktion går mot större enheter. Detta ger mer djur på gården att hålla reda på och med ökade kostnader för att anställa personal vill man ha allt fler kor per anställd. För att kunna övervaka korna är sensorer ett bra hjälpmedel för att indikera de kor som behöver extra tillsyn. Mjölkkornas fruktsamhet har minskat enligt rapporter, och med hjälp av sensorer kan man se vilka kor som visar tecken på brunst och rikta in sig på dessa.

Då allt fler gårdar väljer att gå över till Automatic Milking System, AMS- eller robotsystem, ökar behovet av sensorer för att kontrollera mjölkens kvalitet, då ingen mjölkare kan kontrollera mjölken visuellt.

För att sedan kunna använda de data man får från sina sensorer behövs system för att analysera data och framföra information som är relevant. Många företag utformar ett managementsystem för att kunna sammanföra flera sensorsystem för en bättre översikt.

Arbetet har utförts som en litteraturstudie där information och försöksrapporter om olika sensorer och system sammanställts för att få ihop en bakgrund till vidare forskning inom LBT.

Studien visar att det finns ett flertal utvecklade sensorer på marknaden idag med vitt skild teknologi. Huvuddelen av sensorerna är utvecklade för mastitövervakning eller brunstpassning.

Många av de större företagen som säljer mjölkkningsutrustning har egna sensorer och system som de kopplar ihop i managementsystem. Syftet med de analyssystem som ingår i de olika managementsystemen är snarlika företagen emellan. Gränsvärden avgör hur framgångsrika systemen är.

Slutsatserna som framkom var att det finns olika sorters begränsningar med dagens sensorer, utvecklingen pågår och kommer att ta fram nya sensorer med förhoppningsvis mindre begränsningar. Begränsningarna kan kategoriseras i tekniska systemrelaterade och ekonomiska. Fler sensorer för att upptäcka hälsa och metaboliska störningar önskas. Systemen lanserade av företag går mot plattformar där samverkan kan ske mellan producenter och rådgivare. Sensorer kan aldrig ersätta en kompetent djurskötare, men kan hjälpa denne med att peka ut de kor som behöver extra tillsyn.

SUMMARY

The trend in milk production is similar in Sweden and across the world; the farms are getting fewer but increasingly bigger. The costs for hiring workers are increasing, which results in more cows per animal keeper. Sensors can then be a great tool for keeping track of animals which need special attention. With a reported decreasing fertility, sensors that can detect oestrus even at low levels can be especially helpful in bigger herds to pinpoint the cows that may be in oestrus. The number of farms with dairy cows that install AMS, Automatic Milking Systems, are increasing, and that also increases the need for sensors to control milk quality and composition when there is no visual control of the milk by a milker before milking starts.

For the sensor data to be useful you have to have software designed to analyze and interpret the data to get relevant information that the farmer can use. A lot of companies that make sensors and systems for the sensors also design a management system to gather information from all systems for a better overall view and herd management.

The project has been conducted as a review where information and research reports on sensors and systems has been gathered, in order to make a background for further research at the Department of Rural Buildings and Animal Husbandry.

There are many sensors on the market today. Most of the sensors used today are designed to detect mastitis, abnormal milk or oestrus. Since the major reasons for culling cows are udder health related problems or low fertility rate, the economic gain in research and development for sensors that can detect the problem early on and diminish the costs are obvious. A management system that is being introduced is Smart Farming, by DeLaval, that besides milking, feeding and fertility control, which are obvious in a dairy farm management system, also focuses on environmental sustainability and optimize the farms production to get a more effective company. It also holds possibilities for advisors to gain access to several farms data and help the farmers to get better production and profitability.

Many of the companies that sell milking equipment have their own sensors and analyzing systems that can be combined in their respective management systems. The components in the respective companies' management systems are similar, indicating the demand from the farmers.

Critical parts of how well the system will perform are the settings of threshold values and how easy the system is to use. With low threshold value you get more false positives but with a high threshold value you risk missing early signs of for example mastitis. User friendly systems would probably determine how much the farmer will use the system and how much information one would choose to get from the system.

The conclusions are that there are different kinds of limitations in the sensors. The limitations can be roughly divided as technical, system related and economic. There is a constant development and tomorrows sensors will hopefully have fewer limitations. More sensors to detect lameness and metabolic disorders are desired. The systems that are being launched are of a network structure where farmers and advisors can work together for a better milk production. Sensors can never replace a good animal keeper, but it can help them pinpoint the cows that need extra attention.

INLEDNING

BAKGRUND

Med den utveckling som sker inom lantbruket och mjölkproduktion blir de aktiva jordbruken färre och färre samtidigt som besättningarna blir allt större. Med det pressade ekonomiska läget, inte bara i mjölksektorn, är arbete dyrt och det blir fler kor att sköta och se till per djurskötare. Detta ger mindre tid till att hitta brunstiga och sjuka djur. Med AMS-system (Automated Milking System) väljer korna själva när de vill mjölkas och det finns ingen visuell kontroll av mjölk för att se abnormaliteter. Mejeriföretagen ger avdrag för mjölk av sämre klass och framför allt producerar kon efter hur hon mår. En välmående och frisk ko producerar så mycket mjölk hon kan och kräver färre veterinärbesök, vilket ger mer intäkter och färre utgifter.

Med detta som bakgrund utvecklas fler och fler sensorer som används i mjölkbesättningar för att hitta sjuka djur i ett tidigare stadium. Detta arbete ska ge en översikt på de som förekommer idag i praktiken och i forskningssammanhang, och vilka sensorer och system som kan behövas i framtiden. Sensorerna i sig måste sedan kopplas till system som kan utläsa relevant data och vidarebefordra det till lantbrukaren. En genomgång av några system görs där vad som ingår har tittats på ur en objektiv synvinkel.

MÅL

Målet är att få fram en översikt över vilka sensorer som finns idag och vilka som kan behövas samt vilka system som finns kopplade till detta. Detta ska tjäna som en bakgrund till vidare projekt inom LBT.

SYFTE

Syftet är att sammanställa information om vilka sensorer och system som finns i dagsläget och har funnits i mjölkproduktionen. Mer information om systemutformning och sensorernas begränsningar kan ge en vidare förståelse.

AVGRÄNSNING

Arbetet kommer enbart att beröra den sensorteknologi som finns i mjölkbesättningar och till viss del amkor, men inte andra djurslag. Sensortekniken avgränsas ytterligare till den teknik som används närmast kon, och sensorer/givare för blandning av foder och styrning av ventilation och liknande lämnas därhän.

FRÅGESTÄLLNINGAR

Vilka sensorer finns i dagsläget?

Vilka system för att samla och tolka data finns i dagsläget?

Vad är deras begränsningar?

Vad mäts med de olika sensorerna - hur tolkas dessa värden?

I framtiden - vad vill man kunna mäta?

Vad behövs för att kunna mäta detta?

MATERIAL OCH METOD

Arbete har utförts som en litteraturstudie med enstaka intervjuer. Litteraturen har sökts genom databasplattformen Web of Knowledge <http://isiknowledge.com> Journal of Dairy Science databas <http://jds.fass.org/> och sökmotorn Google Scholar <http://scholar.google.se/>, samt läroböcker och artiklar i tidskrifter.

Information om system som används har tillhandahållits genom företagens hemsidor och informations blad och har granskats extra kritiskt för att få fram vad systemen innefattar och vilken information som kan fås.

För studien har Madeleine Magnusson på LBT som arbetar med ett projekt rörande aktivitetsmätare vid kalvning intervjuats, samt Uzi Birk, som är ansvarig för Research & Innovation på DeLaval International och Martin Karlsson, anställd på VMS- enheten, Hamra.

LITTERATURSTUDIE

Juverhälsoproblem och celltal (24%), fruktsamhetsproblem (25%) och låg avkastning (10%) är de främsta utslagsorsakerna för mjölkkor i Sverige (Svensk Mjolk, 2010). Mastit och nedsatt fruktsamhet påverkar mjölkalkylen, och en mastit beräknas kosta 4000 kr, medan förlängt kalvningsintervall över 400 dagar kostar 20kr per ko och dag (Svensk mjolk/Freja Husdjur, 2010). Detta gör att sensorer och system främst inriktas på att minska dessa kostnader.

SENSORER

En sensor är enligt Svenska Akademiens Ordlista ”apparat inrättad att reagera på fysisk stimulering, avkännare”(Svenska Akademien, 2010). Sensor i detta arbete definieras som ett instrument som registrerar data.

MJÖLKBASERADE SENSORER

Konduktivitetmätare

Konduktivitetmätaren är en av de vanligast använda sensorerna för att upptäcka tecken på mastit (Gilbertsson et al, 2001; Brandt et al, 2010; Hovinen, 2009). Maatje et al (1992) konstruerade en konduktivitetmätare att montera i mjölkkningsorganet. En sensor placerades i spenkoppscentralen med fyra par elektroder, ett par för varje spenkopp. Sensorn var konstruerad så att mjölk från varje spenkopp passerade genom konduktivitetmätaren. Konduktiviteten i mjölken mäts och prov på konduktiviteten kan tas löpande under mjölkning (Maatje et al, 1992) eller i första mjölken från juvercisternen (Brandt et al, 2010; Hovinen, 2009). Konduktiviteten ökar i mjölk med mastit, och gränsvärden på avvikande mjölk sätts för varje ko. Dock är konduktivitet i sig inte en pålitlig faktor, för att få en säker avläsning måste det kombineras med data från andra sensorer (Hovinen, 2009; Brand et al, 2010; Maatje et al, 1992; Gilbertsson et al, 2001; Maatje et al, 1996). Andra faktorer som kan påverka konduktiviteten förutom mastit är utfodring, laktationsstadium, ras och mjölktemperatur. Även fett påverkar konduktiviteten. Fetthalten i mjölk är som högst i slutet av mjölkningen, vilket gör att konduktiviteten sjunker mot slutet av mjölkningen. Dock är det fastslaget att man med hjälp av konduktivitetmätare kan påvisa tecken på mastit dagar före kliniska symptom inträder, även om det anses otillräckligt för att upptäcka mastit, klinisk såväl som subklinisk. Klinisk mastit är mastit där kon uppvisa kliniska symptom på mastit, medan en subklinisk mastit innebär att kon har en mastit men uppvisar inga kliniska symptom. I automatiska system mäts mjölkens konduktivitet under hela mjölkningen, och risken finns att subklinisk mastit missas då det blir ett lägre medelvärde för den drabbade juverdelen (Hovinen, 2009).

Mjölkmätare

Mjölkmätare kan utföras som en volymmätning, där mjölken passerar genom en behållare kalibrerad för en viss volym mjölk. Efter mjölkning kan antalet fyllda behållare ange mjölmängd (Karlsson, 2010). En annan variant är att man mäter med NIR teknik (nära infrarött ljus). Det finns då lysdioder i var ände av ett rör på mätaren. Genom att man vet rörets diameter och flödes hastighet kan man mäta mjölmängd genom den tid som röret är fyllt med mjölk och lysdiodernas ljus hindras av mjölken, gentemot den tid då röret är luftfyllt och lysdioderna inte är skymda. För varje mjölkpuls beräknas mjölkpulsens längd, hastighet, acceleration och densitet, för att på så sätt få fram ett korrekt mätvärde. Både mjölmängd och mjölkflöde registreras och vid lågt mjölkflöde ändras vakuumpulsen och förbereder mjölkorganet för avtagning (Karlsson, 2010; DeLaval, 2009).

Mjölkmätaren ger viktig information om kons avkastning, och plötslig minskning i avkastning kan bero på mastit, sjukdom eller brunst. Ihop med andra värden som konduktivitet, mjölktemperatur och aktivitetsmätare eller progesteronmätare kan mjölkflödet ge en bra indikator på kons hälsoläge (Maatje et al, 1992; Maatje et al, 1997; Hovinen, 2009; Gilbertsson et al, 2001). I en studie gjord av Maatje et al (1997) åtföljdes 75% av mastitfallen av signifikanta skillnader i mjölmängd och mjölktemperatur. Utifrån mjölkavkastning justeras även foderstaten.

