

Möjligheter till utveckling och förbättring av AAT/PBV-systemet för ökat kväveutnyttjande i mjölkproduktionen

Av: Marie Salomonsson¹⁾, Anders H Gustafsson¹⁾ och Jan Bertilsson²⁾



*En utredning finansierad av medel från Jordbruksverkets fond för
Försöks- och Utvecklingsverksamhet*

1) Svensk Mjök, Forskning

2) SLU, Institutionen för Husdjurens utfodring och vård

Förord

De senaste åren har forskning och utveckling inom området fodervärdering och nötkreaturens näringsbehov accelererat. Orsaken till detta är till stor del efterfrågan på kunskap för att förbättra foderutnyttjande och lönsamhet i mjölk- och köttproduktionen. Omvärldens krav på miljöhänsyn i lantbruket växer sig också allt starkare och blir därmed en drivkraft även i kunskapsuppbyggnaden.

Vi har i tidigare arbeten konstaterat att proteinvärderingssystemen behöver förbättras för att öka kväveutnyttjandet hos våra nötkreatur. I detta arbete har vi valt att jämföra vårt befintliga system med nyutvecklade AAT/PBV-systemet som används i de nordiska länderna har i Norge vidareutvecklats till en ny modell benämnd AAT-modellen. I USA har deras system beskrivet av NRC nyligen genomgått en stor revidering. Dessa två nya system har i föreliggande studie utvärderats gentemot det svenska AAT/PBV-systemet och det är gjort på foderstater och försök genomförda i Sverige. Svensk Mjök ser det som ett prioriterat område att arbeta med förbättringar av värderingssystem och rekommendationer.

Föreliggande rapport är resultatet av ett arbete som huvudsakligen finansierats av Statens Jordbruksverk via sina medel för försöks- och utvecklingsprojekt avseende miljöförbättrande åtgärder. En del av arbetet har finansierats av Svensk Mjök. Projektet genomfördes under år 2002 och 2003.

Huvuddelen av arbetet med rapporten gjordes av Marie Salomonsson och Anders H Gustafsson, Svensk Mjök Forskning. Huvudansvarig för de statistiska bearbetningarna har Jan Bertilsson, inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU varit. Utöver författarna deltog även Harald Volden, Norges Lantbrugshøgskole, främst med funktionen hos AAT-modellen.

Värdefulla synpunkter på denna rapport har tillförts av Margareta Emanuelson, Svensk Mjök.

Uppsala, mars 2003
Svensk Mjök Forskning

Anders H Gustafsson

Innehållsförteckning

Förord.....	2
Inledning.....	4
Kväve och fosfor – ett miljöproblem?.....	4
Utgångspunkt för detta arbete	5
Beräkning av EPD	5
Additiva värden	5
Värderingen av vall	5
Variabel EPD för grovfoder	5
Variabel faktor för mängden bildat mikroprotein	5
Hänsyn till endogent protein	5
Intermediär omsättning.....	6
Korrigerig för S-fraktionen	6
Beskrivning av AAT-modellen	6
Beskrivning av fodermedel	6
Endogent protein	6
Recirkulation av kväve.....	7
Proteinnedbrytningen i vommen	7
Mikroproteinsyntesen.....	7
Simulering i AAT-modellen.....	8
Beskrivning av NRC 2001	9
Proteinets karakterisering	9
Processning.....	10
Mikroproteinsyntesen.....	10
Endogent protein	10
Simulering i NRC-modellen.....	10
NPN i vallfoder	11
Material och metoder.....	11
Beskrivning av försöksdata	11
Inläggning av data i nya norska AAT-modellen	13
Inläggning av data i NRC-modellen.....	13
Statistisk bearbetning	14
Resultat.....	16
Testdata 1. Foderstater med varierad vallgiva.....	16
Testdata 2. Typfoderstat från rådgivare	18
Försöksdata 1 och 2.....	20
Diskussion	29
Slutsatser	31
Referenser.....	31

Inledning

Under 2001 genomfördes ett arbete med att beskriva det befintliga AAT/PBV-systemet i de nordiska länderna, belysa dess fördelar och begränsningar samt ge konkreta förslag till förbättringar av systemet (Salomonsson m.fl., 2002). Under tiden som det projektet pågick kom det två nya och intressanta proteinvärderingssystem. Det ena var NRC(2001) som genomgått en mycket omfattande revidering sedan den tidigare upplagan 1989. I Norge har det tagits fram en modell som kallas AAT-modellen och som är en vidareutveckling av det nordiska AAT/PBV-systemet, vilket alltså är det andra systemet.

Syftet med föreliggande arbete var att beskriva och utvärdera dessa två nya modeller med svenska försöksdata. De försök som använts i arbetet är gjorda vid Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, SLU på Kungsängens Forskningscentrum i Uppsala.

Kväve och fosfor – ett miljöproblem?

För att maximera näringsutnyttjandet hos mjölkorna bör de utfodras så att deras näringsbehov täcks så väl som möjligt och så att överskott av näringsämnen undviks. Den ideala foderstrategin är att utfodra för att maximera mjölmängd och mjölkens proteinhalt, maximera fermentationen i vommen och vommikrobernas tillväxt samt minimera förlusterna av näringsämnen till miljön.

Ur miljösynpunkt är det kväve och fosfor som är de mest aktuella näringsämnena när det gäller mjölkkor och bland gaserna är det ammoniak, koldioxid, svavelväte och metan. Ammoniak och organiskt kväve är de dominerande formerna av kväve från gödseln. De kommer från osmält foder, mikrobprotein, endogent kväve samt urea och ammoniakkväve i urinen.

Det talas mycket om råproteinhaltens betydelse för att öka kornas kväveeffektivitet. Flera studier har visat att man genom att sänka råproteinhalten för totala foderstaten, kan minska mängden kväve som utsöndras framförallt i urinen, ofta utan att påverka mjölkproduktionen negativt. Det är dock mycket svårt att bestämma någon generell nivå av råprotein som gäller i alla situationer. Behovet av råprotein påverkas av en rad olika faktorer såsom mjölkavkastning, mjölkens proteinhalt, tillväxt, kroppsstorlek, energinivån i foderstaten, aminosyrasammansättningen i foderstaten och foderproteinets smältbarhet (NRC, 2001).

