

Slutrapport för projekt H930015

Utveckling av modeller för NorFor plan för beräkning av optimal utfodringsnivå till högt avkastande mjölkkor i Skandinavien

J. Bertilsson, R. Spörndly, B-O Rustas

Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV), SLU, Uppsala

Bakgrund

NorFor Plan används idag allmänt som planeringsverktyg för utfodring av mjölkkor i Danmark, Sverige och Norge. Speciellt med den ekonomiska verklighet som nu gäller, där variationerna i pris för både mjölk och foder är mycket större än vi tidigare varit vana och med den snabba ökningen i besättningsstorlek är den här typen av hjälpmedel viktiga. För detta ändamål har forskare i Danmark, Norge och Sverige arbetat inom ett samordnat forskningsprojekt med mål att utveckla NorFor för att öka precisionen i ekonomiska optimeringar. En samlad nordiska ansökan lämnades in i juni 2009 av Sören Östergaard till ”Dansk Kvaeg og Forskningsudvalg for kvaeg, forskningssekretariatet”. För den svenska delen lämnades ansökan till ”Stiftelsen Lantbruksforskning, mjölkproduktion”.

För att kunna beräkna foderstater med NorFor så behövs information om fodret, t. ex. kemisk sammansättning, nedbrytbarhet för olika fraktioner samt partikellängd. Detta kombineras med kunskap om djuren (vikt, ras, laktationsstadium och avsedd avkastning). Lösningen förutsätter att kostnaderna minimeras för avsedd foderstat. Sådana foderstater blir sällan ekonomiskt optimala. För att kunna göra en invändningsfri optimering, så behövs ny kunskap om respons i mjölkproduktion på t.ex. förändringar i tillförsel av energi vid olika laktationsstadier och för olika åldrar och raser. Hur deponering och utnyttjande av kroppsfett inverkar, samt hur utfodring under en period påverkar avkastningen under följande perioder är också viktigt att ta med i beräkningarna.

Målet för det här projektet har varit att utveckla modeller för hur mjölkproduktionen svarar på variation i foderintag (ts, nettoenergi) för att möjliggöra att sådana modeller i framtiden kan användas för mest ekonomisk utfodring av mjölkkor.

Material och metoder

Effekt på mjölkavkastning av olika utfodringsnivå för nettoenergi

Ett dataset sammanställdes som bestod av 210 behandlingsmedelvärden som kom från 13 olika utfodringsförsök utförda i Danmark, Norge och Sverige. Förutsättningarna för att ett försök skulle tas med var att korna hade fri tillgång till åtminstone grovfodret, att utfodringsnivån var oberoende av aktuell avkastning, samt att det planerades för olika utfodringsnivåer inom försöket. Försöken utfördes mellan 1998 och 2010 på forskningsstationer där registreringar

gjordes för verklig foderkonsumtion samt för mjölkavkastning och levande vikt. Raser som fanns företrädda var Holstein, svensk, norsk och dansk röd boskap samt dansk Jersey. Det samlade datamaterialet grupperades i 6 undergrupper beroende på laktationsnummer (förstakalvare eller äldre kor) samt laktationsstadium, dagar i laktation (DIM), enligt följande: tidig = 1 till 100; medel = 101 till 200; sen = 201 till 300. DIM för en behandlingsgrupp beräknades som medeltalet för försöksperioden. Bland försöken fanns såväl försök med fullfoder (TMR), där delar av fodret blandats samt där grovfoder och kraftfoder utfodrats separat. Grovfodret utgjordes av gräs, blandningar gräs och klöver, majs, lusern, helsäd av korn samt ammoniakbehandlad halm. I kraftfodren ingick korn, havre, rapskaka, ärter, torkad betmassa, melass och urea. Kraftfoderandel varierade mellan 0 och 85 % på ts-basis.

Som beroende variabel i analysen användes daglig mjölkavkastning mätt som ECM. Energivärden i alla foderstater beräknades med hjälp av NorFor för att få jämförbara data från alla länder. De djurdata som lades in i analysen var uppgifter om djuren som ras, laktationsnummer, levande vikt, dagar efter kalvning samt uppgift om djurhållningssystem (lösdrift kontra uppbundna kor). Dessutom ingick uppgifter om mjölkavkastning och foderintag. När analyserna inte var enligt NorFors krav användes värden för liknande foder från NorFors fodertabell. I NorFor beräknas nettoenergi för mjölkproduktion (NEL) från omsättbar energi med NorFors uppgifter om smältbarhet för protein, fett och kolhydrater multiplicerat med förhållandet mellan omsättbar energi och bruttoenergi.

