

Slutrapport

Förbättrad avelsvärdering av juverhälsa hos mjölkkor med hjälp av testdagsmodeller

*Sökande: Erling Strandberg, Professor
Institutionen för husdjursgenetik, SLU, Box 7023, 75007 Uppsala*

Bakgrund

En grundpelare i såväl den svenska som den nordiska avelsprofilen är att vi lägger väsentlig vikt även vid icke-produktionsegenskaper, först och främst vid reproduktion och hälsa. Mastit är den klart viktigaste av hälsoegenskaperna, dels p.g.a. de stora ekonomiska kostnader som är förknippade med ett enskilt fall, dels beroende på att mastit är vanligt förekommande. Dessutom är juverproblem den vanligaste utslagningsorsaken för mjölkkor (Svensk_Mjolk, 2006).

Sverige har sedan länge legat långt framme vad gäller avelsvärdering och avelsurval för juverhälsa. Detta beror på att vi sedan många år har avelsvärdering för såväl celltal som behandlingar för klinisk mastit baserade på stora dottergrupper. I urvalet av tjurar har man hittills använt medelcelltalet baserat på provmjölkkningsuppgifter under de första 150 dagarna i laktationen samt uppgift om kon behandlats för mastit under perioden från 10 dagar före kalvning till 150 dagar in i laktationen.

I länder utanför Norden har man traditionellt inte lagt stor vikt vid hälsoegenskaper, och man har heller inte tillgång till uppgifter om sjukdomsbehandlingar. Den nordiska avelsprofilen har emellertid fått allt större genomslag och intresset för att genetiskt förbättra hälsoegenskaperna har vuxit internationellt. Eftersom man saknar direkt information om mastit kommer man istället att satsa på att utveckla en bättre metodik för att avelsvärdera för celltal, som är en indirekt markör på mastit.

Både mjölkavkastning och celltal är exempel på vad som inom statistiken kallas för ”longitudinella data”, d.v.s. en egenskap som förändras över tiden och som kan påverkas av tiden (t.ex. laktationsstadium, säsong). Det finns en stark internationell trend mot att utveckla s.k. testdagsmodeller (eng. ”test-day models”, TDM), modeller där man använder sig av uppgifter från enskilda provmjölkningar (testdagar) och anpassar en matematisk funktion till dessa. Detta gäller framför allt för mjölkavkastning där nu ett stort antal länder har utvecklat och använder avelsvärderingsmodeller som passar för deras situation (<http://www-interbull.slu.se>). Vid tidpunkten för ansökan fanns det emellertid också exempel på länder som börjat använda TDM i avelsvärderingen för celltal (Kanada) och andra som funderade på att införa TDM (t.ex. Finland, Danmark). Enligt vår mening är dock celltal en betydligt mer komplex egenskap än mjölkavkastning och vi tror inte att man bara kan ta en modell som kanske fungerar väl för mjölk och använda den rakt upp och ner för celltal.

Det finns många skäl för att använda TDM för såväl mjölkavkastning som celltal och vi kommer att beskriva de viktigaste nedan. I Sverige användes inte TDM för någon egen-

skap när projektet startades. För att inte riskera att hamna i bakvatten i avelsvärderingen för hälsoegenskaper ansåg vi det viktigt att vi bygger upp kunskap och kompetens inom detta område och inför modernare metoder i vår avelsvärdering. Även i det nordiska samarbetet (där det finns en tendens till en övergång till TDM) är det viktigt att vi i Sverige har kompetens och erfarenheter att bidra med till en gemensam avelsvärdering, bl.a. inom området för testdagsmodeller. Detta projekt är en del i en sådan kompetensuppbyggnad. Vi menar att en TDM bara är början på en förbättrad avelsvärdering och rådgivning för juverhälsa baserad på celltal, men också en förutsättning för att man ska kunna gå vidare. Därför är det kanske ännu viktigare att studera och utveckla en TDM för celltal än för mjölkavkastning.

Varför testdagsmodeller?

Det finns en mängd skäl till varför man vill använda sig av TDM istället för de metoder man tidigare använt och vi ska försöka beskriva de viktigaste.