Kväveutsöndringen via träck är relativt konstant i relation till ts-intag, ca 7,5 g per kg ts foderintag. Kväveutsöndringen med urinen ökar exponentiellt när kväveintaget via foder överstiger 400 g per dag. I en översiktsartikel som baseras på 90 försöksled kom författarna fram till följande samband mellan kväveintag och kväveutsöndring i träck, mjölk och urin (Castillo m.fl., 2000):

$$\begin{array}{ll} N_{\text{träck}} = 0,21 (N_{\text{intag}}) + 52,3 & R^2 = 0,48 \\ N_{\text{mjölk}} = 0,17 (N_{\text{intag}}) + 41 & R^2 = 0,42 \\ N_{\text{urin}} = 30,4 (e^{0,0036 * N_{\text{intag}}}) & R^2 = 0,76 \end{array}$$

Utifrån dessa samband ser man att kväveutsöndringen i träck och mjölk verkar vara linjär, medan utsöndringen i urinen ökar exponentiellt med ökande kväveintag.

För en mer detaljerad sammanfattning om mjölkkor och kväveeffektivitet hänvisas till Svensk Mjölk Forskning Rapport nr 4999 (Gustafsson, 2001) eller till Castillo m.fl., 2000.

Utgångspunkt för detta arbete

Följande punkter lyftes fram som brister i det nuvarande systemet i ett tidigare arbete (Salomonsson m.fl., 2002).

Beräkning av EPD

Idag beräknas EPD-värdet på samma sätt oberoende av foderstatens sammansättning eller hur mycket foder kon äter, trots att man vet att både foderintag och fördelningen mellan kraftfoder och grovfoder har betydelse för passagehastigheten i vommen.

Additiva värden

I nuvarande systemet adderar man AAT-värdena för enskilda fodermedel för att få fram AAT för totala foderstaten, utan att ta hänsyn till samspelseffekter och effekter av ts-intag.

Värderingen av vall

Många är kritiska till att AAT-värdet för vallfoder varierar så lite oavsett artsammansättning eller smältbarhet. I Sverige tillämpas konstant tarmsmältbarhet för proteinet i vallfoder, medan Danmark och Norge har variabel tarmsmältbarhet. Detta har dock relativt liten betydelse för AAT-värdet jämfört med EPD-värdet och faktorn för mikrobproteinsyntesen.

Variabel EPD för grovfoder

I nuvarande system är EPD konstant (80 %) för allt grovfoder, medan det är variabelt för kraftfoder. I Danmark infördes variabel tarmsmältbarhet för vallfoder 1994, och värdena varierar mellan 76 - 82 % (Møller m.fl., 2000).

Variabel faktor för mängden bildat mikrobprotein

Nuvarande system tar ej tillräcklig hänsyn till samspelseffekter mellan foderstatens näringsinnehåll och vommikroberna. Idag används en konstant faktor för hur mycket mikrobprotein som bildas utifrån mängden smältbara kolhydrater.

Hänsyn till endogent protein

I nuvarande system tar man ej direkt hänsyn till det endogena proteinet vid beräkning av AAT-värdet. Ej heller till recirkulationen av kväve som sker i vommen.

Intermediär omsättning

Dagens system tar ej hänsyn till den intermediära omsättningen, t.ex. tillgången på glukos.

Korrigerig för S-fraktionen

I nuvarande system antar man att hela S-fraktionen (lösligt protein och små partiklar) bryts ner i vommen fullständigt och omedelbart. Forskning bl.a. i Holland har visat att skattning av EPD-värdet tenderar att överskattas om man inte korrigerar för S-fraktionen. En del av S-fraktionen verkar kunna passera vommen och tas upp i tunntarmen. Därmed kan alltså det verkliga AAT-värdet bli högre för vissa typer av fodermedel än man tidigare trott.

Beskrivning av AAT-modellen

AAT-modellen är ett nytt fodervärderingssystem som är en vidareutveckling utifrån AAT/PBV-systemet. AAT-modellen har utvecklats i Norge under åren 1999-2001, framförallt av Harald Volden, på NLH (Norges lantbrukshögskola). Målet var att få fram ett proteinvärderingssystem som kunde ge en bättre beskrivning av tillförsel och behov av aminosyror som absorberas i tunntarmen (AAT). Under arbetets gång uppstod även behov av att inkludera ett mått på intermediär energi. Förenheter mjölk (FE_m) enligt det holländska nettoenergisystemet lades därför in i modellen.

Beskrivning av fodermedel

I AAT-modellen finns en rad nya parametrar som används för att beskriva ett fodermedel. Den organiska substansen delas upp i råprotein, råfett, NDF, stärkelse och fermentationsprodukter samt icke strukturella kolhydrater (beräknad restpost). Råprotein, stärkelse och NDF delas sedan upp i delfraktioner som består av löslig fraktion (ej NDF), totalt onedbrytbar fraktion och en potentiellt nedbrytbar fraktion. Modellen innehåller en rad icke linjära samband och tar bl.a. hänsyn till totala foderintaget samt fördelningen mellan kraftfoder och grovfoder, t.ex. när det gäller passagehastighet och nedbrytningshastighet i vommen.

Endogent protein

En litteraturgenomgång visar att utsöndringen av endogent kväve varierar betydligt, från 20 till 70 g protein per kg organiskt material vid duodenum. I AAT-modellen är värdet satt till 30 g endogent protein per kg organisk substans vid duodenum. Aminosyrainnehållet i det endogena proteinet är schablonmässigt satt till 50 %. I tunntarmen och grovtarmen sker också utsöndring av endogent protein, och har satts till 3 gånger mängden som utsöndras vid duodenum. Tarmsmältbarheten för det endogena proteinet har satts till 60 % (Volden, 2001).

Recirkulation av kväve

Recirkulation av kväve till vommen har betydelse då proteinnivån i foderstaten är låg. Kväve recirkuleras i form av urea som finns i saliven och som kan absorberas till blodet direkt via vomväggen. Om proteinnivån i foderstaten istället är hög, blir det ett överskott av ammoniak i vommen, som transporteras via blodet till levern, där den omvandlas till urea som kan utsöndras med urinen.