Statistiska beräkningar och skattning av olika parametrar gjordes med det statistiska systemet "R", och en jämförelse gjordes hur stor del av den totala variationen som förklarades med den aktuella modellen.

Effekt på viktsförändringar av olika energiintag hos mjölkkor

Beräkning av responser i levande viktsförändringar är viktig när man gör ekonomiska optimeringar av foderstater. Trots att energivärdet i en viktsförändring är liten jämfört med behovet för mjölkproduktion, så är mobiliseringen av energi från kroppen i början av laktationen och deponeringen längre fram i laktationen av både direkt och indirekt ekonomisk betydelse. Dessutom är stora kropsviktsförändringar negativt för djurhälsan och anses ha stor betydelse för fertiliteten.

Det är ont om publicerade undersökningar av respons i kroppsvikt av olika energiintag hos mjölkkor. Även med frekventa vägningar, varierar levande vikten mycket från dag till dag. För att komma ifrån detta så lades levande vikten i våra undersökningar in i matematiska funktioner som bygger på tidsserier. Syftet med undersökningen var att skatta effekten av ökande energiintag på viktsförändringarna under de första 100 dagarna av laktationen.

Ett dataset bestående av 78 behandlingsmedelvärden sammanställdes med data från 6 olika försök i Danmark, Norge och Sverige. Kraven för att data skulle tas med i analysen var att kor utfodrades *ad lib.*, att den planerade utfodringen inte hade något samband med aktuell

mjölkavkastning och att det var planerat att ge korna olika energitilldelning. Dessutom skulle försöket täcka större delen av de första dagarna av laktationen. Alla försök var kontinuerliga och utförda på försöksstationer med registrering av de individuella kornas foderintag, mjölkavkastning och levande vikt. Raser var Holstein, samt norsk och svensk röd boskap. Det fanns med såväl utfodring med fullfoder, delvis blandat foder som separat utfodring. Som grovfoder användes gräsensilage, klöver/gräs-ensilage, majsensilage, helsädsensilage av korn samt ammoniakbehandlad halm. Kraftfoderingsredienser var korn, havre, rapskaka, ärter, torkad betmassa, melass och urea.

Beräkning av foderstaternas sammanfattning gjordes med hjälp av NorFor på liknande sätt som ovan beskrivna analyser av mjölkproduktionen. Data om vägningar av kon anpassades individuellt för varje ko till en kurva med hjälp av såväl lineära som kvadratiska effekter av DIM. Vikten beräknades för 30, 60 och 90 DIM. Viktsförändringar skattades som skillnad i vikt mellan de olika tidpunkterna.

Kvardröjande effekter av utfodring under en period av laktationen på mjölkavkastning och levande vikt under senare delar av samma laktation

Ekonomiska optimeringar av utfodring av mjölkkor, kräver kännedom om de marginella responserna på förändringar i näringstillförseln. Det finns emellertid inte bara direkta effekter av olika tillförsel av foder. Olika studier har visat att effekter av utfodring under tidig laktation kan påverka hela laktationen. Dessutom kan utfodring under sinperioden påverka och även kan en effekt ses mellan laktationer. På grund av "lagen om avtagande merutbyte" så är effekterna av underutfodring större än effekterna av överutfodring. Studierna som dagens rekommendationer baseras på är gamla åtminstone 30 år eller mera, och stora förändringar har skett sen dess vad gäller djurmateriell samt skötsel och utfodring av mjölkkor. Vi har därför försökt att sammanställa nyare studier, med syfte att få fram uppgifter om hur kvardröjande effekter från utfodring i början av laktationen påverkar avkastningen under hela laktationen.