- Man kan på ett bättre sätt korrigera för miljöfaktorer som påverkar testdagens mätningar, som säsongberoende faktorer eller effekter specifika för den enskilda besättningen vid testdagen (Swalwe, 2000, Jensen, 2001).
- Man kan hantera att såväl den genetiska som den miljömässiga variationen kan vara olika i olika delar av laktationen, s.k. *heterogen varians*. Om variationen är olika kan detta leda till att *arvbarheten* också varierar över laktationen, något som hanteras automatiskt i en TDM.
- Den *genetiska korrelationen* mellan celltal i olika delar av laktationen behöver inte vara 1.0. Med andra ord kan celltal i början och i slutet av laktationen vara delvis olika egenskaper genetiskt sett (Petim-Batista et al., 2002). Dessutom kan sambandet mellan celltal och klinisk mastit vara olika i olika delar av laktationen.
- Genom att använda all information så fort den är tillgänglig kan man få en snabbare avelsvärdering och därmed sänka generationsintervallet något. Med en TDM behöver man inte vänta tills döttrarna kommit t.ex. 150 dagar in i laktationen utan man kan använda information även från döttrar som har färre provmjölkningar. Man kommer dessutom att väga den olika informationsmängden (p.g.a. olika antal provmjölkningar) korrekt.

Det finns också andra fördelar med en TDM som inte direkt berör avelsvärderingen eller avelsframsteget utan som har med rådgivning eller skötsel att göra.

- Skattningar av testdagseffekter för besättningen kan jämföras med medeltestdagseffekter för alla besättningar för att beskriva ev. problem besättningen kan ha under *vissa perioder under året*.
- Man kan tänka sig att skatta en celltalskurva specifik för besättningen (ev. inom år) (de Roos et al., 2002) vilken också kan jämföras mot en normalkurva för att undersöka om besättningen har problem under *vissa delar av laktationen*.

Målsättning

Målet med detta projekt var att förbättra avelsvärderingen för juverhälsa genom att utveckla en väl fungerande testdagsmodell för celltal. **Hypotesen** var att en TDM ger en högre arvbarhet och en starkare genetisk korrelation med mastit, än den nuvarande avelsvärderingsmodellen. Båda dessa faktorer leder till att man får ett bättre genetiskt framsteg för mastit med en TDM.

En annan målsättning var bygga upp kunskap och kompetens inom området vilket kan utgöra en grund för vidare utveckling av avelsvärderingen samt för ökat samarbete inom Norden och internationellt.

Material och metoder

Det material vi har använt är provmjölkningssuppgifter från kokontrollen som erhållits från Svensk Mjök. Projektet försenades ca 1 år p.g.a. att avtalssituationen för att vi skulle erhålla data var oklar. En stor del av tiden har, som alltid när man har stora datamängder, använts till att korrigera och göra begränsningar i data. Av beräkningsmässiga skäl valdes en mindre mängd data ut, första-laktationskor under 1999-2000 i ca en tredjedel av besättningarna, för skattning av genetiska parametrar.

Ett flertal modeller har testats med olika nivåer på de slumpmässiga regressionerna för både den genetiska delen och den permanent miljömässiga. En individuell djurmodell (animal model) visade sig vara omöjlig att använda för parameterskattning med vår nuvarande datorkapacitet. Våra resultat baseras på en laktationskurva specifik för varje tjur tillsammans med en kurva för varje dotter inom laktation. Den första beskriver en fjärdedel av den genetiska variationen, medan den senare beskriver resten av den genetiska variationen samt den icke-genetiska permanenta effekten inom ko. Modellen vi använde kan beskrivas som:

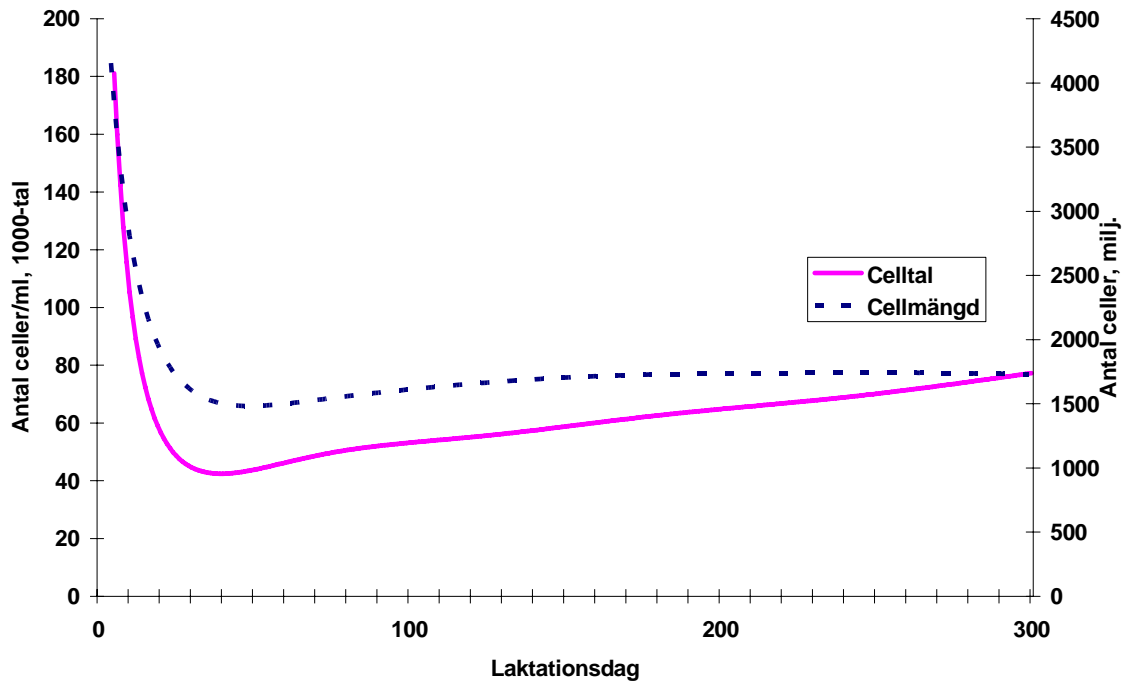
$$y = \mu + \text{kålder} + \text{bes.testdag} + \sum_{i=1}^{10} b_i D^i + \sum_{j=1}^n s_j D^j + \sum_{k=1}^m p e_k D^k + e$$

där effekt av kalvningsålder och besättnings-testdag också ingår. I ekvationen står y för celltalet vid en viss dag D i laktationen. Den första regressionen beskriver en medellaktationskurva för celltal medan de nästa två beskriver tjurens resp. korns laktationskurva för celltal. Antalet regressionskoefficienter (n resp. m) som behövdes för att på ett bra sätt beskriva laktationskurvan bestämdes till 3 för tjurkurvan och 4 för ko-kurvan, dvs den högsta termen är dagar upphöjt till fyra. Rent tekniskt använde vi s.k. Legendre-polynom vilka är bättre att använda i denna typ av analys än vanliga polynom, eftersom de är oberoende av varandra, vilket underlättar för skattningsprogrammet att komma till en lösning.

Resultat och diskussion

Medellaktationskurvan för celltal är i stort sett en spegelbild av laktationskurvan för mjölkavkastning (Figur 1). Vår hypotes att *cellmängden* skulle ha en mer flack medelkurva stämde delvis, men även denna kurva hade samma form i början av laktationen.