Celltalsmätare

Mjölakens celltal är den mest använda indikatorn på subklinisk mastit. Det finns två metoder för direkt mätning av celltal; den direkta, där cellkärnorna färgas och räknas automatiskt på ett foto, samt den indirekta, där man gör en hydrolys på cellkärnans DNA och sedan mäter viskositeten på provet (Hovinen, 2009). Celltalet på en frisk ko ligger under 100 000 celler/ml mjölk, beroende på naturlig cellföryngring i juvret. Vid en infektion ökar andelen vita blodkroppar och det är dessa som orsakar ett förhöjt celltal. Celltalet stiger också naturligt i slutet av laktationen (Nilsson, 2009).

När celltalsprov utförda på gården jämförs med prover tagna i laboratorium har man funnit en viss avvikelse. En teori är att det kan bero på om man tagit mjölk från första halvminuten under mjölkning eller om provet tagits kontinuerligt under hela mjölkningen. Celltalen sjunker med 80% när man går från mjölk från juvercisternen till alveolmjölk i en juverdel med höga celltal. Vanligen stämmer celltalet från juvercisternens mjölk relativt väl överens med juverdelens totala mjölk i spannet 50 000-300 000 celler/ ml mjölk. Studier har visat att celltalsmätare gav färre falsklarm än konduktivitetsmätare, men om båda användes i kombination minskade falsklarmen ytterligare (Hovinen, 2009).

Progesteronmätare

På marknaden idag finns olika sorters mätare. Progesteronhalten kan mätas i ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) mätare genom att prov blandas med reagensvätska och blandningens färg är en indikator på progesteronhalten (Fällman, 2010). Andra mätare som ingår i mer avancerade system jobbar med prov på torra

provstickor(DeLaval/FOSS, 2010). Progesteron är ett hormon som förhindrar brunst och dräktighet samt bevarar dräktigheten (Nilsson, 2009). Progesteronhalten i blod och mjölk varierar med brunstcykeln och under ovulering sjunker progesteronhalten under 5ng/ml mjölk, för att sedan stiga under resten av cykeln. Om kon är dräktig hålls progesteronhalten uppe på normal nivå (10-40 ng/ml mjölk), annars sjunker progesteronhalten igen ca tre dagar före brunst som inträffar 21dagar efter föregående brunst. Om kon har cystor kan detta påverka hennes progesteronhalter i blodet (Brandt et al, 2010).

Flera studier har progesteron som en säker mätvariabel när de testar aktivitetsmätare för brunstdetektion på kor, (Gustafsson et al, 2007; Ranasinghe et al, 2010; Lövendahl & Chagunda 2010). I några av studierna anges att progesteron är det säkraste för att upptäcka brunst, men att progesteronmätare inte är kommersiellt spridda än (Lövendahl & Chagunda 2010), eller att de är under utveckling (Gilbertsson et al, 2001).

I ett fältförsök har man testat handhållna progesteronmätare för att se hur de fungerar att ha i det dagliga arbetet med inseminationer. Studien gick ut på att se hur tillförlitlig mätaren var, samt om den kunde användas för att styra AI (Artificiell Insemination) och tidpunkt för embryotransfer. Man ville även se huruvida det fanns skillnader i progesteronhalt beroende på provtyp (mjölk, serum eller plasma), och om progesteronnivån var låg vid dag 0 i dräktighet samt hur progesteronnivån varierade i cykeln och vid dräktighet. Upp till 77% av proverna visade sig samstämmiga när man jämförde serum med plasma, 59% vid jämförelse serum-mjölk och 65% i jämförelsen mjölk-plasma. Mätnoggrannheten var hög både vid låga och höga nivåer, men vid mellanliggande värden fanns en större avvikelse. Att lågt progesteronvärde vid insemination skulle ha ett signifikant positivt samband med dräktighet hos kvigor och kor verkade stämma. Mätnoggrannheten var lika bra oavsett provtyp (serum,plasma eller mjölk), och provtagning vid dag 0 fanns som ett gott hjälpmedel för att bestämma inseminationstid, och kunde ihop med ett test dag 20 ge en god indikation om dräktighet (Fällman, 2010).

NIR-metoder

Nära infraröda sensorer använder spektrometri, där en stråle nära-infrarött ljus riktas mot provet. Genom att läsa av spektrumet som uppstår av reflektering eller genomlysning av provet kan provets sammansättning bestämmas.

Nära infraröda (NIR) sensorer har utvecklats för att mäta protein och fett i mjölken och kan då användas för mätningar på gårdsnivå av mjölkens protein och fetthalter. En NIR-sensor har utvecklats som kan upptäcka restprodukter i mjölk, exempelvis penicillin (Gilbertsson et al, 2001). Utvärdering har gjorts av en spektrometer som kan bestämma mjölkens sammansättning och celltal med lovande resultat (Hovinen, 2009). NIR-sensorer är relativt billiga och kräver ingen preparering av provet, vilket gör det lämpligt för gårdsanalyser i realtid. En kalibrering för varje ko krävs för att få korrekta resultat, och lämplig våglängd är 600-1050nm samt 1100-2500nm. Celltal kan mätas då mjölkens spektra ändras med ökat celltal i mjölken. Tester har utförts på NIR-sensorer som mäter blod och celltal on-line, samt hur man kan upptäcka färgförändringar i mjölken. NIR-sensorerna påverkas inte av fetthalten i mjölken, vilket kolometriskt mätare har problem med (Brandt et al, 2010).

I ett försök undersökte Tsenkova et al (1999) potentialen för NIR spektroskopi för att mäta fett, protein och laktos i ickehomogeniserad mjölk, för att se om mätmetoden kunde användas på gårdsnivå. Mätvärde vid en kortare våglängd och vid våglängden 1100-2400nm (som kräver dyrare utrustning, men som man vet ger exakta mätresultat) jämfördes för tillförlitlighet på kortare våglängd. Värdeändring beroende på tid för mjölkning och laktationsstadium studerades. Slutsats var att spektroskopi är en lämplig metod för att mäta fett, protein och laktos i ickehomogeniserad mjölk, men att använd väglängd och provets tjocklek påverkade mätnoggrannheten. Våglängden 1100-2400nm gav bäst resultat med ett 1mm tjockt prov, medan vid 700-1100nm fick man bäst mätvärden med avseende på fett på 10mm tjockt prov, och bäst mätvärden med avseende på protein vid 1mm tjockt prov. Man drog som slutsats att NIR-spektroskopi i de kortare våglängderna kunde användas med framgång i gårdsbaserade mätningar.

I ett uppföljande försök ville Tsenkova et al (2001) se hur NIR-spektroskopi kunde användas för att mäta celltalhalten i mjölk. Man fann då att NIR-spektroskopi påvisar skillnader i mjölksammansättningen, och de mest signifikanta faktorerna som påverkade mätningarna var fluktuationer i mjölkprotein och jonkoncentration, vilket ändras med mastitförekomst. Mer undersökningar måste dock göras för att se om det kan användas som mastitindikator och om det är applicerbart på andra idisslare, samt om man kan få liknande resultat med kortare våglängd, som är en billigare metod.

Färganalys

Man har tittat på huruvida färganalys kan användas för att upptäcka subklinisk mastit, och det har gjorts vissa framgångar. Färganalys är en relativt säker metod och den kan upptäcka blod i mjölken vid en koncentration av 0,1%, medan den konventionella metoden med okulär besiktning hittar blod i mjölken först vid 2,0% koncentration (Hovinen, 2009).

Espada & Vijverberg, (2002) utförde en studie för att utreda om färganalys är ett pålitligt sätt att upptäcka avvikande mjölk. Genom att belysa ett mjölkprov och analysera vilka färger som absorberas och vilka som reflekteras kan man, med frisk mjölk som utgångspunkt jämföra proven och få varningar för mjölk med blod, partiklar, flocker och annat. Flocker är en benämning på klumpar i mjölken beroende på högt celltal. De färger man belyste med i detta försök var rött, grönt och blått ljus, som i blandning ger alla färger i spektrumet. Mjölk har naturligt en svag gul färg, vilket gör att en del blått ljus absorberas. Mjölk från mastitinfekterade juverdelar och råmjölk har en gulare färg än normalt, vilket gör att man får en annan reflektion från denna mjölk. Mjölk från en juverdel med mastit, eller vid spent ramp, kan vara blodblandad, och detta absorberar delar av det gröna och blå ljuset så man får rött som dominerande reflekterad färg. Mjölk med flocker ger ett avvikande resultat. Målet med studien var att hitta principer som kan användas vid färganalys i mjölk. Färgsensorer placerades för varje spenkopp på två AMS-robotar. Mjölakens sammansättning och därmed ljusreflektioner varierar under mjölkning, då de olika ljusfraktionerna varierar i styrka. Korna följde ett individuellt mönster i sina mjölkningar, och små avvikelser kan enligt författarna bero på mjölkningsintervall, medan större avvikelser troligen beror på sjukdom. Även råmjölk ger annorlunda mätvärden jämfört med mjölken senare i laktationen, vilket kan användas för att separera ut råmjölk under den tid den ej ska med i tankmjölken.

Espada & Vijverberg, (2002) såg att vid en mastit var mätvärdena klart annorlunda och även att den blå färgen lägger sig på låga värden. Dessa värden stannar sedan på en något längre nivå än de andra längre än vad författarna förväntat sig. Färganalysen från den infekterade juverdelen skilde sig signifikant från färganalysen från de övriga friska juverdelarna. Slutsatserna var att kor med frisk mjölk alla har liknande mjölk, med vissa variationer beroende på mjölkningsintervallet. En signifikant skillnad märktes på de kor som var nykalvade och producerade råmjölk samt kor med mastit gentemot en frisk ko. Med dessa avvikelser bör algoritmer kunna utvecklas för att så småningom få en automatisk separation av avvikande mjölk (Espada & Vijverberg, 2002).

Temperatursensor

Mjölktemperatur mäts vanligen med en temperatursensor integrerad i mjölkledningen (Karlsson, 2010). Mjölktemperaturen är starkt kopplad till kons temperatur och till mastit, och kan användas för att upptäcka mastit (Gilbertsson et al, 2001; Tomaszewski, 1993; Maatje et al, 1992). En studie visar att 75% av mastitfallen åtföljdes av signifikanta skillnader i mjölmängd och mjölktemperatur, som i koppling med konduktivitet och aktivitet, kan innebära att man kan upptäcka brunst, mastit (klinisk och subklinisk) samt sjukdom i olika kombinationer (Maatje et al, 1997). Tyvärr är temperaturen känslig för luftläckage i spenkoppen, omgivningstemperatur och mjölkflöde, vilket kan påverka mätvärdet. Man anser ändå att det är en viktig komponent för mastitidentifiering (Hovinen, 2009).

Ureasensor

Urea kan mätas med torra provstickor (DeLaval, 2010), spektroskopi eller IR-teknik, då provet jämförs med referensvärden (Nilsson, 2009).

Urea i mjölken speglar hur mycket protein kon får i sig. Överutfodring av råprotein ger ett högt ureavärde i mjölken (Brandt et al, 2010). Ureavärden i mjölk ska ligga på 4-6 mmol/l för kor 1-50 dagar efter kalvning, 4-5 mmol/l 51-110 dagar efter kalvning och mellan 3-6 mmol/l efter 100 dagar efter kalvning. Brist eller överskott på urea ger fruktsamhetsproblem och andra negativa effekter på kon (Nilsson, 2009). Överskott av kväve i fodret ger inte bara negativa effekter på kon, det är oekonomiskt och ökar ammoniakemissionerna från kostallet (Brandt et al, 2010). Det har utvecklats ureasensorer för on-line mätning av urea, och de bedöms som pålitliga (Gilbertsson et al, 2001; Brandt et al, 2010).