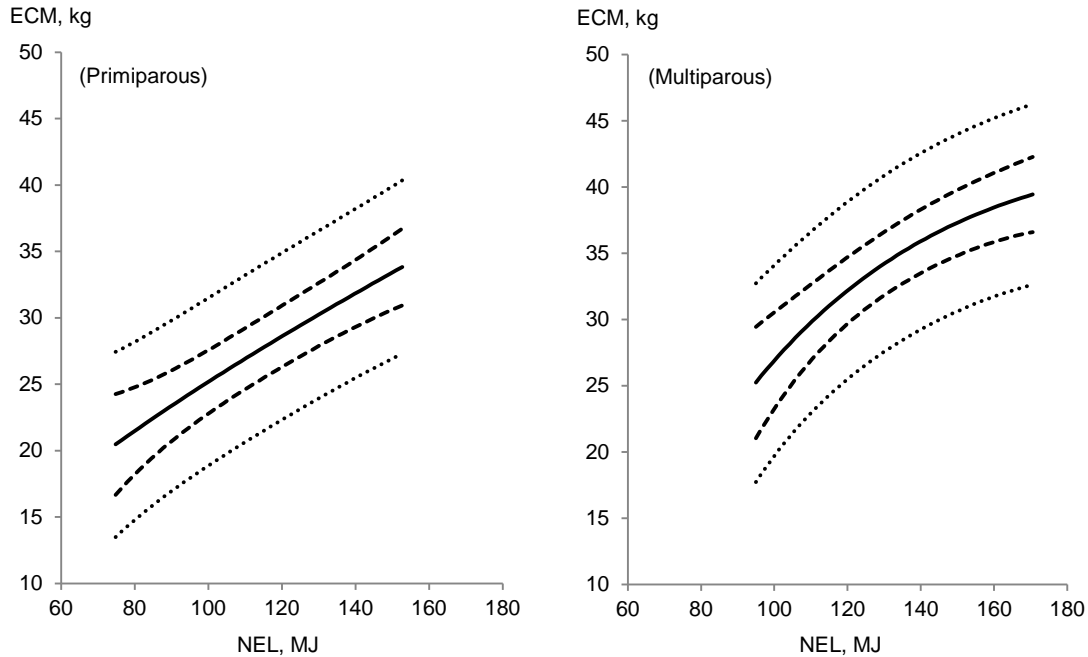
Vi bestämde oss för att använda artiklar publicerade från 1980 och framåt. Upplägget av försöket skulle innehålla en förändring av energitilldelningen under laktationen. Mjölkproduktion och fodertilldelning skulle finnas publicerad både för hela försöket, liksom periodernas längd. Vi hittade 9 artiklar som uppfyllde dessa krav. Vi skiljde på direkta effekter och kvarvarande effekter. De förra var skillnaden mellan behandlingar behandlingsgrupper under försöksperioden. Kvardröjande effekter beräknades som skillnaden mellan behandlingsgrupper som under tidigare del av laktationen har utfodrats olika. Eftersom längden på efterperioden varierade mycket så dividerades skillnaden i produktion med antalet dagar under efterperioden, dvs. eftereffekten presenteras som mjölkproduktion i kg/dag.

Resultat

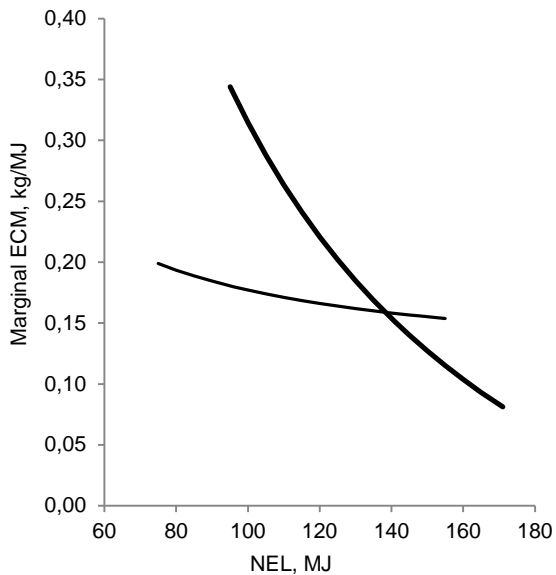
Effekt på mjölkavkastning av olika utfodringsnivå för nettoenergi

Det var stor variation i foderintag och ECM-produktion för de insamlade data. För förstakalvare respektive äldre kor i början av laktationen var konsumtionen av kg torrsbstans foder per ko och dag i medeltal 18,1 (variation 12,0 – 22,7) respektive 21,7 (variation 15,7 – 26,0). Motsvarande siffror för energi intag (NEL, MJ) var 115 (variation 75 – 154) respektive 136 (variation 95 – 171). Medeltal för mjölkavkastning (kg ECM/ko/dag) var 26,6 (variation 15,3 – 36,1) och 33,0 (variation 20,8 – 44,4).