Försök i Danmark och Norge har visat att det blir en nettotillförsel av protein till tarmen då proteinnivån i foderstaten är låg. Beräkningar har visat att 4,6 % av det intagna foderproteinet ger en nettocirkulation av kväve tillbaka till vommen (Volden, 2001). I AAT-modellen tas det hänsyn till detta vid beräkning av PBV:

$$PBV = (\text{nedbrutet foderprotein} + rp * 0,046) - \text{mikrobprotein}$$

Proteinnedbrytningen i vommen

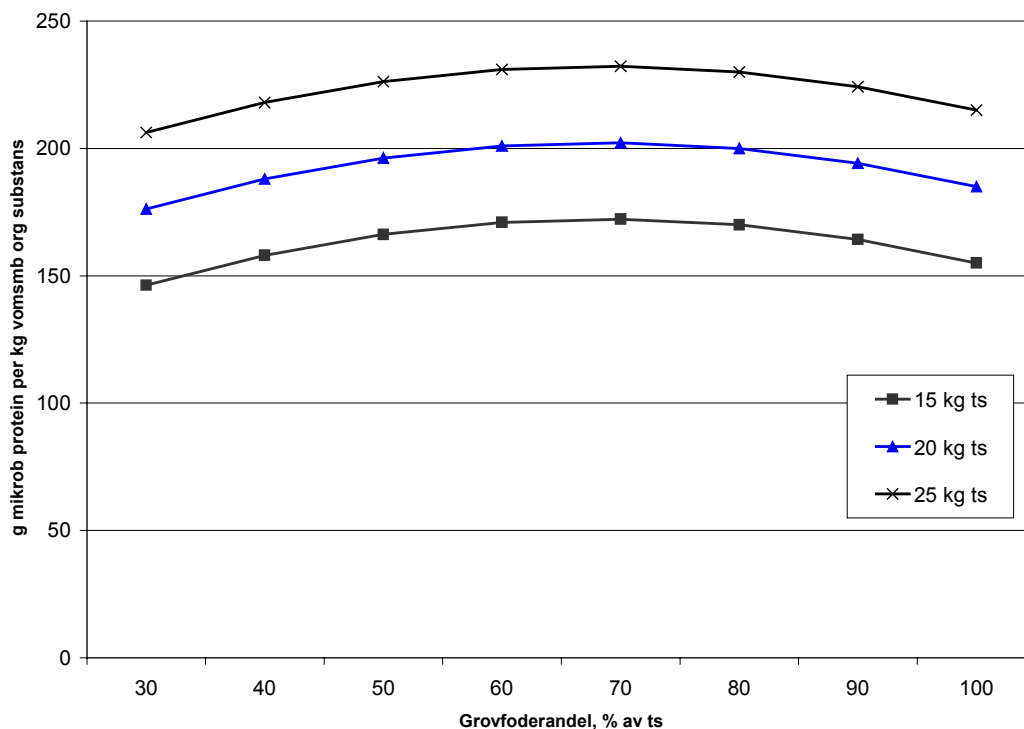
I det svenska AAT/PBV-systemet används en konstant passagehastighet, 8 % per timme, för allt foder. I AAT-modellen däremot blir passagehastigheten olika om det är vätska eller partiklar samt om det är kraftfoder- eller grovfoderpartiklar.

För de lösliga fraktionerna förutsätts 100 % potentiell nedbrytbarhet och dessa fraktioner antas följa vätskefasen i vommen. För lösligt protein, löslig stärkelse och socker räknas det med en konstant nedbrytningshastighet, 150 % per timme. De potentiellt nedbrytbara fraktionerna följer partikelfasen i vommen och får olika passagehastighet beroende på om det är kraftfoder eller grovfoder (Volden, 2001).

Mikrobproteinsyntesen

I AAT-modellen beräknas mikrobproteinsyntesen utifrån mängden smältbar organisk substans, vilket innebär att energin kommer från både vomsmältbara kolhydrater, glycerol och nedbrutet foderprotein. Hänsyn tas till att nedbrutet protein bara ger hälften så mycket energi till mikrob tillväxt som kolhydrater. Många studier har visat att effektiviteten i mikrobproteinsyntesen (EMCP) beror på foderintaget och foderstatens sammansättning. I AAT-modellen antas att effektiviteten hos mikroberna är en kurvlinjär funktion som beror på foderintag och andelen grovfoder i foderstaten, enligt figur 1.

$$EMCP = 6,0 * \text{ts-intag} + 2,4 * G - 0,0175 * G^2 \quad \text{där } G = \text{grovfoderandel, \% av ts}$$



Figur 1. Effektiviteten i mikroprotein syntesen beror på foderintag och andelen grovfoder (Volden, 2001).

Simulering i AAT-modellen

I dagsläget finns en Excel-variant av AAT-modellen. Användningen av denna version beskrivs kortfattat här.

Man börjar med att lägga in de fodermedel man vill använda under fliken "Fôropplysningar". Man kan antingen lägga in alla värden själv eller för kraftfoder lägga in råvaruandelen i %, så tas värdena ur den fodermedelstabell som ingår i Excel-filen. En del av parametrarna beräknas och kan ses under fliken "Fôrkaraktistikkar". Eftersom man ofta saknar värden för de nya parametrarna, t.ex. totalt onedbrytbar stärkelse, fermentationsprodukter i ensilage och potentiellt nedbrytbar NDF kan det vara svårt att lägga in egna fodermedel.

När man är klar med att lägga in fodermedel går man vidare till fliken "Fôrplanläggning". Här skriver man in uppgifter om varje djur eller grupp av djur, t.ex. levande vikt, hullkod, avkastning och mjölksammansättning. Kg EKM beräknas utifrån mjölkens sammansättning med hänsyn till protein-, fett- och laktoshalt. Efter att man anropat de fodermedel man lagt in kan man börja lägga in fodergivorna i kg ts. Resultaten beräknas ögonblickligen och man kan t.ex. avläsa energin i % av norm, AAT-tilldelning per dag, PBV per dag och kg ts per 100 kg levande vikt. Man får också ut behov och tilldelning av AAT, energi och PBV enligt det gamla AAT/PBV-systemet, vilket är intressant att jämföra det nya med.