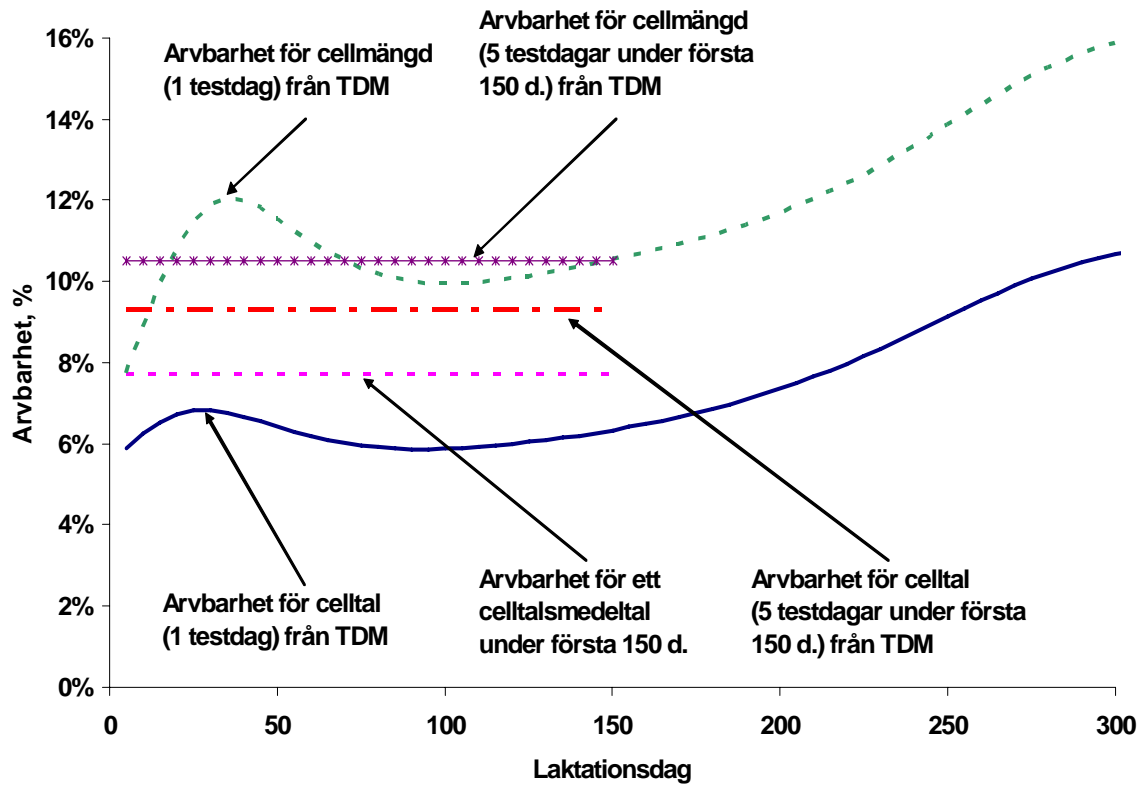
Arvbarheten för celltal mätt en viss dag i laktationen var i tidig laktation något lägre än arvbarheten för ett medeltal av celltalen under de första 150 dagarna, ca 8% (det mått som används idag) (Figur 2). Arvbarheten ökar med senare laktationsstadium, något man även funnit i Norge (Odegard *et al.*, 2003). Dessutom verkar det finnas något högre arvbarhet ca 1 månad in i laktationen.



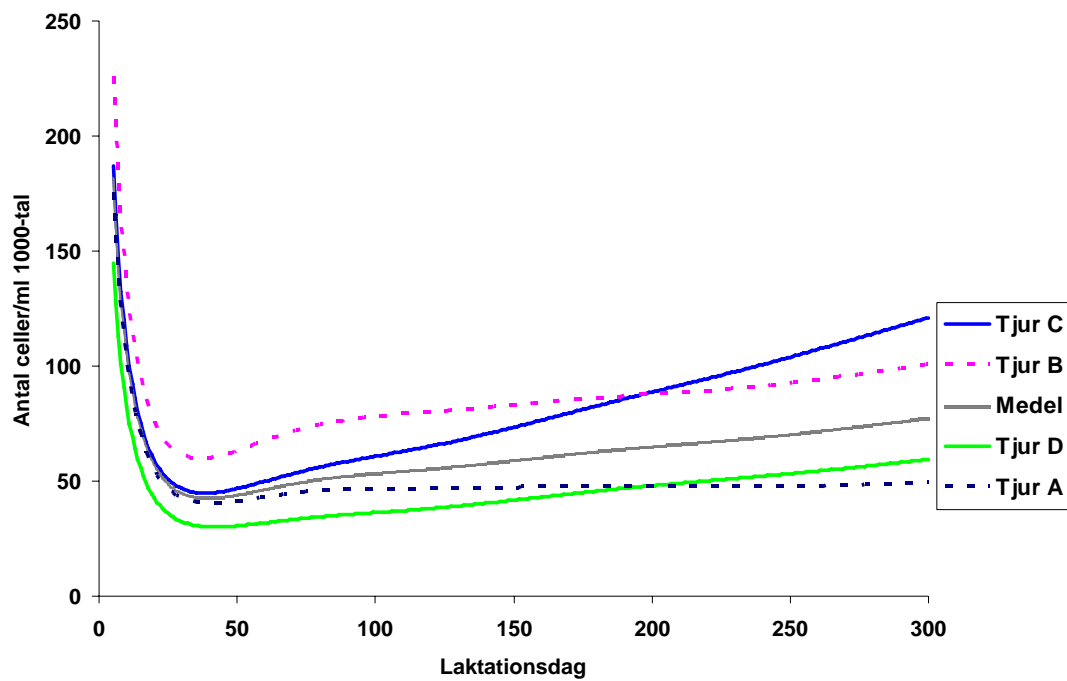
Figur 1. Medellaktationskurva för celltal och cellmängd.