Kemisk sensor

Ketonkroppar kan upptäckas med en samling gassensorer som identifierar ketonkroppar då de avgår som gas från mjölk eller via kons utandningsluft (Brandt et al, 2010). Aceton är en ketonkropp. Ketosensorn mäter gaskoncentrationen ovanför mjölkprovet och kan ange exempelvis acetonhalten i mjölken. Det finns även forskning på elektrokemiska sensorer, som ska kunna uppfatta acetonutsöndringar från kons andedräkt (Gilbertsson et al, 2007; Brandt et al, 2010). Acetonhalten i mjölk är starkt kopplad till

ketonkroppshalten i blodet (Brandt et al, 2010), och sensorer för att upptäcka keton i mjölken finns på marknaden.

Ketonkroppar som aceton bildas när kon har energibrist. Vid en större energibrist går ketonkropparna ut i blodet och vidare till urin, mjölk och utandningsluft och kon utsöndrar en söttaktig acetonliknande lukt. Redan vid lägre energibrist påverkas mjölkavkastning och fruktsamhet negativt (Nilsson, 2009).

KOBASERADE SENSORER

Transpondersystem

För att kunna identifiera korna vid mjölkning och rapportera mjölkproduktion på konivå utvecklades transpondertekniken under början av 70-talet för att bli tillgängligt 1973. Transpondrarna drivs inte av batteri, utan aktiveras av ett magnetfält när kon passerar mottagaren (Tomaszewski, 1993). I en avhandling från 1979 beskrivs funktionen som en spole driven på en given frekvens, som producerar ett elektromagnetiskt fält. En annan spole, placerad i transpondern, får kraft till att sända sin individuella signal när den kommer inom magnetfältets räckvidd. Transpondern sitter i ett halsband (Street, 1979). Transpondrarna utvecklas även som öronmärken och har i forskningsförsök varit till god hjälp när man kartlagt kors individuella foder och vattenintag. I ett av detta försök vill man studera kons individuella födo- och vattenintag och kom fram till att transpondrarna är ett bra verktyg om man vill ha en kontroll på födo- och vattenintag kopplat till det system med luckor vid foderkrubbor och vattenkoppor man hade. De tycker även att det gav en rättvis bild av hur mycket korna åt och drack (Chapinal et al, 2007).

Transpondern används idag till identifiering i hela kostallet, vid mjölkning i grop och robot, utfodring i kraftfoderstationer och identifiering i grindar och vägning. Man har även tittat på injicerbara transpondrar där öronbasen anses vara bästa placering, men problem med trasiga transpondrar återstår (Gilbertsson et al, 2001).

Kwong et al, (2008) undersökte trådlösa nätverk och transpondersystem för nötkreatur. I undersökningen tittade man på hur antenner skulle placeras, vilka frekvenser som var lämpliga och hur batterisystem klarar sig i transpondersystem med tanke på livslängd. En sändsignal på 2,4 GHz visade sig vara en lämplig frekvens för data. Vidare tyckte man att antenner bör placeras på översidan av nacken för att signaler ska gå fram och att två antenner ökar säkerheten för dataöverföring. Med 20s sändningstid per överföring med 20-30 minuter mellan överföringarna bör batterier räcka i 5år. Det tas också upp var en placering av mottagare kan vara lämplig om man inte har mjölkkor, och då nämns vattenkar eller ätplatser (Kwong et al, 2008).

Aktivitetmätare

Aktivitetmätare fungerar genom accelerometrar som känner av rörelser i x-, y- och z-axlarnas riktning och ger ifrån sig signaler baserade på aktiviteten. Aktivitetmätaren utvecklades under 80-talet och används för att mäta kornas ökade aktivitet som kopplas till brunstcykeln. Aktiviteten kan öka mellan 30-200% över kons normala aktivitetsnivå (Tomaszewski, 1993). Aktivitetmätare fästs vanligen i kon halsband eller runt ett ben och den benplacerade mätaren ansågs vara mer träffsäker för att hitta brunst (Gilbertsson et al, 2001). Det finns även ländplacerade sensorer som registrerar upphopp (CowChips, 2010).

I en studie från 1997 kombinerades aktivitetmätare med mjölkmatrare och konduktivitetmätare samt transpondersystemet för att kunna förutsäga brunst och upptäcka subklinisk och klinisk mastit tidigare. Brunst bedömdes inträffa när antalet steg kon tog fördubblades. Man fick 32-33% falska indikationer på brunst, och fann att bäst andel hittade brunster åstadkoms med en kombinerad varning som gällde högre aktivitet, högre mjölktemperatur samt lägre mjölmängd. På detta sätt hittade man 75% av brunsterna. För att hitta sjuka djur med aktivitetmätare och andra sensorer i studien användes högre mjölktemperatur, lägre mjölmängd, lägre aktivitet samt kvarlämnat koncentrat i kraftfoderstationer (Maatje et al, 1997).

Lövendahl & Chagunda (2010) följde upp kornas aktivitetsmönster under en längre tid och studerade likheter och skillnader mellan kvigor, förstakalvare och äldre kor. Man försökte utifrån detta att utarbeta en algoritm för att få en bättre brunstindikering samt minska antalet fellarm. Slutsatsen i projektet var att aktivitetmätare är en bra indikator för att hitta brunstiga kor och att det blir viktigare att hitta brunster då dagens mjölkkor har kortare brunster och kommer igång med brunster senare efter kalvning.

Det pågår utvecklingar av aktivitetmätare som registrerar fler parametrar. Brehme et al (2008) har utvärderat en ny aktivitetmätare, ALT pedometer, och jämfört den med en befintlig variant, DeLavals Alpro aktivitetmätare, för att se hur de presterar. ALT pedometern har fyra sensorer som känner av temperatur, två liggpositioner samt stegaktivitet. I andra aktivitetmätare mäts enbart en liggposition samt rörelse, då man tror sig kunna påvisa en bättre välfärd om korna ligger på ett visst sätt, nämligen på sidan, jämfört med viloposition på mage med benen under sig. I försöket påvisades att ALT pedometern indikerade fler brunster och i genomsnitt en dag tidigare än ALPROs aktivitetmätare. Dock anges som felkälla att ALPROs mätare bara läste av två gånger per dag, medan ALTs mätare lästes av i 4 timmarscykler. Mer än hälften av brunsterna i försöket inträffade mellan 18.00 och 06.00, vilket försvårar för djurskötaren att upptäcka brunst. Typiskt för dessa nattliga brunster var att de var korta och kunde rubriceras som tysta brunster. Tyst brunst karaktäriseras som en brunst där korna inte uppvisar tydliga brunsttecken. De tysta brunsterna kunde även karaktäriseras med ett rastlöst beteende där kon inte låg på många timmar. Möjligheter att använda denna mätare för att upptäcka sjuka eller halta kor diskuterades (Brehme et al, 2008).

En aktivitetmätare för uppbundna kor utformades med syfte att mäta stå- och liggtider och kunna utveckla en metod för brunstkoll i uppbundna besättningar. En egen sensor konstruerade som gav elektriska impulser till sändaren när kons ben vinklades över 45°,

och detta tolkades som att kon låg ner. Sensorns position registrerades var 45:e sekund. För att jämföra gjordes visuell brunstkontroll i stallet tre gånger per dygn och progesteronprov togs kontinuerligt. Man fann att 49% av brunsterna upptäcktes i detta försök, men en stor andel falska larm registrerades också. Man kunde dock dra som slutsats att stå- och liggstider förändrades under brunst, liggstiden minskade under brunst och att även antalet läggningstillfällen ändrades under brunst (Gustafsson et al, 2007).

Många av dagens mjölkbesättningar har problem med kor som inte visar tydliga brunsttecken, så kallade ”tysta brunster”. I ett japanskt försök användes aktivitetsmätare ihop med progesteronprov för att kartlägga alla brunster under 30 månader. Signaler från aktivitetsmätaren togs emot två gånger per dag vid in- och utgång till mjölkningen. En visuell brunstkoll utfördes under dagen, ca 3 gånger. Tyst brunst definierades som när kon inte ökade sin gångaktivitet när progesteronprovet påvisade brunst. Uppskattningsvis 50-95% av korna hade en tyst första brunst och detta kan bero på en negativ energibalans. Om kornas energibalans inte vänds kan även andra, tredje och fjärde brunsten vara tyst. Teorin var att korna har lättare att visa en tydlig brunst när de är i positiv energibalans, vilket de bör ha kommit i ungefär 90 dagar efter kalvning. Studien fann ingen skillnad i andelen tysta brunster på kor <30, 30-60 eller 61-90 dagar efter kalvning. Gränsvärde för aktivitetsmätaren sattes på 80% ökning av aktiviteten vid brunst. Kor med tyst brunst ökade sin aktivitet med 80-100% medan kor med tydlig brunst ökade sin aktivitet med 200-400%. Slutsatsen i försöket var att aktivitetsmätaren, i kombination med progesteronprov var ett effektivt sätt att identifiera kor med tyst brunst (Ranasinghe et al, 2010).

Jönsson (2006) studerade hur nyckeltalen i en besättning förändrades när aktivitetsmätare installerades för att komplettera brunstpassningen. Medeltalet för hittade brunster i svenska besättningar är 50-60%. Vid installation av aktivitetsmätare i en besättning steg fruktsamhetsindex från 11 till 28 och brunstobservationsprocenten ökade från 41 till 46 på förstakalvarna och från 40 till 49 på korna. Dräktighetsprocent per insemination ändrades från 31 till 36 på förstakalvarna och från 28 till 40 på korna. Gränsvärdet för aktivitetsnivån diskuterades också och det framhölls att med lägre gränsvärde hittades fler brunster men antalet falsklarm ökade. Slutsatsen var att aktivitetsmätare var ett affektivt hjälpmedel för att påvisa vilka kor som ska kontrolleras för brunst och insemination (Jönsson, 2006).

Det finns även försök där man använt aktivitetsmätare för att se hur kalvars aktivitet påverkas av avvänjning, gruppstorlek eller sjukdom. Jonasson (2009) har tittat på huruvida man kan använda aktivitetsmätare för att påvisa tidiga stadier av sjukdom. Aktivitetsmätare registrerade antal steg per minut och andelen liggstid, ståtid och aktivitet. Man såg här en signifikant skillnad i aktivitet mellan en frisk och en sjuk kalv. Detta gällde för diarré- eller respirationssjukdomar, men vid kombinerade diarré- och respirationssjukdomar kunde ingen signifikant skillnad ses. Detta diskuterades, och en möjlig förklaring var att med en större grupp kalvar kunde kanske en skillnad ses. En tendens till att kalvar som hade flera sjukdomstillfällen hade en minskad aktivitet över tiden iakttoogs. Slutsatsen som drogs var att aktivitetsmätning kan fungera som en markör för sjukdom, men att mer forskning behövs för att ta fram gränsvärden att gå efter.

Svensson (2006) använde aktivitetsmätare i ett försök för att mäta aktiviteten hos köttreskalvar under avvänjning och tiden efter avvänjning, för att se vid vilken

avvänjningsmetod som kalvarna beter sig mest normalt efter och under. Man studerade att avvänja med nosbricka under en 5-dygnsperiod och sedan separera ko och kalv jämfört med att avvänja och separera ko och kalv direkt. Man såg då att de kalvar som avvandades direkt låg mindre, gick mer, stod mer och gick fler steg under sitt första dygn än de kalvar som haft nosbricka. Denna skillnad gällde under de två första dyggen de separerats från sina kor och efter det fanns inga statistiska skillnader. Man såg att de kalvar som försetts med nosbricka rörde sig 27% av den tid som de direkt avvanda kalvarna rörde sig och bara tog 25% av det antal steg som de direkt avvanda gjorde. Kalvarna med nosbricka låg nästan 50% mer än de direkt avvanda kalvarna (Svensson, 2006).