I analysen av data utvecklades modeller som visade hur olika tillförsel av nettoenergi påverkade responsen i mjölkproduktion. Analysen visade att det fanns signifikanta, icke-linjära responser av intag av NEL, transformerad med den naturliga logaritmen, för äldre kor både i tidig laktation och i mittlaktation. För första-kalvare kunde linjära effekter påvisas i tidig laktation. Skillnader mellan kor i olika laktationsnummer kunde påvisas såväl för modeller baserade på intag mätt som kg torrsbstans som intag av NEL. För äldre kor var responsen i ECM högre än för förstakalvare. Effekten av ras var skiljde inte. Nivån var olika, men responskurvorna var parallella. I analysen påvisades ett starkt samband mellan intag av foder (ts) och mjölkavkastning. Sambanden blev starkare om NEL inkluderades i modellen. Genom att ta med olika beskrivningar av näringsintag som beräknas i NorFor, så blev modellen säkrare. En responskurva som visade minskande respons i ECM-produktion beräknades, där en kurvlinjär effekt av NEL samt koncentrationer (per MJ NEL) av NDF, AAT och fettsyror ingick (Figur 1). Därmed visades tydligt det avtagande marginalutbytet av ökande energitillförsel (figur 2). De utvecklade responsmodellerna kan inkluderas och användas vid ekonomisk optimering av energinivån i foderstater för mjölkkor i tidig laktation.



Figur 1. Beräknad respons i mjölkproduktion (—) på ökat intag av nettoenergi (NEL, MJ) för första-kalvare (primiparous) och äldre kor (multiparous) i tidigt laktationsstadium. Streckade linjer visar beräknat intervall för medeltal (---) och beräknat medeltal för nya observationer (····). ECM respons baseras på modeller som inkluderar NEL, ln(NEL), NDF/MJ, AAT/MJ, CFat/MJ.

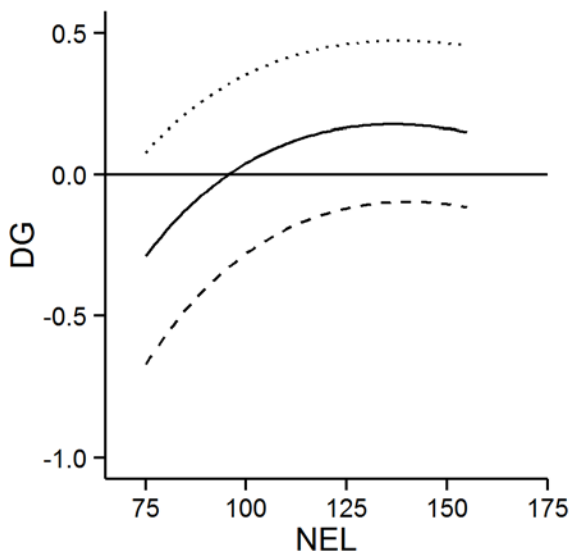


Figur 2. Marginell mjölkproduktion för ökning i intag av NEL för förstakalvare (—) och äldre (---) kor i tidig laktation.

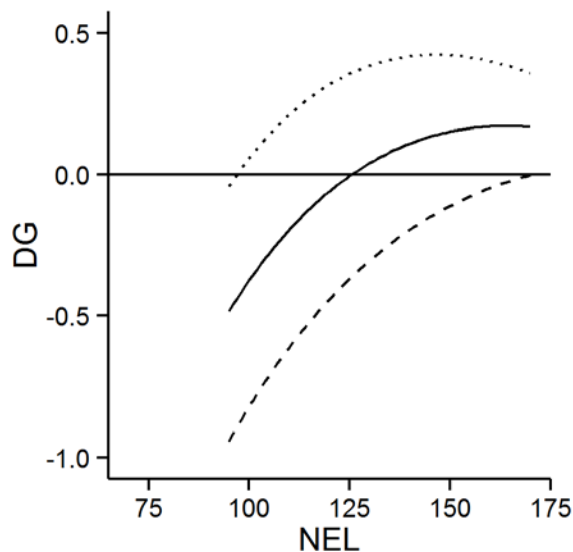
Effekt på viktsförändringar av olika energiintag hos mjölkkor