Om man räknar om arvbarheten från testdagsmodellen till att också baseras på 5 testdagar, får man en arvbarhet på något högre nivå (9,3 %) än när man beräknat ett laktationsmedeltal av celltal först och sedan skattat arvbarheten (7,7 %, nuvarande situation). Testdagsmodellen kan alltså förväntas ge en något högre arvbarhet och därmed också högre säkerhet i avelsvärderingen. Man ska dock tänka på att även om arvbarheten ökat med 20%, så ökar säkerheten i tjururvalet bara med 2-3 % när man har 150 eller 100 döttrar och i kourvalet med ca 10 %. Arvbarheten för cellmängd från en testdagsmodell (10,5 %) blev något högre än för celltal (koncentrationen celler) vilket antyder att denna egenskap skulle kunna vara värdefull att studera vidare (Figur2).

Ett annat sätt att beskriva den genetiska variationen är att beskriva celltalskurvorna som man förväntar sig hos dottrarna till en viss tjur. I Figur 3 är kurvorna för fyra tjurar återgivna med olika avelsvärden för de första två avelsvärdena som beskriver kurvan. Tjur A och D har låga värden för allmänna nivån, medan B och C har höga värden. Tjur A och B har ett lågt värde för den linjära förändringen, medan tjur C och D har ett högt värde. Genom att jämföra de olika tjurarnas kurvor kan man se att vissa har högre celltal i början (t.ex. B) medan andra har höga celltal i slutet av laktationen (C). Det förväntade celltalet såväl i början som i slutet av laktationen kan skilja med nästan 70 000 celler/ml mellan två tjurars dottergrupper.

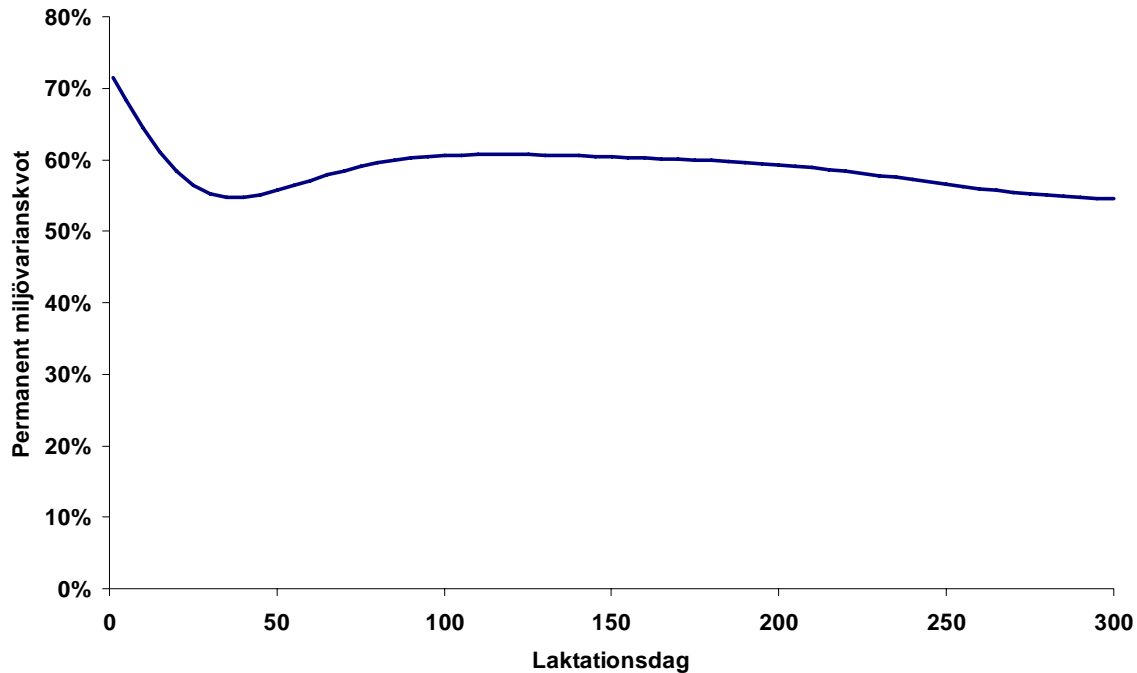


Figur 2. Arvbarhetsskattningar för olika modeller och egenskaper.