Trénel et al (2009) hade ett projekt inriktat på kalvar där man försökte fastställa aktivitetsmätarens validitet när det gällde att mäta liggande, stående och rörelsebetende hos kalvar, samt att förbättra hur man kan använda data från aktivitetsmätare. Sedan tidigare fanns kunskapen att aktivitetsmätaren ger giltiga värden på mjölkkor och denna studie gjordes för att se om samma mätare kunde användas på kalvar. Genom att applicera ett liggperiodskriterium, för att fastställa djuret som liggande, kunde man förbättra informationen från mätaren. Dock överskattades rörelsebetenden, då mätaren registrerade rörelsebetende även under perioder då kalven låg eller stod. Man ansåg även att det skulle vara önskvärt med en mätare som kunde skilja på gång och trav eller galopp, då kalvars lekbeteende innefattar trav- och galopplekar. Denna mätare innefattade både antalet steg och aktivitetsnivå, vilket sågs som önskvärt för att kunna utvärdera rörelsebetende hos kalvar (Trénel et al, 2009)

I ett projekt vid LBT ska Magnusson (2010) se hur köttraskors aktivitet förändras inför kalvning för att kunna optimera när korna flyttas in i kalvningsbox, främst i liggbåssystem med skrapade gångar. Man planerar att studera kornas beteende med start 10 dagar före planerad kalvning för att få fram ett mönster som kan avläsas med aktivitetsmätare. Eventuellt kan detta även användas i mjölkbesättningar.

IRT- metoder

Infraröd termografi (IRT) har använts i försök som ett sätt att upptäcka mastit utan att beröra kon. Den utstrålade värmen från kons juver mäts, och en ökad temperatur pga. mastit kan upptäckas hos lakterande kor, kvigor och sinkor. Det har visat sig att IRT inte kan upptäcka subklinisk mastit, men det var annars en pålitlig metod för att påvisa avvikande temperaturer (Hovinen, 2009).

I ett finskt försök injicerade man kons juver med *E.coli*- bakterier, med målet att utvärdera huruvida IRT kan användas för att upptäcka tidiga akuta kliniska mastiter. För att mäta mastitens utveckling hade man en portabel konduktivitetmätare för mjölkprov samt en celltalsmätare och en mätare som mäter NAGase aktivitet i mjölken (Hovinen et al, 2008). NAGase står för N-acetyl glucosaminidase, ett enzym som utsöndras vid de vävnadsskador som uppstår när kons immunförsvar bekämpar mastit (Gilbertsson et al, 2001). Ett område strax över den infekterade juverdelens spene användes för att mäta temperaturen i den infekterade juverdelen, även om kameran tog kort på hela juversidan. Inga förändringar som skilde sig från resten av kons ändrade temperatur kunde ses med kameran efter injektion med *E.coli*- bakterier, dock sågs en ökande temperatur i hela kon efter injektionen. Detta förklarades med att en infektion ses som ett totalt ökat blodflöde

i juver och hela kon, och att man därför inte kunde se några signifikanta skillnader i den infekterade juverdelen. Svullnaden i juvret kan troligen ha försvårat kamerans mätningar. Kameran upptäckte avvikande juvertemperatur i helhet. Det diskuterades om en kamera installerad vid mjölkningen eller kraftfoderstationer kunde upptäcka mastitinfekterade juver innan mjölkning, även om lokala symptom kunde upptäckas visuellt innan kameran såg. Vidare försök där kameran testas i fält samt på sinkor diskuterades (Hovinen et al, 2008).

Ett annat liknande försök från Turkiet använde mjölkkor för att se om man kunde koppla temperaturen utläst från IRT- kameran till juverstatusen på kon mätt till CMT-test (California Mastitis Test) taget strax före IRT- kameran användes på juvret. I försöket fanns en positiv korrelation mellan CMT-resultatet och temperaturen på juverhuden för varje juverfjärdedel. Slutsatsen man drog var att IRT-kameran var tillräckligt känslig för att mäta skillnader i juverhuden, men att fler försök behövs för att utvärdera kons värmevariationer i juvret (Colak et al, 2008).

Studier har gjorts med IRT på kalvar för att upptäcka luftvägssjukdomar tidigare och på så sätt kunna minska effekterna av sjukdomen samt öka kalvens välfärd. IRT-scanningar runt ögonområdet på kalvar visade sig vara effektivt som en tidig indikator på luftvägssjukdomar, och att sådan information kunde leda till tidigare och mer riktad behandling (Schaefer et al.2007).

Vågceller

Kreatursvågar kan byggas upp av ett antal vågceller. Deformationen i vågbalken mäts som en resistensförändring genom en påkänningsmätare och ger ett värde på vikten som vilar på vågcellen (Tru-Test Ltd., 2010).

Vikten kan vara en betydelsefull faktor för att hålla reda på kornas hälsa och för att få en bra kontinuitet bör djuren vägas ofta. Detta ställer till problem då det har varit ont om lösningar som är smidiga att installera och använda. Vikten bör mätas vid olika tillfällen under dagen för att hänsyn till naturliga variationer ska kunna bortses ifrån. En generell hänvisning säger att mer än 10% minskning av kons kroppsvikt indikerar på en allvarlig fysiologisk störning(Gilbertson et al, 2001).

Peiper et al (1993) gjorde försök där man utredde hur automatisk vägning av korna fungerade och hur man får bra resultat. Svårigheten med att få ett korrekt vågresultat när korna går över vågen beror inte bara på att kon rör sig på vågen, det kan även vara flera kor på vågen samtidigt, vilket i högsta grad gör det svårt att få bra mätvärden. I detta försök hade man en vågplatta med transponderläsare kopplad till en dator som placerades vid utgången från mjölkstallet. En nedbromsningsplatta före vågen sattes in för att bromsa upp kornas passage. Man kom fram till att 65% av korna vägdes minst en gång om dagen och alla kor hade minst 5 vägningar per vecka. Man ville ha ett system som larmade om nykalvade kor missat tre på varandra efterföljande vägningar, då dessa kor är extra känsliga. (Peiper et al, 1993)

Trampande och sparkar i robotsystem kan kopplas till klövhälsoproblem eller stress och i en studie gjord av Pastell et al (2008) ville man utvärdera hur pålitligt systemet var, samt om korna uppförde sig olika beroende på laktationsnummer. Vågen bestod av fyra

vågceller som placerades under en plywoodskiva i mjölkrobotens bås. Det visade sig att kor i laktation 2 och uppåt var de som trampade och sparkade mest, men variationerna var stora. Man såg att kor med någon form av skada hade ett mer rastlöst beteende under tiden kon var skadad. Kor med mastit visade en tendens till en högre aktivitet i båset, med flera sparkar. Detta kan fungera som en varningssignal för halta kor eller kor med juverhälsoproblem (Pastell et al, 2008).

Oostra (2005) använde sig också av vågceller för att se om man kunde upptäcka halta kor. Målet var att försöka utveckla och utvärdera en metod för att automatiskt upptäcka halta kor utifrån hypotesen att en halt ko fördelar vikten annorlunda på sina klövar än en frisk ko. Korna vallades runt en slinga som avlutades med en grind. Framför grinden var en vågplatta placerad där kon skulle stå med en klöv på varje vågcell (totalt fyra st) under fem minuter. Efter kon var klar på vågen skickades hon utmed en gång där videokameror filmade kons gång och kon rörelsebedömdes enligt en 5-gradig skala. Man ville se om kornas rörelsepoäng kunde kopplas till hennes resultat på vågplattan. Inga klara värden på att kon avlastade det onda benet när hon stod på vågplattan sågs. Troliga felkällor i försöket ansågs vara att kon hade en intressantare vy på ena sidan och därför tittade ditåt, vilket avspeglades på viktfordelningen. Att kon inte var van vid att stå på en platta i fem minuter sågs som en annan felkälla samt att kon tvingades stå på ett visst sätt under vägning, vilket kan ha varit annorlunda från hur kon hade valt att stå om hon fått bestämma själv. Slutsatsen var att just denna studie inte varit framgångsrik, men liknande studier visade andra resultat, så vidare utveckling av programvara samt vidare studier kan ge ett bättre resultat.

Laser

Laser scannar kons kropp eller juver och kan styra utrustning som spenkoppar till spenarna i AMS-system eller läsa av rörelser som andning vid mätningar. Pastell et al (2008) hade förutom vågceller (se ovan) en laser för att mäta kons andningsfrekvens under mjölkning. Syftet var att se om kon stressades eller hade en förhöjd temperatur på grund av värmestress. Förändrad andning kan troligen ge information om kons hälsostatus. Det hade tidigare gjorts försök där man mätt kons andning, men de hade inneburit bälten eller nosclips, och problem vid datainsamling hade funnits. I detta försök hade man en laserbaserad respirationsmätare som placerades i mjölkkningsroboten och inte behöver fästas vid kon. Målet med studien var att testa nya verktyg för hälso- och beteendeövervakning. Lasersensorn placerades vid roboten så att den pekade mot kons mage. Samma placering kunde användas på alla kor oavsett storlek, men lasern kunde inte läsa av de svarta partierna på Holsteinkor. Dock fann man att alla svarta kor i försöket hade vita partier där lasern läste av. Problem tillstötte med störningar från omgivande lysrör, men genom att filtrera bort dessa kunde data samlas in. Kons andning var relativt konstant under hela mjölkningen, och steg endast när kon flyttade på sig, varefter den sjönk igen. Lasersensorn ansågs vara ett bra verktyg som kan mäta många djur under en dag, och att den i kombination med försökets andra komponent, en våg, kunde fungera som en bra indikator på djurens hälsa och stressnivå. Förbättringar i datorsystem och dragning av ledningar, samt andra datatekniska åtgärder kunde minimera störningar från omgivande elföremål (Pastell et al, 2008).

Ljudsensor

Då det finns vetenskapliga bevis för att vissa däggdjurs läten ändras runt brunst ville Schön et al (2007) se om detta kan tillämpas vid brunstkontroll på mjölkkor. I försöket använde man sig av 10 kvigor och spelade in deras råmanden för att sedan analysera om råmandet ändrades under brunst. För att veta säkert när kvigan var i brunst togs progesteronprov. Man monterade en mikrofon på ett halsband på kvigan och mottagare kopplades till en dator. Man fann att råmandena var av två strukturer, ett harmoniskt och ett disharmoniskt. En ökad frekvens av råmanden iakttoogs dagen före brunst och den ökade under brunstdagen. Andelen disharmoniska råmanden ökade mer än andelen harmoniska råmanden dagarna före brunst, för att sedan minska dagen efter brunst. Undersökningen kom fram till att fler försök behövs för att se hur äldre kor ändrar sitt råmande under brunst, samt om korna förändrar sitt råmande i efterföljande cykler. Fler försök behövs även för att minimera felkällor beroende på stress eller separation från andra i flocken (Schön et al 2007).

Positioneringssensor

Positioneringssystem fungerar genom sändare och ett antal mottagare baserat på radarteknologi. Kon förses med en sändare som sänder ut signaler med ett bestämt intervall, och genom att mäta tidsskillnaden som signalen kommer in till mottagarna kan kons position bestämmas på x-,y- och z-axeln beroende på hur man placerat ut sensorerna.

Det finns flera positioneringssensorer för kött djur på marknaden och ett försök i en mjölkbesättning gjordes av Gyax et al (2007). Försöket gjordes för att se hur kornas förflyttningmönster såg ut, intressanta platser för korna att uppehålla sig på samt hur vanligt det var med bortschasningar. Systemet installerades i kostallet och man upptäckte en del svagheter. Systemet var tvunget att byggas in, fler stationer än väntat behövdes för att få en total översikt av kostall och rastfälla, samt att systemet inte gick att flytta. Signalerna stördes av metall, vilket fanns i inredningen. Systemet kan följa 16000 transponders inom en yta på 500*500 m med 5 cm noggrannhet. Då systemet var utvecklat för öppna ytor krävdes fler mottagarstationer. I detta försök slutade det på 12 mottagarstationer. Systemet fungerar på så sätt att varje transponder sänder en individuell signal med ett bestämt tidsintervall. Hur kort intervall bestämdes delvis av vilken batteritid man önskade. Om transpondern sände sin position var 10e sekund beräknades batteriet räcka 5-7 dagar. Noggrannhet var bra i positioneringssystemet, med vissa variationer inom stallet. Flera bortschasningar inträffade och gav ett karakteristiskt mönster i dataavläsningarna, men en del av bortschasningarna kunde inte identifieras. Troligen berodde detta på att den bortjagade kon inte gick tillräckligt långt bort eller att det skedde på så kort tid att transpondern inte registrerade. Slutsatsen drogs att det var ett bra system för att spåra kors position, transportvägar och hur nära korna är varandra, och att systemet hade en bra förmåga att ta emot mycket data (Gyax et al, 2007).