Det var stor variation i intag av NEL. För förstakalvare var det i medeltal 116 MJ (variation 75 – 154) och för äldre kor 138 MJ (variation 95 – 171). Med hjälp av analysen av levande viktsförändringar hos kor i produktionsförsök i Danmark, Norge och Sverige så utvecklades modeller för att förutsäga viktsförändring fram till 30, 60 och 90 dagar i laktationen. Responsen i viktsförändring för NEL-intag var ökande linjär i avtagande grad för båda kategorierna. Dock hade äldre kor större viktsförluster vid lågt NEL-intag, men också större respons för ökande NEL-intag vid jämförelse med förstakalvare. Viktsförändringen för äldre kor var högre för kor 30 dagar efter kalvning än vid 60 eller 90 dagar efter kalvning och var som lägst 90 dagar efter kalvning. Modellerna inkluderade bara effekten av NEL-intag och det var inga effekter av att inkludera några näringskomponenter utöver detta. I analysen kunde man inte påvisa några skillnader mellan de danska kor av raserna Holstein, Jersey och Röd boskap (Figur 3 och 4)..

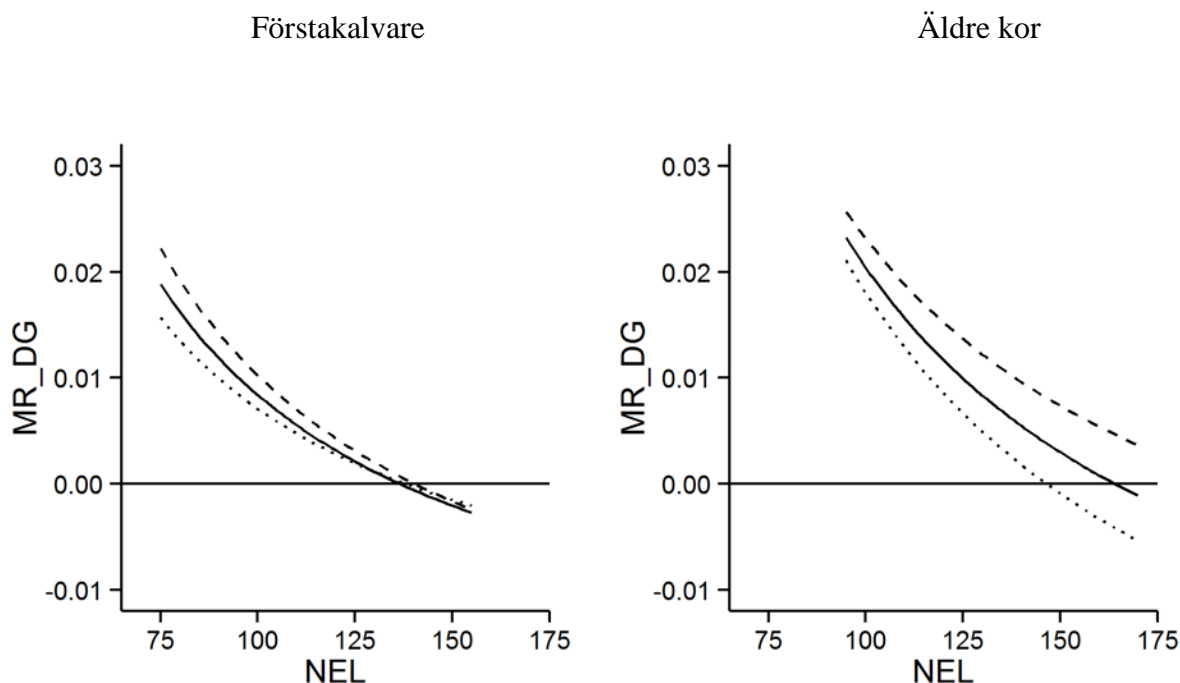
Förstakalvare



Äldre kor



Figur 3. Beräknad daglig viktsförändring (DG) i kg som respons på ökat NEL-intag (MJ) för förstakalvare och äldre kor baserat på en regressionsmodell med NEL och $\ln(\text{NEL})$ som fixa effekter. De tre kurvorna visar DG vid DIM 30 dagar (---), DIM 60 dagar (—) and DIM 90 dagar (···).