Figur 3. Förväntade celltalskurvor för fyra tjurars dottergrupper.

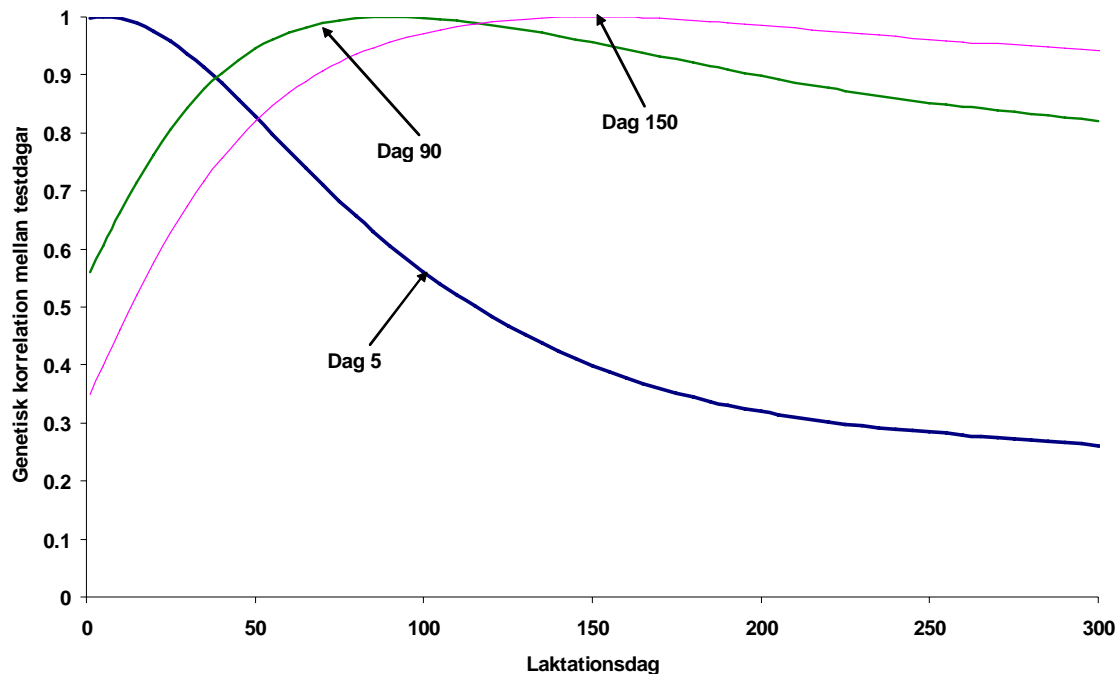
På samma sätt som man kan beräkna en arvbarhet som den additiva variansens andel av den totala variationen, kan man beräkna hur stor andel av totalvariationen som förklaras av kon (en icke-genetisk effekt). Detta kallas ofta för permanent miljövariation, eftersom kon är densamma under hela laktationen. Denna kvot är betydligt högre än arvbarheten, runt 60 %, och ännu högre i början av laktationen (Figur 4). Denna del ingår ju automatiskt i ett beräknat medelvärde av t.ex. de fem första testdagarnas celltal, men är inte genetisk. I en TDM kan man däremot skilja dessa effekter åt för varje testdag.



Figur 4. Variansen för icke-genetisk permanent effekt av ko som andel av den totala variationen, som funktion av laktationsstadium.

Med testdagmodellen kunde vi också studera om celltal är samma egenskap i olika delar av laktationsperioden. Detta kan uttryckas som en genetisk korrelation mellan celltal för en del av laktationen med resten av laktationen (Figur 5). I figuren ser man t.ex. att korrelationen mellan celltal vid dag 5 och senare stadier sjunker ganska snabbt och går ner till ca 0,4 vid 150 dagar. Detta innebär att en av förutsättningarna för nuvarande avelsvärdering, nämligen att celltalet under de första 150 dagarna genetiskt är samma egenskap, denna förutsättning är inte uppfylld.