Oostra (2005) testade tillsammans med SLU och Precision systems i Israel ett positioneringssystem baserat på optisk positionering. Detta system var en prototyp som testades första gången under fältförhållanden. Som mål var att se om det optiska systemet kunde registrera korna lika bra som vid visuell kontroll samt om systemet var lätt att flytta och var tillverkat av material som klarade den tuffa miljön i kostallar.

Systemet bestod av en LED- lampa och en radiofrekvensenhet som sattes på korna i ett halsband, en mottagare i stallet som vidarebefordrade signaler från sändarna till en dator med program som processar data från sändare samt bilder från kamerorna placerade runt om i stallet. Kameror monterades upp på 12 ställen i två avdelningar i kostallet för att täcka in foderbord, gångar och liggbås, och dessa registrerade sedan LED- lampornas blinkande. LED- lamporna blinkar en gång i minuten och varje LED- lampa i systemet blinkar på en utsatt sekund varje minut. Detta ger en begränsning i antalet LED-transponders till 60 st.

Dock var lokaliseringseffektiviteten dålig, med bara 27-30% av transponderna registrerade. Andelen registrerade LED-lampor varierade mycket med 91,3% registrerade vid foderbordet, men bara 10,6% registrerade vid liggbåsen och 40,2% i gångarna. Man trodde att variationerna berodde på kamerans placering i relation till kons nacke. Dock kunde de registreringar som gjordes kopplas till rätt område, så man kunde avgöra om kon var vid foderbord, gång eller liggbås. Systemet uppvisade god hållbarhet, men krävde rengöring av kameralins. Systemet var dock svårt, men inte omöjligt att flytta (Oostr, 2005).

Elektroder för mätning av hjärtfrekvens

Stress hos mjölkkor ger negativa effekter såsom mjölknedsläpp och mjölkflöde, vilket kan orsaka juverhälsoproblem. I en studie använde man rastlöshet under mjölkning som ett stressbeteende och ökad hjärtfrekvens som ett fysiologiskt tecken på stress. Hjärtfrekvens mättes med elektroder som placerades på ett bälte som sedan fästes på kon.

I studien användes två olika märken av mjölkningsrobot, samt ett led med mjölkgrup och tandemstall. Rastlöst beteende betecknades som trampande eller lyfta fötter samt sparkar. Vilopuls på kon mättes när kon låg ner i liggbåsen. Trampande i roboten uppmättes under mer än 95% av mjölkningarna, men sparkar observerades sällan och mest under mjölkningsfasen och i systemet AMS typ 2. I alla mjölkningssystem uppmättes en högre hjärtfrekvens under mjölkning än när kon vilade. Man fann dock att kor i AMS-system hade en högre vilopuls än kor i system med mjölkgrup, vilket skiljer sig från vissa av de tidigare studierna. Mjölkning i AMS typ 1 var mindre stressande för korna och de kor som var mest rastlösa var kor med höga cellhalter samt äldre kor. Slutsatsen var dock att det fanns lite som säger att mjölkning i AMS system skulle vara skadligt stressande för korna. Trots att man hittade statistiska skillnader på stressnivå hos kor mjölkade konventionellt jämfört med AMS tyckte man att det var så små skillnader att kornas välfärd inte är hotad (Gygax et al, 2008).

SYSTEM FÖR SENSORER

För att data från sensorerna ska kunna användas går de ofta in i olika system. Här nedan presenteras några av de system som finns tillgängliga på marknaden och används i Sverige och vilka sensorer som innefattas i systemet. Information från de olika företagen redovisas nedan.

MANAGEMENTSYSTEM

Alpro

I DeLaval's managementsystem Alpro ingår mjölkmatrare, transpondersystem för automatisk ID vid mjölkning, utfodring och genomgång i selektionsgrindar. Utfodringsstyrning på individnivå kan tillämpas för kraftfoder och mjölk i amma genom transpondersystemet. Aktivitetsmätare ingår i systemet, mätaren fästs i kons eller kvigans halsband och överför information varje timma. Mjölmängd registreras och i VMS mäta konduktivitet, celltal och blodblandad mjölk skiljs ifrån. I datasystemet kan man se varje kos mjölkavkastning, foderkonsumtion och aktivitet. Larmlistor kan framställas för kor som har ökad eller minskad aktivitet, foderkonsumtion eller mjölkavkastning vilket kan tyda på ohälsa. Med transpondersystemet kan kor skiljas ifrån i selektionsgrindar vid behandling eller seminering. Systemet kan kopplas till handdator för enkel tillgänglighet. Det finns även en rapportgenerator som kan hitta problemkor (DeLaval, 2010).

Time for Cows

Lelys managementsystem heter Time For Cows (T4C), och där samlas information från aktivitetsmätare, transpondersystem, vågceller i roboten, mjölkkontrollsystem, celltalsräknare, mjölktanken samt från kraftfoderstationerna. Vågceller finns i roboten och ger lantbrukaren uppgifter om kons vikt vid varje mjölkning, samt reglerar robotarmens placering under kon om hon rör på sig. En laser läser av juvrets placering och spenarnas placering, för att kunna sätta på spenkopparna.

I mjölkkontrollsystemet mäts parametrar som mjölkfärg, konduktivitet, mjölkningstid, outnyttjad mjölkningstid, mjölmängd och mjölkflöde för varje juverdel. Med celltalsräknaren registreras celltalshalt per juverdel. Genom att se hur mycket korna äter i kraftfoder stationerna kan man spåra kor som har nedsatt aptit. Kraftfoderstationerna ger inte tillgång till foder om korna har mjölkningstillstånd i roboten.

Managementsystemet finns även att tillgå i handdator (Lely, 2009 a). I kons halsband finns förutom transponder för individuell identifiering, en aktivitetsmätare som överför information varannan timme samt en mätare som mäter idisslingsaktivitet, överföring av data sker med infraröd teknik (Lely, 2009b). Selektionsgindar vid utgången till bete väljer om en ko får gå ut eller ej beroende på när hon mjölkats sist (Lely, 2010).

Crystal

Crystal är Fullwoods managementsystem. Från mjölkningen samlas uppgifter om mjölmängd, konduktivitet och mjölktemperatur på juverdelsnivå. Aktivitetsmätare buren på kons ben rapporterar vid ökad eller minskad aktivitet. Vågceller och kraftfoderstationer rapporterar om kons vikt och kraftfoderintag med hjälp av den automatiska identifieringen med transpondrar. Transpondrar för identifiering kan placeras i halsband, öronmärke eller som bolus identifikation där en transponder placeras i vommen. Crystal återger sedan informationen i grafer och information om insemination, sinläggning och behandlingshistoria för varje ko finns samlad. Huvuddatorn kan även kompletteras med en dataenhet i mjölkgruppen för observationer. Selektionsgrindar kan styras ihop med Crystal, eller separat genom en sensor på benet som sätts på vid mjölkning. Foderautomater för grovfoder och koncentrat kan kopplas till systemet för en optimal foderstyrning (Fullwood, 2010).

I Fullwoods robotsystem används samma managementsystem och de delar som används runt robotsystemet är identifikation genom transponder eller öronmärke samt en aktivitetsmätare placerad på benet. Under mjölkning finns en laser som scannar juvret vid påsättning av mjölkorgan, mjölkflödesmätare och mjölmätare på juverdelsnivå, sensor som upptäcker blod i mjölken, konduktivitetmätare. Transpondrar i form av en sändare som sätts i halsband på kon eller öronmärken för automatisk identifikation ger tillsammans med respektive utrustning uppgifter om den enskilda kons vikt, tillträde till olika avdelningar genom separationsgrindar, utfodring i kraftfoderstationer eller i roboten samt aktivitet registrerad genom aktivitetsmätaren (Fullwood, 2008).

Sac Management Dairy system

Detta managementsystem är utvecklat för SAC. I detta system ingår kontroll av mjölkningen, mjölkseparation, selektion av kor, mastitövervakning och ingång samt utgång ur roboten eller mjölkgruppen. Det finns mjölmätare samt en sensor som skiljer från mjölk med flocker eller blod. Man kan även se hur mycket och när kon äter kraftfoder och styra fodergivorna beroende på laktation. I systemet finns även en översikt för kor som bör vara i brunst (SAC, 2010).

Afifarm

I Afimilks managementsystem Afifarm ingår identifiering för var ko, mjölmätare och aktivitetsmätare, vågsystem och sorteringsanläggningar. Identifikationsprogrammet består av tre komponenter: en huvudenhet, antenner för datamottagning samt en kombinerad aktivitetsmätare och identifiering. Identifieringssystemet är integrerat med de andra delarna i managementsystemet, såsom mjölkning, sortering och vägning. Mjölmätarna mäter mjölmängd, konduktivitet och mjölkflöde. Mjölmätaren är kompatibel med de flesta mjölkningsutrustningar och på medföljande kontrollpanel kan felmeddelanden visas. Aktivitetsmätaren ingår i konceptet ”afiheat”, där programmet tar emot data från aktivitetsmätaren. Man rekommenderar det både till kor och kvigor. Programmet bortser från ökad aktivitet orsakad av betesgång, samt larmar även för

utebliven brunst, kor som eventuellt kastat samt kor med lägre aktivitet än normalt. Själva aktivitetsmätaren räknar kornas steg, vilotid och liggtid. Den ger också larm för värmestress och kommande kalvning (AfiMilk, 2010).

Vågsystemet placeras vid mjölkstallet och registrerar kornas vikt minst två gånger om dagen. Detta är viktigt för att upptäcka kor som inte ökar i vikt som de ska efter kalvning, eller för sinkor som inte håller det hull de borde. Ts-intag kan uppskattas och foderbyten kan utvärderas med hänsyn till kornas vikt. Sorteringsanläggningen kan användas för att skilja ut djur för behandling eller efter valda kriterier och flytta kor automatiskt mellan fällor med hjälp av transpondrar (AfiMilk, 2010).

ANALYSSYSTEM FÖR SENSORER

Herd Navigator

Detta är ett managementsystem för mjölkning som är utvecklat av DeLaval och FOSS A/S. Under mjölkningen mäts halterna av progesteron, LDH (laktatdehydrogenas), urea och BHB (betahydroxybutyrat) för att upptäcka indikationer på ohälsa. Progesteron påvisar var i brunstcykeln kon är, och systemet gör listor för kor som ska semineras, dräktighetsundersökas eller om kon har cystor och liknande. LDH är starkt kopplat till celltal, och man kan få indikationer om mastit någon dag innan kliniska symptom ses. Urea ger en indikation om proteinbalansen i fodret, för att kunna optimera fodret både för kon och ekonomin medan BHB är en ketonkropp som indikerar på risk för acetonemi. Provtas på korna helt automatiskt under mjölkning som bygger på en biologisk modell efter när korna är som känsligast. Systemet levererar listor med vilka djur som behöver extra uppmärksamhet, samt förslag på handlingsstrategier för dessa kor (Delaval/FOSS, 2010).