Figur 4. Marginell daglig tillväxt (MR_DG) som respons (kg/dag) på intag av nettoenergi (MJ) för förstakalvare och äldre kor baserat på en regressionsmodell med NEL och $\ln(\text{NEL})$ som fixa effekter och där MR_DG visas för DIM 30 (---), DIM 60 (—) och DIM 90 (···).

Kvardröjande effekter av utfodring under en period av laktationen på mjölkavkastning och levande vikt under senare delar av samma laktation

Vid genomgång av litteraturen visar det sig att det är stor variation i författarnas syn på om det eftereffekter existerar eller inte. I äldre litteratur så var eftereffekterna till utfodring under tidig laktation större och varade längre än i nyare litteratur. Skillnaden kan bero på att det är skillnad i hur långvarig restriktionen av foder var, utfodring före kalvning och kanske allra mest utfodringsnivån som följde efter den restriktiva utfodringen. Den troligaste orsaken till skillnaden är att i äldre litteratur utfodrade man grovfoder i restriktiv mängd, medan man i senare studier utfodrar grovfoder i fri tillgång. När korna har fri tillgång till grovfoder av god kvalitet kan de till stor del kompensera för lägre kraftfodergiva genom att äta mera grovfoder.

Studien visar att utfodringen i tidig laktation inverkar på produktionen under senare delen av laktationen. Storleken på effekten är dock lägre än de som redovisats i studier som gjorts före 1980. Resultaten från vår litteraturstudie visar att eftereffekterna varar från 3 till 12 veckor och att skillnaden i mjölkavkastning är mellan 1,5 och 4,5 kg mjölk/ko/dag. Mjölkavkastningen för kor som har fått begränsad mängd foder i början av laktationen kan komma tillbaka till samma nivå som de som inte fått begränsad fodermängd om de får tillräcklig mängd foder under senare laktation. Man måste dock beakta längd och tidpunkt för den begränsade fodertilldelningen för

att beräkna hur lång tid det kor i en besättning som fått begränsningar i fodret att komma tillbaka till kor i besättningen som inte fått begränsningar.

Diskussion

En positiv respons på foderintag, mätt i kg torrsubstans, på mjölkproduktionen är välkänd och har beskrivits av många forskare. Att använda intag i nettoenergi istället för torrsubstans ökade förklaringsgraden för de använda modellerna. Att ta med olika näringskomponenter som beräknats med NorFor ökade förklaringsgraden ytterligare, Modellen där den naturliga logaritmen använts för att transformera intaget av intag av nettoenergi gav bättre förklaringsgrad i jämförelse med där linjära eller kvadratiska funktioner av nettoenergiintaget lades in. En sådan modell ger ett avtagande merutbyte vid ökande tillförsel av energi, vilket stämmer med äldre undersökningar.

Beräkningen av nettoenergi i Norfor inkluderar en korrektion för lägre smältbarhet vid högre foderintag. Det innebär att energitillförseln till kon beräknas mera korrekt än i äldre system där man bara summerade energin från olika foder oberoende av foderintaget. I NorFor i dess nuvarande form beräknas att man får en linjär respons på 0,318 kg ECM per MJ NEL. NorFor beräknar emellertid inte fördelningen av energi mellan mjölk och viktsförändringar och skillnaden mellan våra resultat och NorFors kan förklaras med att fördelningen ändra sig när energitilldelningen ökar.

Vi fann en stor skillnad mellan den marginella responsen i ECM av ökat energiintag för förstakalvare i jämförelse med äldre kor. Detta innebär att förstakalvare svarar mindre än äldre kor på ökad fodertilldelning. Förstakalvarna växer fortfarande och det kan vara så att de i prioriterar tillväxt före mjölkproduktion i högre grad än äldre kor. Den linjära responsen av ökat energiintag visar att förstakalvarna har en fördelning av energi mellan tillväxt och mjölkproduktion som är oberoende av energitilldelning.