Å andra sidan är korrelationen ganska hög inom de första 50 dagarna och även mellan t.ex. celltalet vid 90 eller 150 dagar och senare tidpunkter. Allt sammantaget, skulle detta kunna tolkas som att den nya definitionen av egenskaper inom den nordiska avelsvärdering (mastit under de första 50 dagarna och från dag 51 till 300) troligen beskriver två olika typer av sjukdomsresistens genetiskt sett. Det kan bero på att det är delvis olika typer av patogener och även försvarsmekanismer som är viktiga i olika delar av laktationen.



Figur 5. Genetisk korrelation mellan celltal vid olika testdagar. Kurvorna visar korrelationen mellan å ena sidan celltal vid 5, 90 och 150 dagar med resten av laktationsperioden.

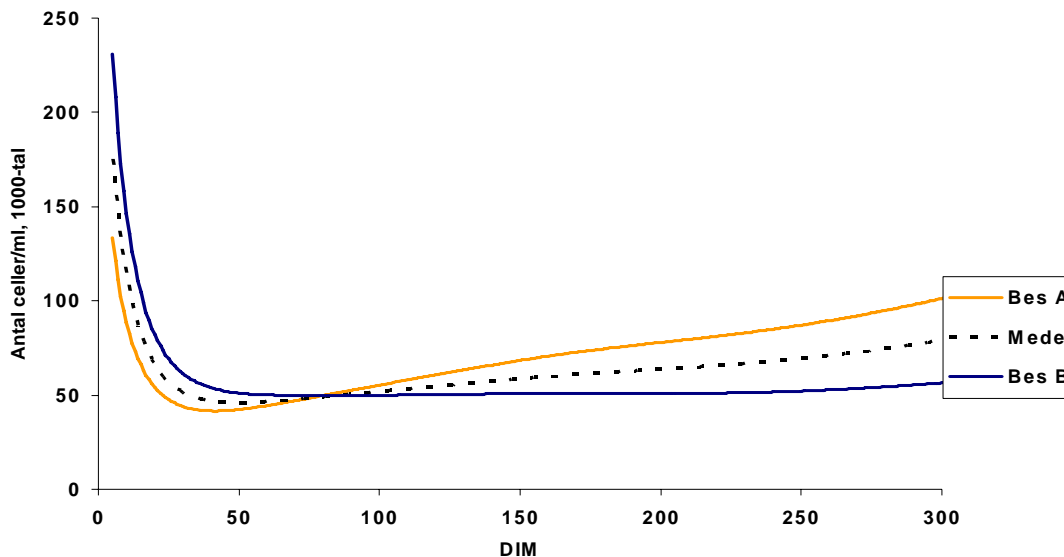
Korrelationen mellan skattade avelsvärden för mastit och olika skattade avelsvärden för celltal och cellmängd visas i Tabell 1. Vi fann en starkare korrelation mellan avelsvärden för mastit under tidig laktation och avelsvärden för såväl celltal som cellmängd från en TDM (0,28 och 0,34), än om vi använde det traditionella sättet för avelsvärdering (beräkna ett medeltal först) (0,14). Vi fann samma tendens för korrelationen mellan mastit och celltal eller cellmängd, när egenskaperna var mätta senare under laktationen.

Tabell 1. Korrelation mellan skattade avelsvärden för mastit och cellmängd eller celltal från olika modeller. De olika egenskaperna är mätta före 50 dagar eller mellan 51 och 300 dagar i laktationen (så som det kommer att göras i den nya nordiska avelsvärderingen).

	Mastitegenskap	
	≤50 dagar	51-300 dagar
Cellmängd från en TDM, ≤50 dagar	0,34	0,34
Cellmängd från en TDM, 51-300 dagar	0,27	0,39
Celltal från en TDM, ≤50 dagar	0,28	0,28
Celltal från en TDM, 51-300 dagar	0,17	0,30
Medeltal av celltal, ≤50 dagar	0,14	0,17
Medeltal av celltal, 51-300 dagar	0,13	0,22

Eftersom korrelationerna är mellan skattade avelsvärden med relativt låg säkerhet, blir korrelationerna ganska låga i dessa beräkningar, jämfört med vad man skulle få i ett större datamaterial, men skillnaden mellan de två metoderna ger ändå en indikation om att en TDM ger en bättre skattning av mastit, såväl tidigt som sent i laktationen. Dessutom, verkar cellmängd vara en intressant egenskap att studera vidare, eftersom den både har högre arvbarhet (Figur 2) och en högre korrelation med mastit (Tabell 1).