Heatwatch

Ländsensorer som aktivitetsmätare är inte så vanliga, men Heatwatch har utvecklat ett system baserat på att kor bestiger varandra under brunst. Det består av en tryckkänslig sensor som placeras i en påse på kons länd och fästs med lim. Sensorn överför data till basstationen vid varje bestigning. Om data inte kan överföras vid en bestigning sparas data i sensorn till nästa bestigning. Batteritiden uppges till 2-3 år, och räckvidden till 500m. Om större räckvidd önskas kan man sätta upp moden för åtkomst av data på bete eller en förstärkare som sänder signalen vidare till basstationen. Basstationen placeras på lämpligt ställe i kostallet (CowChips, 2010).

Heattime

Heattime är Viking Genetics brunstpassningssystem. Den består av en kontrollenhet med en lampa som lyser när ett djur visar på högre aktivitet, en antenn som placeras där korna trafikerar regelbundet och som tar emot signaler från kons transponder. Antennen vidarebefordrar data till kontrollenheten. Transpondern placeras på ett halsband på kon

eller kvigan och den registrerar alla rörelser kon gör. Systemet registrerar även djur med en låg aktivitet, vilket kan vara ett tecken på sjukdom (Viking Genetics, 2010).

IceTag

IceRobotics (2010) har en aktivitetsmätare för vetenskapligt bruk vid namn IceTag. Systemet utvecklades för mjölkko-forskning, men används även för forskning på dikor. I systemet ingår ett analysprogram, en basstation som tar emot data samt en aktivitetsmätare som sänder data. Aktivitetsmätaren registrerar tagna steg, stående och liggande aktivitet 16 ggr/sekund. För överföring av aktivitetsdata krävs att man tar av aktivitetsmätaren och för den över basstationen. Aktivitetsmätaren kan lagra data i upp till 60 dagar, och uppskattad batteritid är minst 12 månader. Utveckling av mätare och system för användning i mjölkproduktion är på gång (IceRobotics, 2010).

Zigbeef

Genom ett ZigBee modulerat system finns aktiva transpondersystem för att spåra kor, företrädesvis kött djur i dagsläget. Genom en mobil handenhet kan handenheten läsa av elektroniska id-märken som är infästa i öronmärket på kon. Skillnaden från de flesta transpondersystem använda i Sverige är att id-märket är aktiv och sänder ut signaler, vilket gör det lättare att hålla räkning på djuren i fällor, då de inte behöver passera en och en genom en avläsningsenhet. Batteri är inbyggt i öronmärket, men information om batteritid saknades i artikeln. Identifieringen beskrivs som att man har med en RFID-läsare (Radio Frequency IDentification) vid exempelvis utfodring (Swedberg, 2008) och läsaren tar då in all information med en räckvidd på 60 meter. Transpondern i öronmärket ska även känna av kons rörelser samt temperatur. Systemet inriktar sig även på hyrbilar och containers (ZigBeef, 2010).

Hencol

Hencol har utvecklat ett hanteringssystem för kött djur med en elektronisk öronmärkning som är kompatibel med deras behandlingsbox (squeeze) och automatiska vågplatta. Till detta system finns ett managementsystem som är lätt att koppla ihop med behandlingsboxen och deras vågplatta för snabb och korrekt informationssamling. Vågplattan sköter automatiskt vägning av djuren och placeras exempelvis vid vattenkopp eller utfodringsplats (Hencol, 2010).

FRAMTIDA SENSORER OCH SYSTEM

Begreppet Precision farming refererar till ett system där man använder sig av tekniska hjälpmedel för att optimera sin produktion. Det innebär exempelvis användning av GPS vid sådd, gödsling och växtskydd. Markkartering med resultaten i datorn vid spridning av gödning sparar pengar och minimerar kväveläckage (Auernhammer, 2001).

Inom mjölkproduktionen kan det innebära att man sätter mer fokus på den enskilda kon, för att få varje djur att producera så bra som den individen har förutsättningar till. Ett nätverk uppbyggt av flera gårdar presenteras. Sjukdomsstatistik för gårdarna slås ihop för att få en översikt om vilka faktorer som ger högst prevalens av en typ av sjukdomar och all information kan sedan spåras tillbaka till den enskilda kon. Man trycker på vikten av att ha liknande, uppdaterade program för att kunna få likvärdiga jämförelser. Analyser av data beror till större delen på gårdens historia och tidigare händelser. Att en ko behandlas är i sig inget signifikant, men med en översikt kan lantbrukaren få koll på vilka sjukdomar som återkommer i besättningen och detta kan öka förståelsen och motivationen att motverka orsaken. Man går sedan igenom olika modeller för hur databasen kan byggas upp och hur man kan komma åt information från dessa data samt att föra ihop två olika databassystem för att få en bättre kompatibilitet (Schulze et al, 2007).

I ett personligt meddelande från DeLaval delges information om vad företaget utvecklar just nu. De tror på ett koncept som de kallar Smart Farming. Detta innebär att använda sensorer för att övervaka koststatus, mjölkens kvalitet och sammansättning, foderkvalitet, systemstatus och miljöparametrar (Birk, U. personligt meddelande, 2010).

Utifrån data från sensorerna utvecklas program och parametrar för att ge lantbrukaren information och beslutsunderlag. Man vill även utveckla databascentraler där data från flera gårdar kan sammanföras för rådgivare och experter. Utifrån dessa data kan rådgivare analysera, optimera och ge en prognos för hur den enskilda gården kan utvecklas, samt ge råd från de gårdar som har ett väl fungerande system för det område som den enskilda gården har problem med. Man jobbar mycket med trådlösa nätverk för att få tillgång till gårdsdata var du än väljer att jobba, hemma på kontoret eller på plats i kostallet. Lantbrukaren ska även kunna använda sin information för att förbättra lönsamheten, fruktsamhet och rekrytering, ha full kontroll på näringsläckage och energiförbrukning och på flera sätt kunna optimera sin verksamhet för en uthållig mjölkproduktion (Birk, U. personligt meddelande, 2010).

DISKUSSION

En del av de sensorer som finns i mjölkbesättningar är beprövade och använda sedan länge, som transponder, mjölmätare och mjölkflödesmätaren. Andra är ovanliga, eller på väg ut på marknaden, som färganalys (Lely 2009a) och progesteronmätare (DeLaval/FOSS, 2010). Många av sensorerna som utvecklats på senare år har utformats med tanke på automatiska mjölkningssystem. Något som ändå är gemensamt för sensorer och systemen som hör till är att de behövs mer i dagsläget då djurskötare ska hand om fler djur. Då dagens kor är så högpresterande är de känsliga för foderkvalitet, dålig hygien och stress. Det kräver ett gott djuröga och hög stresstålighet hos djurskötaren som har fler djur att övervaka för att ge korna en bra djurmiljö.

Sensorer idag

Nedan följer en sammanställning av sensorer samt i viss del i vilka managementsystem de finns. Tabell 1 och två visar vilka sensorer som används för att indikera mastit respektive brunst, vilka mätvariabler som används samt vilka av sensorerna som finns i de olika managementsystemen. Tabellerna anger även vilka andra parametrar som kan mätas av sensorerna. Tabell 3 visar på vilka sensorer som finns för att indikera andra hälsoaspekter förutom mastit och brunst.

Tabell 1: Sensorer som används för att indikera mastit

Sensor	Mätvariabel	Indikerar även	Alpro	T4C ¹⁾	Crystal	SAC	Afi-farm
Konduktivitetssensormätare	Ledningsförmåga i mjölken		X	X	X		X
Celltalsmätare	Andelen somatiska celler		X	X			
NIR	Sammansättning av mjölk med avseende till celltal	Blod, penicillin, laktos, protein, fett	X (Som flödesmätn.)				
Färganalys	Återspeglat spektra från mjölken	Råmjölk, vävnads-skador	X	X			
Temperatursensor	Mjölakens temperatur	Infektioner i kon	X		X		
IRT	Utstrålad värme från vävnad	Feber (hos kalvar)					
Mjölkmätare	Mjölkmängd samt mjölkflöde	Brunst, sjukdom	X	X	X	X	X

¹⁾ Time for Cows

Tabell 2: Sensorer som används för att indikera brunst

Sensor	Mätvariabel	Indikerar även	Alpro	T4C ¹⁾	Crystal	SAC	Afi-farm
Mjölkmätare	Mjölmängd samt mjölkflöde	Mastit, sjukdom	X	X	X	X	X
Progesteronmätare	Progesteronhalt i mjölk el. blod		X (I Herd Navigator)				
Aktivitetmätare	Aktivitet baserat på accelerometrar	Sjukdom, eventuellt kalvning	X	X	X		X
Ljudsensor	Skillnader i harmonier i råmanden						

¹⁾ Time for cows

Tabell 1 och 2 visar på vilka sensorer som är de mest förekommande i de större managementsystemen. Mjölkmätaren är en självklar del, utan denna hade kornas avkastning varit omöjlig att veta men Maatje et al (1997) har även funnit att mjölkmätaren kan indikera brunst eller mastit. Intressant att notera är att konduktivitetmätaren är relativt vanlig, medan det finns mindre information om huruvida temperatursensor finns i systemet. Maatje et al (1997), Gilbertson (2001) och Hovinen (2009) har alla konstaterat att konduktivitetmätaren behöver kompletteras med andra sensorer för att vara tillförlitlig vid mastitindikering, däribland nämns temperatursensor och mjölkmätare. Aktivitetmätaren är relativt utbredd och med tanke på den ökade besättningsstorleken i Sverige kan aktivitetmätaren vara en bra sensor för att minska tiden lagd på manuell brunstkontroll. Jönsson (2006) visade att nyckeltal kopplade till fertilitet kan förbättras vid användning av aktivitetmätare.

Lely med sitt system Time 4 Cows (T4C) är det system som har flest anslutningsbara sensorer. En teori med detta är att företaget enbart säger AMS-system och man kan fundera över om detta har gett företaget ett försprång i utvecklingen, eller om de är bättre på att marknadsföra vilka sensorer som finns i deras system.

Tabell 3: Sensorer för korns övriga hälsa

Sensor	Mätvariabel	Hälsoaspekt
Ureasensor	Ureahalt i mjölk	Metabolism
Kemisk sensor	Ketonroppar i gasform	Metabolism, energibalans
Vågceller	Vikt	Hälta, Kroppshull
Laser	Scanning av kropp	Stress

Andra sensorer har inriktats på andra hälsoproblem hos kor än just mastit. Det är en positiv utveckling där attityden i branschen är att hålla korna friska och sensorerna kan

fungera som en indikator på ohälsa. Genom att mäta urea eller keton i mjölken kan kornas foderstat optimeras med avseende på protein (Brandt et al, 2010) och en negativ energibalans kan vändas och förhindra produktionsminskningar (Nilsson, 2009) samtidigt som kornas hälsa förbättras.

Sensorerna kan bespara kon lidande genom att indikera mastit tidigare i förloppet än en duktig djurskötare. Färganalys med synlig ljus (Espada& Vijverberg, 2002) eller NIR teknik (Tsenkova 2001) har bevisats kunna upptäcka förändringar i mjölken tidigt.

Med sensorer som konduktivitetmätare kombinerat med mjölmätare och temperatursensor har Maatje et al (1997) och Gilbertson (2001) påvisat att mastit indikeras tidigare och djurskötaren kan då ta till åtgärder för att förhindra kliniska utbrott eller lindra utbrott.

Jönsson (2006) visade att brunstkontroll kan underlättas och att nyckeltal kopplade till fertilitet kan förbättras om aktivitetsmätare används. I en större besättning kan aktivitetsmätaren peka ut kor med ökad aktivitet för brunstkoll, men även sjuka kor kan pekas ut då de har en nedsatt aktivitet och utmärker sig mot den andra extremen. Kombinerat av sensorer kan göra att systemet blir ännu effektivare och Maatje et al (1997) påvisade att kombinerat av sensorer kan upptäcka fler kor med avvikande beteende på grund av brunst eller mastit. Progesteronmätaren är relativt ny på marknaden men har i flera försök använts som en säker indikator på kons brunststatus (Gustafsson et al, 2007; Ranasinghe et al, 2010; Lövendahl & Chagunda 2010). Detta bådär gott för framtiden då ett scenario innebär att fler av brunsterna kan upptäckas och preciseras för att optimera insemination och få ett bättre resultat.