Det gick inte att påvisa något samspel mellan energiintag och ras. Det kan bero på det sätt som energiintag beräknas i NorFor. I NorFor minskar passagehastigheten med ökad storlek på djuret för en given foderstat. Dessutom påverkas proteinberäkningen (AAT) eftersom mikrobproteinsyntesen beror på foderintag i förhållande till kons vikt.

De beräknade responserna i vikt beräknade som kurvlinjära modeller visade att de ökade med ökande intag av nettoenergi, men att kurvorna hade olika form beroende på kornas ålder. Oberoende av hur långt efter kalvning korna var så tillväxten lägre för äldre kor vid de lägsta energiintagen och de senare gick ner i vikt. Vid högt energiintag så var tillväxten högre både vid 30 och 60 dagar efter kalvning för äldre kor. Vid 90 dagar efter kalvning var tillväxten lika för kor med olika antal laktationer.

Olika forskare har kommit till olika slutsatser s.k. ”carry-over” effekter av utfodring under olika perioder existera, dvs. om utfodring under en del av laktationen kan påverka avkastningen under

följande period av laktationen. Detta kan bero på att det finns så många olika sätt att utfodra kor på. Det moderna sättet att ge kor fri tillgång på grovfoder av god kvalitet, kan ge korna en möjlighet att kompensera för minskade kraftfodergivor. Av de 9 försök som vi gick igenom kunde "carry-over"-effekter påvisas i 7. I de studier där inte några "carry-over"-effekter kunde påvisas var efterperioden väsentligt längre än behandlingsperioden. I de försök där eftereffekter påvisades var efterperioden kortare, 3 – 12 veckor. Skillnaden i mjölkavkastning var 22 – 66 % av den effekt som kunde påvisas under försöksperioden. Förhållandet mellan längden och storleken på eftereffekten var omvända, dvs. storleken på eftereffekten minskar om efterperioden är längre. I äldre undersökningar visade man att eftereffekterna påverkade hela återstoden av laktationen. I nyare undersökningar är effekterna begränsade både i storlek och i längd. Till och med i studier där kor underutfodrats kraftigt i början av laktationen har de kunnat kompensera detta under efterperioden.

Publikationer

Jensen, C., Østergaard, S., Schei, I., Bertilsson, J. & Weisbjerg, M. 2014. A meta-analysis of milk production responses to increased net energy intake in Scandinavian dairy cows. Inskickad till Livestock Science.

Jensen, C., Østergaard, S., Bertilsson, J. & Weisbjerg, M. 2014. Responses in live-weight to net energy in dairy cows. Inskickad till Livestock Science.

Jørgensen, C. H., Spörndly, R., Bertilsson, J. & Østergaard, S. 2014. Carryover effect of energy feeding level on milk yield and body weight gain produced subsequently in the same lactation in dairy cows. Invited review sent to Journal of Dairy Science.

Slutsatser

- Analysen visade signifikanta, icke-linjära effekter på mjölkproduktion av intag av nettoenergi transformerad med den naturliga logaritmen för äldre kor i tidig laktation och för yngre kor i medel-laktation.
- Förstakalvare i tidig laktation visade en linjär respons på intag av nettoenergi.kor i olika ålder.
- Äldre kor gick ner mera i vikt vid lågt intag av nettoenergi, men ökade också mera i vikt vid högt foderintag.
- Respons i levande vikt på ökande intag av nettoenergi var kurvlinjär i avtagande grad för alla kategorier av kor.
- Utfodring under tidig laktation påverkar senare laktation, men storlek och längd för detta var lägre än vad setts i tidigare undersökningar.
- Eftereffekter har påvisats för en period på 3 – 12 veckor och varierat mellan 1,5 och 4,5 kg/ko/dag.

Resultatförmedling till näringen

Målet med projektet var att ge ett underlag för att utveckla NorFor-systemet i de Skandinaviska länderna. Det har därför främst varit avsett för de personer som arbetar med denna utveckling. Implementering i NorFor-systemet ingick inte i projektet. Deltagarna i projektet kommer däremot att vara ett stöd implementeringen som förhoppningsvis leder till bättre optimeringar av foderstater.