Slutligen finns också en utskriftssida där man själv kan välja vilka foderstatskontroller man vill ha med på utskriften, genom att skriva kolumnnamnet från fliken "Fôrplanläggning". Om

man vill se hur varje enskilt värde beräknas kan man titta på fliken ”Utrekning” där man kan följa beräkningarna steg för steg i rätt avancerade formler.

Modellen är i dess tillämpade form rätt så lätt att använda. Det svåra är att hitta värden på fodermedel som bara finns/ används i Sverige. Vissa råvaror saknas helt i den ingående fodertabellen och i vissa fall finns ett liknande fodermedel men råanalysen skiljer sig åt markant. Man kan använda Excel-filen för att beräkna och utvärdera foderstater, men det sker ingen automatisk balansering av foderstaten utan man får pröva sig fram tills man ser att det blir balans på energi och AAT.

Beskrivning av NRC 2001

Proteinets karakterisering

I NRC(2001) delas proteinet upp i tre fraktioner: A, B och C. Fraktion A är den andel av råproteinet som är NPN och en liten del av det äkta proteinet som försvinner ut från in situ påsen vid inkubation i vommen p.g.a. hög löslighet eller liten partikelstorlek. Fraktion C är totalt onedbrytbart protein och definieras som den restfraktion som är kvar i in situ-påsen vid en given tid. Fraktion B är resten av råproteinet och innehåller protein som är potentiellt nedbrytbart. Det är bara B-fraktionen som påverkas av passagehastigheter eftersom hela fraktion A anses brytas ned och fraktion C anses passera onedbrutet till tunntarmen.

$$\text{RDP (\% av rp)} = A + B [k_d / (k_d + k_p)]$$

$$\text{RUP (\% av rp)} = B [k_p / (k_d + k_p)] + C$$

där k_d = nedbrytningshastighet
 k_p = passagehastighet

Nedbrytningshastigheten för protein varierar väldigt mycket, alltifrån 1,4% per timme för ett fiskmjöl till 29,2 för solrosfrömjöl. Proteinets struktur och dess bindningar beror på vilken källa proteinet kommer från och hur det har processats. Protein som har många tvärbindingar i molekylen, t.ex. disulfidbindingar påverkas i lägre grad av proteolytiska enzymer och bryts därmed ner mer långsamt. Fodermedel som innehåller hög andel NPN av råproteinet bidrar mycket lite till RUP, eftersom de bryts ned snabbt i vommen.

Proteinets nedbrytbarhet beror på retentionstiden i vommen (hur länge fodret stannar i vommen), mikrobernas enzymatiska aktivitet och vommens pH-värde.

Många studier har gjorts för att undersöka om synkronisering av protein och kolhydrater i vommen ökar mikrobproteinsyntesen. Resultaten har varit varierande och i NRC dras slutsatsen att när vomjäsningen är normal får man väldigt liten effekt på mikrobproteinsyntesen av att ändra nedbrytningshastigheter eller synkronisering av protein och kolhydrater (NRC, 2001).

Processing

För att minska vomnedbrytbarheten och öka mängden RUP kan man använda fodermedel med vomskyddat protein. De har då genomgått någon form av processning, varav den vanligaste är värmebehandling. Värmebehandling minskar proteinets nedbrytbarhet genom att denaturera proteinerna och genom att bilda starka bindningar mellan proteiner och kolhydrater (t.ex. Maillard-produkter). Om värmebehandlingen går för långt förstörs proteinet och det sänker smältbarheten på RUP.

Mikroprotein syntesen

Mikroprotein är protein från bakterier, protozoer och svampar i vommen som når tunntarmen. Det är bakterierna som står för det mesta av det mikroprotein som lämnar vommen. Protozoerna står för en stor del av den mikrobiella massan i vommen, men de "återvinns" i vommen i större utsträckning än bakterierna.

I NRC 2001 antas det att det bildas 130 g mikrobiellt råprotein per kg "discounted TDN" (mätt på total smältbar näring). Behovet av RDP beräknas som $1,18 * \text{mängd mikroprotein}$.

Mikroprotein antas innehålla 80 % äkta protein och detta i sin tur antas ha 80 % smältbarhet. Därmed blir omvandlingen från mikroprotein till omsättbart protein (MP) 64 %.

Endogent protein

I tidigare upplaga av NRC antogs det att flödet av protein till tunntarmen kom från mikroprotein från vommen och RUP. Forskning visar dock att endogent protein även kan bidra med kväve till duodenum och att det bör tas hänsyn till det vid skattning av proteinflöde till tunntarmen. Endogent protein kommer från mukoproteiner i saliven, epitelceller från luftvägarna, förstörda celler från mun och magar och från enzymsekret i löpmagen. Huvudparten av de första tre källorna bryts troligen ned av mikroberna i vommen och bidrar därför ej i sin helhet till proteinflödet till tunntarmen. Det är dock inte lätt att mäta mängden endogent kväve i duodenum eftersom det är svårt att särskilja det från mikrobkväve eller foderkväve. I NRC används följande ekvation för att skatta mängden endogent kväve utifrån ts-intaget:

$$\text{Endogent N (g/dag)} = 1,9 * \text{ts-intag (kg / dag)}$$

Simulering i NRC-modellen

NRC har i sin utgåva 2001 bifogat ett PC-program i vilket finns en fodermedelstabell, grunduppgifter om djuren och miljön de vistas i, foderstatsutvärdering samt en utskriftsrutin. Vill man göra utvärderingar av många foderstater, vilket vi gjort i föreliggande projekt, är programmet tungarbetat och tidsödande. Huvudorsaken till det är att man måste skapa en ny simuleringsfil för varje enskild ko och dag och denna fil måste lagras separat.

När man vill utvärdera en foderstat i NRC börjar man lämpligen med att lägga in uppgifter om sina fodermedel. Man utgår då från tabellvärden vilka för de flesta parametrar kan justeras till egna analyserade värden. Saknas ett foder i tabellen får man problem eftersom det finns flera parametrar i NRC som vi inte har analyserade eller på annat sätt fastställda värden för. Med hjälp av nordiska forskningsresultat kan man ofta få fram ett approximativt värde. När fodermedel är klara skapar man grunduppgifter för djuret ifråga och dess miljö. Det finns standardvärden för många olika egenskaper där man väljer det alternativ som stämmer bäst. Därefter kan man välja produktionsuppgifter och lägga in data om mjölken och dess sammansättning.