Begränsningar

Sensorerna har dock begränsningar på flera plan. Dels rent tekniska, som konduktivitetmätare som kan ge missvisande resultat vid en högre fetthalt eller om mjölken har en stor andel luftbubblor vid mättillfället vilket Hovinen (2009) påtalar. Gygax et al (2007) försök med positioneringssensorer baserade på radarteknik påverkades av störningar på grund av stålredningen inne i stallet. Detta gjorde att vissa områden i stallet hade en låg aktivitet enligt sensorerna även om områdena i själva verket trafikerades av kor. Även Pastell et al (2006) stötte på problem med tekniken under deras försök med lasermätningar. Dels störde lysrörsarmaturen dataöverföringen från lasern, men ett annat oväntat problem visade sig vara att den laser som användes inte kunde avläsa andningsfrekvensen på kon om avläsningsområdet hade svart päls. Med tanke på den höga andelen Holstein som finns i världen är detta ett problem som behöver tillses och analyseras under fler undersökningar.

Sensorer ger data som behöver tolkas och ett bra analyssystem kräver väl utarbetade gränsvärden och väl utformad mjukvara. Vid betesgång kommer alla kor att ha förhöjd aktivitet, och brunstindikeringen försvåras. Analyssystemen har dock ofta en parameter som korrigerar för betesgång (AfiMilk, 2010; Lely, 2009b). Gränsvärden styr indikeringen av sensorns data, så tillvida att genom gränsvärden anges tolerans för falsklarm och vid vilken gräns som signalerna anses som ointressanta. Detta betyder att tolkningen för mastit eller brunst definieras av vilka gränsvärden som satts och hur noggranna gränsvärdena är. Ett intressant exempel är Ranasinghe et al (2010) försök. Aktivitetmätare användes för att utreda hur kor med tyst brunst ändrade beteende vid

brunsten och fann att kor med tyst brunst ökade sin aktivitet med 80-100% medan kor med tydlig brunst ökade sin aktivitet med 200-400%. Med ett gränsvärde på 100% ökad aktivitet hade en del av de kor som hade tyst brunst missats och troligen slagits ut vid laktationens slut. Framtida forskning kan komma fram till nya teorier som ändrar gränsvärden och det gäller då att systemen är lätta att uppdatera för att få en lång teknisk livslängd på produkten. Något som bör betänkas är att gränsvärden ofta är framtagna under försöksförhållanden, beräknade på en ideal medelko i en ideal medelbesättning. Variationer mellan besättningar bör beaktas och en del gränsvärden kan vara inaktuella när det kommer ner till individnivå oavsett hur väl utfört försöket som lett fram till gränsvärdena är.

En tredje begränsning med sensorer och tillhörande system är ekonomin. Sjuka kor är en stor utgift i veterinärkostnader och uteblivna mjölkintäkter, men det är även inköp av sensorer och system. Mjolkproducenternas ekonomi är pressad i dagsläget med låga mjölkpriser och höga kostnader för proteinfoder och andra tillskottsfoder. En mastit kostar 4000 kronor per ko och tillfälle och långa kalvningsintervall kostar 20 kr/ko och dag efter dag 400 efter kalvning (Svensk mjölk/Freja Husdjur, 2010). Det kan innebära 120000 kr med ett 15 månaders kalvningsintervall i en 120 kors besättning. Vissa sensorer och analysystem riktas mot större besättningar då det är en stor utgift att ta hänsyn till. En större gård har ofta ett större kapital för investeringar. Ett exempel är Herd Navigator med en investeringskostnad på runt 400 000kr och med en årskostnad på ca 1000kr per ko för provtagningsmaterial (15 kr per prov) (Karlsson, 2010). Mindre besättningar kan ha svårt att få in denna kostnad i kalkylen.

Det är då upp till gårdens förutsättningar att se vad som är försvarbart för just den gården. Om det är återkommande problem med juverhälsa kan en sensor i längden innebära en besparing. En bättre brunstpassning med hjälp av en sensor som ger kortare kalvningsintervall och lägre inkalvningsålder kan troligen betala av sig under sin livstid. På större gårdar kan sensorer och system vara en bra investering för att hjälpa informationsöverföringen. Många stora gårdar har flera skift och många anställda och det kan vara svårt att ha en perfekt kommunikation mellan de olika skiften. Om inte kommunikationen fungerar kan viktig information som iakttas vid mjölkning försvinna och mastiter utvecklas eller brunstiga kor missas och innebära ytterligare kostnader.

System

I dagsläget finns det flera sensorbundna analysystem. De större företagen som säljer mjölkkningsutrustning har ofta ett eget managementsystem där flera av deras egna analysystem kopplas ihop för en ökad översikt. I tabell 1 & 2 ses en viss likhet i vad som ingår i de större managementsystemen. Ofta är det en eller två mjölkbaserade sensorer som är kopplat till mastitövervakning och mätning av avkastning samt en brunstpassande sensor, exempelvis aktivitetsmätare, samt transponder för identifiering och individuell foderstyrning. Analysystemen marknadsförs ofta som enkla att hantera och användarvänliga. När man ser till vilka analysystem som finns utanför de större managementsystemen dominerar aktivitetsmätarsystemen. De är i de allra flesta fallen knutna till brunstpassning, men ett företag har inriktat sig mot forskning (IceRobotics, 2010). Ett intressant analysystem som utvecklats är Herd Navigator. Med en relativt billig testmetod har man automatiserat provtagning för att på så sätt hitta kor med sjukdom eller brunst. Att det är inriktat på både juverhälsa, brunstpassning och kons metabolism är positivt för att få flera parametrar utlästa från samma provenhet och på så

sätt kanske ett bättre utnyttjande. Ett annat intressant analysystem och tillhörande sensor i form av transponder har ZigBeef. De transpondrar som används i Sverige idag är till större delen passiva och lämnar information först när de aktiveras. ZigBeef (2010) har utvecklat en aktiv transponder vilket underlättar identifiering i flock. Korna behöver inte passera genom en avläsare utan en handhållen mottagare kan identifiera en mängd transpondrar inom 60 m radie och systemet processar sedan data från transpondern.

Framtiden

Utvecklingen inom elektroniken går fort framåt och inom en snar framtid finns nog ännu fler sensorer. Sensorerna kommer troligen att bli fler, särskilt i takt med att antalet besättningar med robotmjölkning ökar. Mastit och brunst är starkt ekonomiskt kopplade och utvecklig kommer säkerligen att ske för att indikera dessa mer precist. Då det rapporteras om en sjunkande fruktsamhet på dagens mjölkkor, inte bara i Sverige som Jönsson (2006) skriver om utan över hela världen är det ekonomiskt intressant att utveckla sensorer och system för bättre brunstpassning. Progesteronmätaren är intressant då den är så pass korrekt att den använd som kontroll i försök (Gustafsson et al, 2007; Ranasinghe et al, 2010; Lövendahl & Chagunda 2010) och med dessa mätare ute på marknaden kan besättningar med problem få en god hjälp. Aktivitetsmätaren kan ses som ett gott komplement för att välja ut vilka som bör progesteronprovas. Trenden med mindre transpondrar är en annan intressant utveckling. ZigBeefs (2010) satsning på aktiva transpondrar är intressant för flocköversikt, men när det gäller inne i ett mjölkstall kan kanske mottagarutrustningen bli överhopad med onödig information. Hencol (2010) har ett intressant system på nötköttssidan där elektroniska öronmärken används som en transponder. Då alla djur enligt lag ska märkas skulle detta innebära att alla djur i en besättning automatiskt förses med transponder strax efter födsel. Denna kan sedan användas i kalvamma, vid vägning under uppväxten samt under mjölkkons vuxna liv i mjölkstallet.

Flera av sensorerna är utformade för samma syften och tiden får utvisa vilka sensorer som blir framgångsrika. Något som kan behövas är fler sensorer som kan upptäcka benlidanden och sjukdomar, för att på så sätt jobba mot en friskare besättningsstatus. I dagsläget rapporterar Svensk Mjolk (2010) att 7% av korna slås ut på grund av ben och klövproblem och om denna del kan minskas minskar kostnaden för både veterinär och rekrytering ytterligare. Teorin är att kon avlastar sitt onda ben och försök har gjorts för att koppla avvikande viktfordelning till hälta. Oostr (2005) fick dock problem med att få kon att stå still tillräckligt länge på vågcellerna för att kunna få fram data. Med teknikutveckling kan troligen detta problem lösas. Pastell et al (2008) hittade intressanta samband mellan rastlöst beteende under mjölkning och skador i ben eller juverproblem, och en vidareutveckling av det försöket kan nog ge en hältedetektor. Något som kan testas i försök är om IRT kan användas för att hitta ökad temperatur från en inflammerad led, och om detta kan automatiseras.

Något man kan fundera över är hur sensorer som avgör mjölk kvaliteten kan utvecklas. NIR-teknologi verkar lovande för att fastställa sammansättningen i mjölken (Tsenkova et al, 1999; Tsenkova et al, 2001; Brandt et al, 2010; Gilbertsson et al, 2001; Hovinen, 2009), men finns det ett intresse globalt att jobba för samma nivå på mjölk kvaliteten? Beroende på hur stränga mejeriernas regler för mjölk kvalitet är runt om i världen kan det troligen vara svårt att ekonomiskt motivera en dyr sensor för mjölkavskiljning med

avseende på blod i mjölken/råmjölk, höga celler eller penicillinrester om det kan göras billigare men med fler metoder som färganalys, celltalsmätare och medicinjournal.

Utvecklingen på systemsidan verkar gå mer och mer mot plattformssystem där producenten kan ta del av andra gårdars data för jämförelse och ”benchmarking” och rådgivare kan se hur problem sköts i olika besättningar och utifrån det se mönster som kan vara en del av orsaken till problemet. Att få in ett helhetsperspektiv där lantbrukaren kan se vilka problem som återkommer på gården och kunna ta fram en åtgärdsplan är positivt. Att även innefatta växtnäringsdelen med emissioner och näringsutnyttjande kan hjälpa gården att effektivisera hela produktionen. Att även företag som säljer utrustning utvecklar plattformar kan vara en bra sporre till utveckling för de som idag sysslar med rådgivning genom exempelvis Svensk Mjolk.

Utveckling utifrån arbetet

Skillnaden mellan olika företag kan vara relativt stor när det gäller vad som kan ingå i ett managementsystem. Litteraturstudien har gett en bra insikt i vilken forskning som har gjorts. Som utveckling bör man göra studiebesök både till försöksbesättningar och eventuellt till företag för att få en bättre insikt i managementsystemens uppbyggnad och innehåll. En vidare utveckling av denna litteraturstudie skulle kunna göras med försök på intressanta sensorer som använts i försök men ej i praktiken, för att utvärdera orsaken till detta. Efter detta kan man se om tekniken i sig kan tillämpas i mjölkbesättningar. Andra utvecklingsmöjligheter är att se på andra grenar inom djurproduktionen, vilka sensorer som finns där, och hur de kan tillämpas på mjölkproduktion.

Slutsatser

Det finns ett flertal utvecklade sensorer på marknaden idag med vitt skild teknologi. Huvuddelen av sensorerna är utvecklade för mastitövervakning eller brunstpassning

Det finns tre sorters begränsningar som en sensor generellt kan ha:

Tekniska – där sensorn inte kan läsa av korrekt.

Systemrelaterade – där systemet begränsar sensorns datarapportering genom gränsvärden

Ekonomiska – sensorer kan vara svårt att motivera i kalkylen.

Många av de större företagen som säljer mjölkproduktionsutrustning har egna sensorer och system som de kopplar ihop i managementsystem. Syftet med de analysystem som ingår i de olika managementsystemen är snarlika företagen emellan.