I en variant av den statistiska modellen hade vi en laktationskurva specifik för varje besättning. Tanken med denna modell var att man skulle kunna få en bild av ifall vissa besättningar har högre celltal t.ex. i början eller i slutet av laktationen än medelbesättningen. Detta skulle kunna användas som ett verktyg för att förbättra t.ex. mjölkningsrutiner och skötsel kring kalvning eller i tidig laktation, eller leda till en översyn av sinläggningsrutiner. I Figur 6 visas några exempel på besättningsspecifika laktationskurvor. Besättning A har låga celltal i början av laktationen men har sedan en kraftig ökning. Detta står i klar motsättning till besättning B som har höga värden i början av laktationen men sedan har en låg och jämn nivå. Även om båda kan betraktas som "problembesättningar" så är det helt olika problem och därmed olika åtgärder som behövs för att komma tillrätta med problemen.



Figur 6. Förväntade celltalskurvor för två olika besättningar.

Slutsatser

Arvbarheten för celltal och särskilt cellmängd från en TDM var högre än från den traditionella modellen. Detta innebär en ökning av säkerheten med 2-3 % tjururvalet och ca 10 % kourvalet. Vi fann en starkare korrelation mellan avelsvärden för mastit under tidig laktation och såväl celltal som cellmängd från en TDM än om vi använde en traditionell modell. Vi fann samma tendens senare under laktationen. Slutsatsen blir att en TDM för celltal eller cellmängd ger en högre arvbarhet och en högre genetisk korrelation med mastit, än den traditionella avelsvärderingsmodellen. Detta bör leda till ett högre genetiskt framsteg för motståndskraft mot mastit.

Publikationer och resultatförmedling

Arbetet med att utveckla modellen har skett i nära samarbete med forskare vid Svensk Mjök (Kjell Johansson) och därmed har en stor del av kunskapsförmedlingen skett under projektets gång, precis som var planerat. Eftersom dataeditering m.m. tog mycket längre tid än vad som gick att förutse, har ännu inte tillräckligt med resultat kommit fram för en vetenskaplig presentation men projektet pågår, nu med SLU-finansiering.

Resurser och kostnader

Huvuddelen av arbetet i projektet har utförts av Katja Grandinson, som anställdes som forskare i juli 2003 med handledning från Erling Strandberg. Från och med 2005 anställdes KG som forskarasistent vid SLU och behövde inte utnyttja SLF-pengar längre. En del av arbetet med data och analyser utfördes av en doktorand, Emma Carlén, men KG fortsatte också att arbeta med projektet, och gör så fortfarande.

Fortsatt forskning

Projektet kommer att fortsätta, nu med SLU-finansiering, med att vidareutveckla testdagsmodellen. De redovisade resultaten bygger på en del av datamaterialet och vi kommer att utnyttja mera av tillgängliga data för att validera de nuvarande resultaten. Vi kommer också att skatta genetiska korrelationer mellan mastit och celltal/mängd simultant, dels med mastit som en eller flera egenskaper under laktationen, dels med mastit också analyserat med en testdagsmodell.

Litteratur

- de Roos, A. P. W., A. G. F. Harbers, and G. de Jong. 2002. Herd specific random regression curves in a test-day model for protein yield in dairy cattle. *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. CD-ROM communication no.:*01-05
- Jensen, J. 2001. Genetic evaluation of dairy cattle using test-day models. *J. Dairy Sci.* 84:2803-2812
- Odegard, J., J. Jensen, G. Klemetsdal, P. Madsen, and B. Heringstad. 2003. Genetic Analysis of Somatic Cell Score in Norwegian Cattle Using Random Regression Test-Day Models. *J. Dairy Sci.* 86(12):4103-4114
- Petim-Batista, F., J. L. Foulley, C. Robert-Granié, A. Silvestre, and J. Colaco. 2002. SCS analysis in Portuguese dairy cows using random coefficients models. *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. CD-ROM communication no.:*17-04
- Swalwe, H. H. 2000. Theoretical basis and computational methods for different test-day genetic evaluation methods. *J. Dairy Sci.* 83:1115-1124
- Svensk_Mjök. 2006. Husdjursstatistik 2006. *Svensk Mjök, Box 210, 101 24 Stockholm.*