Programmet beräknar inga foderstater. Man lägger som tidigare nämnts in sin foderstat för en ko och därefter utvärderas foderstaten. Ändringar och simuleringar i denna är lätta och snabba att göra.

Utskrifterna är mycket detaljerade i vissa avseenden, särskilt vad gäller energi och protein. Beträffande proteinet utvärderas inte bara de olika fraktionerna utan även enskilda aminosyror.

NPN i vallfoder

Vallfoder innehåller råprotein som består av dels äkta protein och dels icke-protein kväve, s.k. NPN (non protein nitrogen). NPN i sin tur består av olika kväveföreningar som peptider, aminosyror, nukleinsyror, amider, aminer, urea och nitrat. Det är stor skillnad mellan hur mycket NPN som bildas vid ensilering av olika typer av grovfoder. Enligt NRC utgör NPN 10-15 % av råproteinet för färskt grovfoder, 15-25 % för hö och 30-65 % för ensilage (NRC 2001). NPN utnyttjas dåligt av kon och flera studier har visat att lucernensilage kan innehålla upp till ca 60 % NPN av totalt kväve. Genom att tillsätta syra vid ensilering kan man minska mängden NPN som bildas, t.ex. genom att tillsätta myrsyra. På så vis bevaras en större andel av det riktiga proteinet. Ensilage innehåller normalt betydligt mer NPN än vad hö gör. I hö är det ofta bara ca 10 % NPN. Försök har visat att hö ger bättre proteintillförsel än ensilage. Proteinet i hö bryts ner mer långsamt och blir då mer synkroniserat med nedbrytningen av kolhydrater. Därmed kan mer mikroprotein bildas. Processning, t.ex. krossning ökar tillgängligheten av kolhydraterna så att ammoniak i vommen kan utnyttjas bättre. För mycket spannmål eller överprocessning ger dock en alltför snabb nedbrytning i vommen och då försämras istället utnyttjandet av NPN (Broderick, 1996).

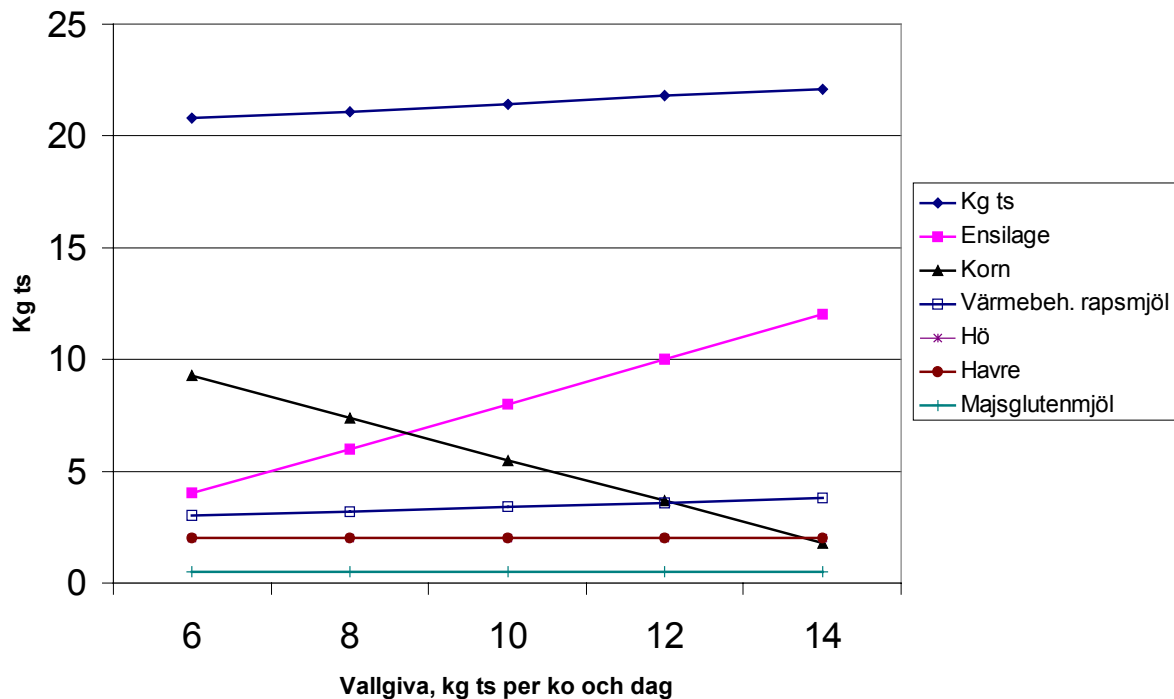
Material och metoder

Beskrivning av försöksdata

Testdata 1. Foderstater med varierad vallgiva

Inför testning av ett annat nytutvecklat proteinvärderingssystem kallat Karoline-modellen upprättades några foderstater med syfte att studera effekten av ökad vallgiva. Dessa foderstater har komponerats utifrån fodermedel som har analysvärden som behövs för att

utvärderas i AAT-modellen. Det är också intressant att se vad man får för respons i AAT-modellen när vallgivan ökar från 6 upp till 14 kg ts. Foderstaterna består av följande fasta givor; 2 kg ts hö, 2 kg ts havre, 0,5 kg ts majs gluten, varierande vallgiva från 4 – 12 kg ts (se figur 2). Foderstaterna har sedan balanserats med korn och värmebehandlat rapsmjöl. Foderstaterna är beräknade för en ko i tidig laktation som väger 600 kg och mjölkar 36 kg ECM. Inget tillägg för tillväxt eller dräktighet har gjorts. Foderstatsberäkningen är gjord i IndividRAM och utgår från gällande svensk utfodringsrekommendation.



Figur 2. Foderstaternas sammansättning i kg ts.

Testdata 2. Typfoderstater från rådgivare

I ett annat projekt där man vill belysa effekten av att utfodra mjölkkor med enbart närproducerat foder har typfoderstater från rådgivare i olika regioner samlats in. Dessa kan anses vara representativa för hur man utfodrar i praktiken idag. En av dessa typfoderstater som beräknats för mellersta delen av Sverige har utvärderats i AAT-modellen. Utifrån denna har foderstater upprättats för två avkastningsnivåer, en för 40 kg ECM och en för 20 kg ECM med enbart vallfoder. Tabellvärden har använts för de parametrar som ej fanns med i utgångsmaterialet. För AAT-modellens parametrar har samma använts som i utvärderingen av försöksdata.