Utveckling av mer effektiva sensorer pågår ständigt, främst för att upptäcka mastit tidigare och underlätta brunstpassning.

Utveckling av sensorer som kan upptäcka hälsa vore önskvärd, samt fler sensorer för att upptäcka metaboliska störningar.

Systemen utvecklas mot plattformar där producenter och rådgivare kan samverka för att lösa problem.

Sensorer kan aldrig ersätta en kompetent djurskötare, men kan hjälpa denne med att peka ut de kor som behöver extra tillsyn.

REFERENSER

AfiMilk (2010) Afifarm Herd Management Software. [Online] Tillgänglig
<http://www.afimilk.com/sitefiles/1/2491/14891.asp> 2010-04-26

Auernhammer, H. (2001) Precision Farming – the environmental challenge. *Computers and electronics in agriculture*, 2001, nr 30, s 31-43

Brandt, M., Haeussermann, A. & Hartung, E. (2010) Invited Review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk. *Journal of Dairy Science*, 2010, nr 93, s 427-436

Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R. & Schleusener, T. (2008) ALT pedometer . New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and electronics in agriculture*, 2008, nr 62, s 73-80

Chapinal, N., Veira, D. M., Weary, D.M. & von Keyserlingk, M.A.G. (2007) Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behaviour and Intake in Group- Housed Cattle. *Journal of Dairy Science*, 2007, nr 90, s 5732-5736

Colak, A., Polat, B., Okumus, Z., Kaya, M., Yanmas, L.E. & Hayirli, A. (2008) Short communication: Early Detection of Mastitis Using Infrared Thermography in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 2008, vol 91, nr 11, s4244-4248

CowChips (2010) HeatWatch II, [Online] Tillgänglig
<http://www.cowchips.net/index.html> 2010-04-28

DeLaval (2009) Produktinformation: DeLaval milk meter MM25 SG.

DeLaval (2010) Produktinformation: Alpro – Ett bra hjälpmedel för full kontroll på din mjölkproduktion. [Online] Tillgänglig:
http://www.delaval.se/NR/rdonlyres/CA017CC2-A732-42EE-83BD-05ED15FC49DA/0/Alpro6_50_low.pdf 2010-04-15

DeLaval/FOSS (2010) Produktinformation: Herd Navigator – proaktiv driftsledning. [Online] Tillgänglig: viewer.zmags.com/getMagPdf.php?mid=wsrwrf 2010-04-26

Espada, E. & Vijverberg, H. (2002) Milk colour analysis as a tool for the detection of abnormal milk. Lely Technologies, Nederländerna. [Online] Tillgänglig:
http://195.162.136.141/_presentationspics/presentation/26/presentation1.pdf
2010-04-20

Fullwood (2008) Merlin – freedom through flexible solutions. [Online] Tillgänglig
<http://www.fullwood.com/docs/Merlin%20Brochure%202008.pdf> 2010-04-10

- Fullwood (2010) Produktinformation: Crystal- Completing the management circle. [Online] Tillgänglig [http://www.fullwood.com/docs/brochure%20crystal%20eng\(V3\).pdf](http://www.fullwood.com/docs/brochure%20crystal%20eng(V3).pdf) 2010-05-04
- Fällman, G. (2010) Reproduktionsstyrning med hjälp av progesteronmätning i mjölkkobesättning – Validering och tillämpning av en portabel ELISA mätare. Examensarbete inom veterinärprogrammet vid SLU, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Uppsala. ISSN 1652- 8697
- Gilbertsson, M., Gustafsson, M., Benfalk, C. & Thylén, L. (2001) Sensorrika system i lantbruket – en omvärldsanalys. JTI- rapport 277, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Gustafsson, M., Lindahl, L., Berglund, B. & Gustafsson, H. (2007) Stå- och liggtider för brunstdetektion i uppbundna system – en pilotstudie. JTI-rapport 356, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. ISSN 1401-4963
- Gygax, L., Neisen, G. & Bollhalder, H. (2007) Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns. *Computers and electronics in agriculture*, 2007, nr 56, s 23-33
- Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R. & Wechsler, B. (2008) Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Applied Animal Behaviour Science*, 2008, nr109, s167-179
- Hencol (2010) Produktblad: Livestock Planner. [Online] Tillgängligt http://www.hencol.se/files/produktblad_print.pdf 2010-05-05
- Hovinen, M. (2009) Udder health of dairy cows in automatic milking. Akademisk dissertation/avhandling, Helsinki University Printing House, Helsingfors, 2009. ISBN 978-952-10-5740-3
- Hovinen, M., Siivonen, J., Taponen, S., Hänninen, L., Pastell, M., Aisla, A.-M. & Pyörälä, S. (2008) Detection of Clinical Mastitis with the Help of a Thermal Camera. *Journal of Dairy Science*, 2008, vol 91, nr 12, s 4592-4598
- IceRobotics (2010) Teknisk beskrivning: IceTag3C motion sensor for animal activity recording. [Online] Tillgänglig <http://www.icerobotics.com/animal%20scientists/IceTag3D%20Spec%20Sheet%200808.pdf> 2010-05-05
- Jonasson, K. (2009) Aktivitet som sjukdomsmarkör på kalvar i gruppssystem. Examensarbete på Veterinärprogrammet vid SLU, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Uppsala. ISSN 1652-8697
- Jönsson, M. (2006) Bättre fruktsamhet hos nöter efter installation av aktivitetsmätare. Artikel i Svensk Veterinärtidning 2006, nr 15, s 19-24

Kwong, K. H., Goh, H. G., Michie, C., Andonovic, I., Stephen, B., Mottram, T. & Ross, D. (2008) Wireless Sensor Networks for Beef and Dairy Herd Management. Presentation vid 2008 ASABE Annual International Meeting 29/6-2/7 2008

Lely (2009 a) Produktinformation: Lely Astronaut robotmjölkkningsystem. [Online] Tillgänglig http://www.lely.com/brochures/brochures_pdf/dairy/lely-astronaut-a3next-SV.pdf 2010-01-30

Lely (2009b) Produktinformation: Lely Qwes H/HR infrarött sensorsystem. [Online] Tillgänglig http://www.lely.com/brochures/brochures_pdf/dairy/lely-qwes_h-sv.pdf 2010-01-30

Lely (2010) Lely Grazeway Selection Box. [Online] Tillgänglig <http://www.lely.com/en/feeding-systems/group-feeding/grazeway.jsp> 2010-05-04

Lövendahl, P. & Chagunda, M.G.G. (2010) On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2010, nr 93, s 249- 259

Maatje, K., Huijsmans, P. J. M., Rossing, W. & Hogewerf, P. H. (1992) The efficacy of in-line measurement of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for the detection of clinical and subclinical mastitis. *Livestock Production Science*, 1992, nr 30, s 239-249

Maatje, K., de Wol, R. M. & Rossing, W. (1997) Cow status monitoring (health and oestrus) using detection sensors. *Computers and Electronics in Agriculture* 1997, nr 16, s 245-254

Nilsson. M. (2009) Mjölkkor. Utgiven av Natur & Kultur, Stockholm. ISBN 978-91-27-41401-3

Oostra, H.H. (2005) Technical and Management Tools in Dairy Production – Improvement in Automatic Milking Systems and Detection of Cows with Deviating Behaviour. Doktorsavhandling, Nr 2005:11, Faculty of Landscape Planning Horticulture and Agricultural Science. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. ISSN 1652-6880 ISBN 91-576-7010-2

Pastell, M., Aisla, A.-M., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I. & Ahokas, J. (2008) Contactless measurement of cow behavior in a milking robot. *Behavior Research Methods*, 2006, vol 38, nr 3, s 479-486

Peiper, U.M., Edan, Y., Devis, S., Barak, M. & Maltz, E. (1993) Automatic Weighing of Dairy Cows. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1993, nr 56, s 13-24

Ranasinghe, R.M.S.B.K., Nakao, T., Yamada, K. & Koike, K. (2010) Silent ovulation, based on walking activity and milk progesterone concentrations, in Holstein cows housed in a free-stall barn. *Theriogenology* 2010, nr 73, s 942-949

SAC(2010) Produktinformation: Robotic Dairy System. [Online] Tillgänglig <http://www.sac.dk/getfile.php?objectid=1426828> 2010-04-23

Schaefer, A.L., Cook, N.J., Church, J.S., Basarab, J., Perry, B., Miller, C. & Tong, A.K.W. (2007) The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*, 2007, nr 83, s 376-384

Schulze, C., Spilke, J. & Lehner, W. (2007) Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks. *Computers and electronics in agriculture*, 2007, nr 59, s 39-55

Schön, P.C., Hämel, K., Puppe, B., Tuchscherer, A., Kanitz, W. & Manteuffel, G. (2007) Altered Vocalization Rate During the Estrous Cycle in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 2007, vol 90, nr 1, s 202-206

Street, M. J. (1979) A Pulse-Code Modulation for Automatic Animal Identification. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1979, nr 24, s 249-258

Svenska Akademien(2010) Svenska Akademiens Ordlista. [Online] Tillgänglig <http://www.svenskaakademien.se/web/Ordlista.aspx> 2010-05-06

Svensk Mjök (2010) Få flyt i Djurförsörjningen. Presentation av Ann Roth, Svensk Mjök på Svens Mjölks Mjölkföretagardagar 2010, (2010-01-28)

Svensk Mjök/Freja Husdjur (2010) Varför Kokontroll? [Online] Tillgänglig <http://www.semin.se/econtent/108> 2010-04-28

Svensson, A. (2006) Tvåstegsavvänjning av kötraskalvar med hjälp av nosbricka. Examensarbete på Veterinärprogrammet vid SLU, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Uppsala. ISSN 1652-8967

Swedberg, C. (2008) ZigBeef Offers Ranchers a Long-Distance Cattle Head Count. Artikel i RFID Journal 2008-02-21. [Online] Tillgänglig <http://www.rfidjournal.com/article/view/3935/1> 2010-04-27

Tomaszewski, M. A. (1993) Record- Keeping Systems and Control of Data Flow and Information Retrieval to Manage Large High Producing Herd. Department of Animal Science, Texas A&M University. *Journal of Dairy Science* 1993, nr 76, s 3188-3194

Trénel, P., Jensen, M.B., Decker, E.L. & Skjöth, F. (2009) Technical note: Quantifying and characterizing behavior in dairy calves using the IceTag automatic device. *Journal of Dairy Science*, 2009, vol 92, nr 7, s 3397-3401

Tru-Test Ltd.(2010) Produktinformation: MP-series – Multipurpose load bars. [Online] Tillgänglig http://www.algen.com/PDFs/Tru-TestMPLoadbars_brochure.pdf 2010-05-10

Tsenkova, R., Atanassova, S., Toyoda, K., Ozaki, Y., Itoh, K. & Fearn, T. (1999) Near-Infrared Spectroscopy for Dairy Management: Measurement of Unhomogenized Milk Composition. *Journal of Dairy Science*, 1999, vol 82, nr 11, s 2344-2351

Tsenkova, R., Atanassova, S., Kawano, S. & Toyoda, K. (2001) Somatic cell count determination in cow's milk by near-infrared spectroscopy: a new diagnostic tool. *Journal of Animal Science* 2001, nr 79, s 2550-2557.

Viking Genetics(2010) Produktblad: Heattime. [Online] Tillgänglig <http://www.vikinggenetics.com/sv/produktblad/Produktblad%20Heattime%20SE.pdf> 2010-04-15

ZigBeef (2010) ZigBeef long range cattle RFID- The Z2 RFID system. [Online] Tillgänglig http://www.zigbeef.com/cattle_rfid.html 2010-04-27

PERSONLIGA MEDDELANDEN

Birk, U.(2010) E-postmeddelande från Uzi Birk, ansvarig för Research & Innovation på DeLaval International. 2010-05-09

Karlsson, M. Anställd på VMS-enheten, Hamra. Samtal 2010-05-09

Magnusson, M. Forskare LBT, SLU, Alnarp. Samtal 2010-04-23