Försöksdata 1. KI. Studie med olika långa kalvningsintervall

I försöket studerades effekten av förlängt kalvningsintervall och högre mjölkkningsfrekvens. Två grupper ur materialet valdes ut. I varje grupp ingick 13 kor. Korna mjölkades två gånger

per dag. I den ena gruppen var kalvningsintervallet 12 månader och i den andra gruppen 18 månader, men försöksdata har enbart tagits med fram t.o.m. laktationsvecka 24 för båda grupperna. Observationer vid 6, 12 och 24:e laktationsveckan valdes ut för användning i föreliggande projekt. Tillgängliga data var kornas vikt, individuell foderkonsumtion i medeltal per dag, mjölkavkastning i medeltal per dag och mjölkens sammansättning. Kornas utfodrades med en fullfoderblandning bestående av ensilage och baskraftfoder, en giva toppkraftfoder efter avkastning och lite hö. Uppgifter om försöket och försöksdata tillhandahölls av Jan Bertilsson, inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU (Österman, 2003).

Försöksdata 2. LS1 & LS2. LEGSIL – försök med ensilage från baljväxter

I detta fyraåriga försök studerades möjligheten att använda stora givor baljväxter i form av ensilage i utfodringen till mjölkkor. I de utfodringsförsök i Legsil som genomfördes i Sverige var det vitklöver och rödklöver som studerades med rajgräs som kontroll. Utfodringsförsöken utfördes som change-over, d.v.s. korna har gått igenom de olika behandlingarna efter ett balanserat schema. Utfodringsförsöken pågick i två år med 15 kor varje år. Kornorna var i genomsnitt 55 dagar efter kalvning vid försöksstart det första året och 90 dagar efter kalvning det andra året. Baljväxterna odlades i renbestånd och ensilerades i balar. Tillsatsmedlet Kofasil Ultra användes vid ensileringen. De olika baljväxtensilagen blandades sedan till önskade proportioner före utfodring. Kornorna fick 7,1 kg torrs substans/dag av kraftfoder och fri tillgång på ensilage. Uppgifter om försöket och försöksdata har tillhandahållits av Jan Bertilsson, inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU (Bertilsson, 2001).

Inläggning av data i nya norska AAT-modellen

När man börjar lägga in egna fodermedel i AAT-modellen uppstår det snart problem. Råanalysen läggs in som vanligt, men sedan behövs även uppgifter om de olika fraktionerna av stärkelse, NDF och protein. Här saknas analyser på de svenska fodermedlen. Vi har då valt att utgå från närmast liknande fodermedel som finns i AAT-modellens fodertabell och sedan ändrat råanalysen och de uppgifter vi har tillgång till, t.ex. ammoniakkväve och fermentationsprodukter. För kraftfoderblandningar har råanalysen lagts in samt råvaruinnehållet. Då beräknas de olika fraktionerna för blandningen. I LEGSIL-försöket ingår flera olika ensilagekvaliteter och då är det svårt att finna någon bra motsvarighet i fodertabellen. I de fall data saknas från råanalysen, har vi valt att konsekvent använda tabellvärden från AAT-modellens fodertabell.

Inläggning av data i NRC-modellen

Fodermedel

Fodermedelstabellen i NRC-modellen är omfattande och innehåller dessutom flera parametrar som vi saknar uppgift om för de svenska fodermedlen. För att kunna göra simuleringar i NRC har vi för varje foder utgått från närmast liknande fodermedel i NRC:s tabell och sedan modifierat råanalys och en del andra parametrar efter svenska erfarenheter. Denna metod rekommenderas av NRC-kommittén (NRC, 2001).

Vid våra utvärderingar lades analysvärden in för ts-halt, NDF, råprotein, råfett (EG-metoden) och aska. I övrigt har tabellvärden från NRC:s fodermedelstabell använts. För proteinfoder, t.ex. sojamjöl valde vi valt lämpligt fodermedel ur tabellen utifrån dess råproteinhalt. För värmebehandlat rapsmjöl och värmebehandlat rapskaka saknas värden i tabellen i PC-programmet. Det finns dock värden i publikationen NRC (NRC 2001). Vi utgick från fodermedlet Rapsfrö i programmets tabell och ändrat värdena för proteinfraktion A, B och C samt proteinets nedbrytningshastighet (degradation rate) enligt bokens tabellvärden. Samma sak har gjorts för värmebehandlat rapsmjöl där vi utgått från vanligt rapsmjöl i programmets fodermedelstabell.

Det är svårt att hitta motsvarigheter till våra ensilage i NRC:s fodermedelstabell. Deras ensilage har ofta betydligt högre NDF-innehåll. Eftersom NDF har samband med vallfodrets utvecklingsstadium har vi valt att välja fodermedel i tabellen så att NDF stämmer så väl överens som möjligt med vårt analysvärde. Vi har också gjort en bedömning av vilken typ av vallfoder det rör sig om med avseende på andel gräs respektive baljväxter. Därefter har värdena för mängden NDF, råprotein, fett och aska ändrats enligt foderanalysen. På så sätt borde övriga nödvändiga parametrar i tabellen som vi saknar egna värden för stämma relativt väl överens med det faktiska fodermedlet.

Produktionsdata

Vi har lagt in djurens verkliga levande vikt. För samtliga kor har det använts åldern 65 månader, fjärde laktationen och rasen Holstein. Kalvvikt och vuxenvikt har ej ändrats från programmets standardvärden. Vid testning av försöksdata 1 där data fanns om kornas aktuella laktationsstadium har dessa använts. När det gäller Legsil-data har standardvärden på 28 respektive 100 dagar in i laktationen använts.

Gruppmedelvärden eller enskilda kor

Vi har valt att köra simuleringar både för grupper av djur (behandlingsled) och för enskilda kor. I försöksdata 1 har gruppmedelvärden beräknats genom att sortera djuren efter laktationsstadium, summera givorna av respektive fodermedel och dividerat med antal kor som fått just det fodermedlet i den gruppen. På så sätt har en genomsnittsfoderstat för gruppen erhållits.

Försöksdata 2 (Legsil) innehåller så många behandlingsled att det blir väldigt få kor i varje grupp. Vi har därför valt att enbart räkna på enskilda kor i det försöksmaterialet.

Statistisk bearbetning

I multipla regressionsmodeller testas hur olika förklaringsvariabler ökar förklaringsgraden ($= R^2$) för den beroende variabeln. Vi har låtit ett stort antal variabler gå in och statistikprogrammet väljer dessa efter hur mycket de bidrar till att öka förklaringsgraden. I resultatdelen har de tre som gått in först tagits med. De multipla regressionsmodeller som tagits med kan beskrivas enligt följande ekvation:

$$Y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_2 + d \cdot x_3$$

Där

y = den beroende variabeln, t. ex. ECM produktion, kväveeffektivitet

a = interceptet

x_1, x_2, x_3 = förklaringsvariabler, i detta fall olika parametrar i respektive fodervärderings-system

a, b, c = estimat för de olika regressionskoefficienterna. De som presenteras i tabellerna är koefficienterna för den fulla modellen, dvs. den där alla parametrar ingår. Enbart koefficienter som är statistiskt signifikanta presenteras ($p < 0,05$).

För beräkningarna användes proceduren STEPWISE i programpaketet SAS (SAS 6.12, SAS Institute, USA).

Beräkningar utfördes separat för AAT-modellens parametrar och NRC. Dessutom gjordes en körning i varje system där förutom systemets egna parametrar även AAT och PBV beräknade enligt nuvarande svenska system ingick. Vid samtliga statistiska bearbetningar har enbart data från individuella djur använts.

Vid utvärdering av AAT-modellen fick följande parametrar ingå:

Tabell 3

FEM	Foderenheter mjölk (nettoenergi)
AAT g	Modellens beräkning av AAT, g/ko och dag
PBV g	Modellens beräkning av PBV, g/ko och dag
Stärkelse, t-smb	Tarmsmältbar stärkelse, g/ko och dag
N-intag	Intag av kväve, g/ko och dag
NDF g / kg lev. vikt	Intag av NDF i g per kg av kons levande vikt

Tabell 4

	parametrar enligt ovan samt dessutom:
AAT	AAT (g) beräknade enligt nuvarande, svenskt system
PBV	PBV (g) beräknade enligt nuvarande, svenskt system

Tabell 5

AAT g	Modellens beräkning av AAT, g/ko och dag
PBV g	Modellens beräkning av PBV, g/ko och dag
Rp tot	Råprotein totalt, g/ko och dag
Eff. Rp g	Effektivt råprotein, g/ko och dag

Vid utvärdering av NRC-modellen fick följande parametrar ingå:

Tabell 6

ME suppl.	Metabolizable protein supplied, g/ko och dag
DMI actual	Verkligt intag av torrs substans, kg/ko och dag
RDP suppl.	Rumen degradable protein supplied, g/ko och dag
RUP suppl.	Rumen undegradable protein supplied, g/ko och dag
CP tot	Crude protein total, % av ts

CP RDP
NDF %
ForNDF

Rumen degradable protein, % av ts
NDF, % av ts
forage NDF (NDF från vallfoder), % av ts

Tabell 7

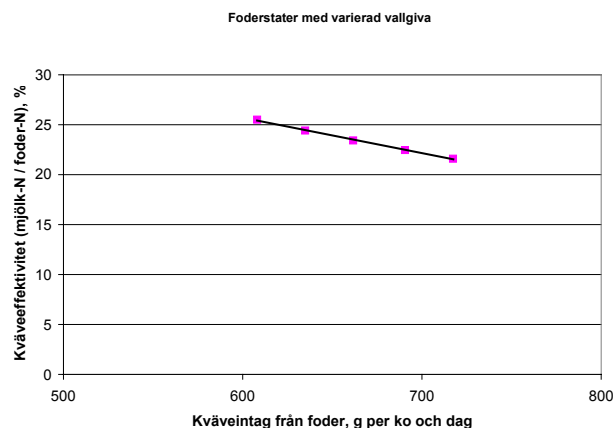
AAT
PBV

parametrar enligt ovan samt dessutom:
AAT (g) beräknade enligt nuvarande, svenskt system
PBV (g) beräknade enligt nuvarande, svenskt system

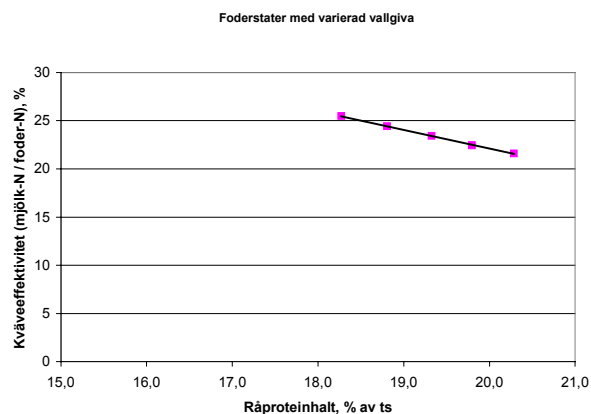
Resultat

Testdata 1. Foderstater med varierad vallgiva

Resultat från körningar i norska AAT-modellen med foderstaterna med varierad vallgiva visas för att schematiskt beskriva viktiga samband som det tas hänsyn till i AAT-modellen. Figur 3 visar att foderstatens totala kväveinnehåll har betydelse för hur hög kväveeffektiviteten per ko och dag blir; ju mer kväve kon får i sig med fodret, desto lägre blir kväveeffektiviteten. I figur 4 ser vi samma bild men med råproteinhalten i % av ts, vilket är ett viktigt nyckeltal i rådgivningen. Kväveeffektiviteten är högst vid den lägsta råproteinhalten i foderstaten och sjunker när råproteinhalten ökar.

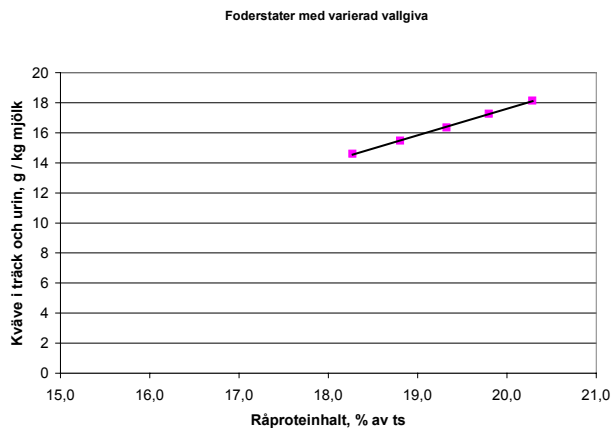


Figur 3. Effekt av olika kväveintag på kväveeffektivitetet per ko och dag.

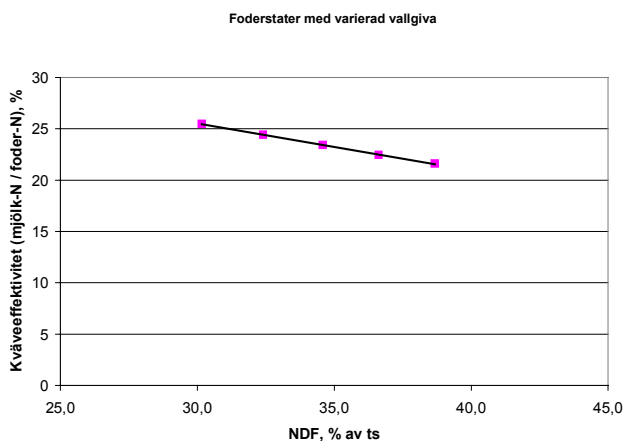


Figur 4. Råproteinhaltens betydelse för kväveeffektiviteten per ko och dag.

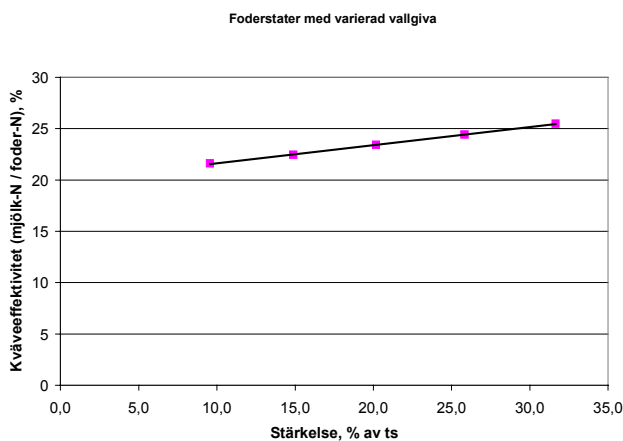
Det viktigaste ur kvävehushållningssynpunkt är ju hur mycket kväve som korna utsöndrar med träck och urin. Utsöndringen uttryckt per kg mjölk ökar när foderstatens råproteinhalt ökar (figur 5). Vid ökad andel vallfoder i foderstaten ökar den totala mängden NDF. Ju högre NDF i procent ts desto lägre blir kväveeffektiviteten, enligt figur 6. För stärkelse gäller det motsatta; kväveeffektiviteten ökar när stärkelseandelen i foderstaten ökar (figur 7).



Figur 5. Samband mellan råproteinhalt i foderstaten och beräknad mängd kväve som utsöndras med träck och urin.

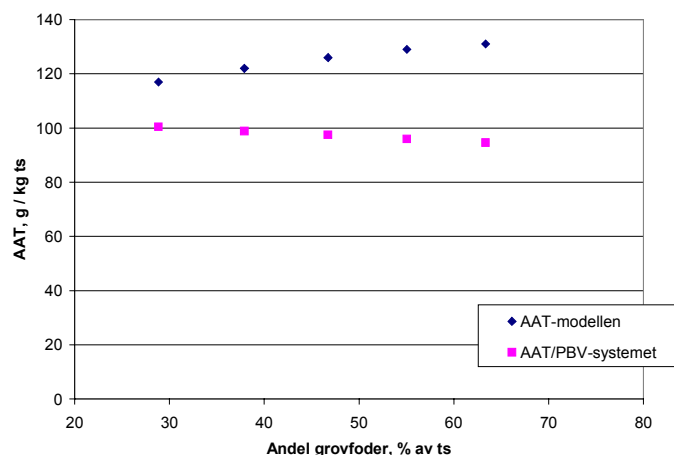


Figur 6. Andelen NDF i foderstaten och dess betydelse för kväveeffektivitet per ko och dag.

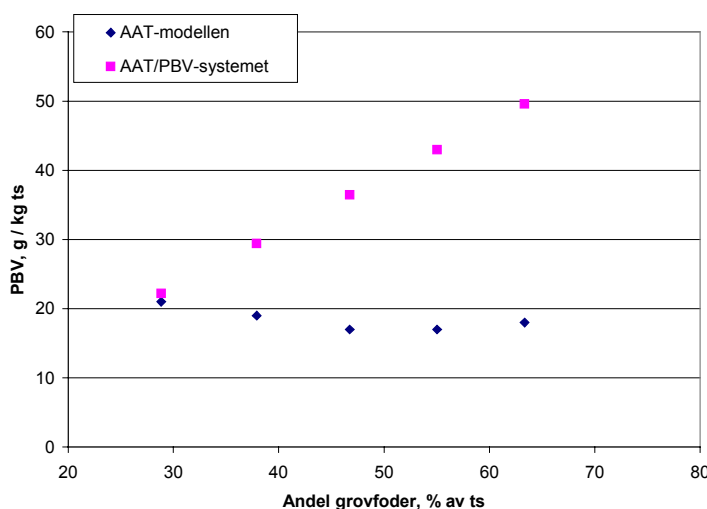


Figur 7. Samband mellan andelen stärkelse i foderstaten och kornas kväveeffektivitet.

I norska AAT-modellen har både foderintag och andel grovfoder i foderstaten betydelse för AAT- och PBV-värdet uttryckt per kg ts. I figur B6 ser vi att AAT-värdet per kg ts ökar med ökad grovfoderandel enligt AAT-modellen, medan det minskar enligt AAT/PBV-systemet. Enligt AAT/PBV-systemet ökar PBV med ökad grovfoderandel (figur 8). I AAT-modellen blir PBV per kg ts lägre när grovfoderandelen ökar (figur 9).



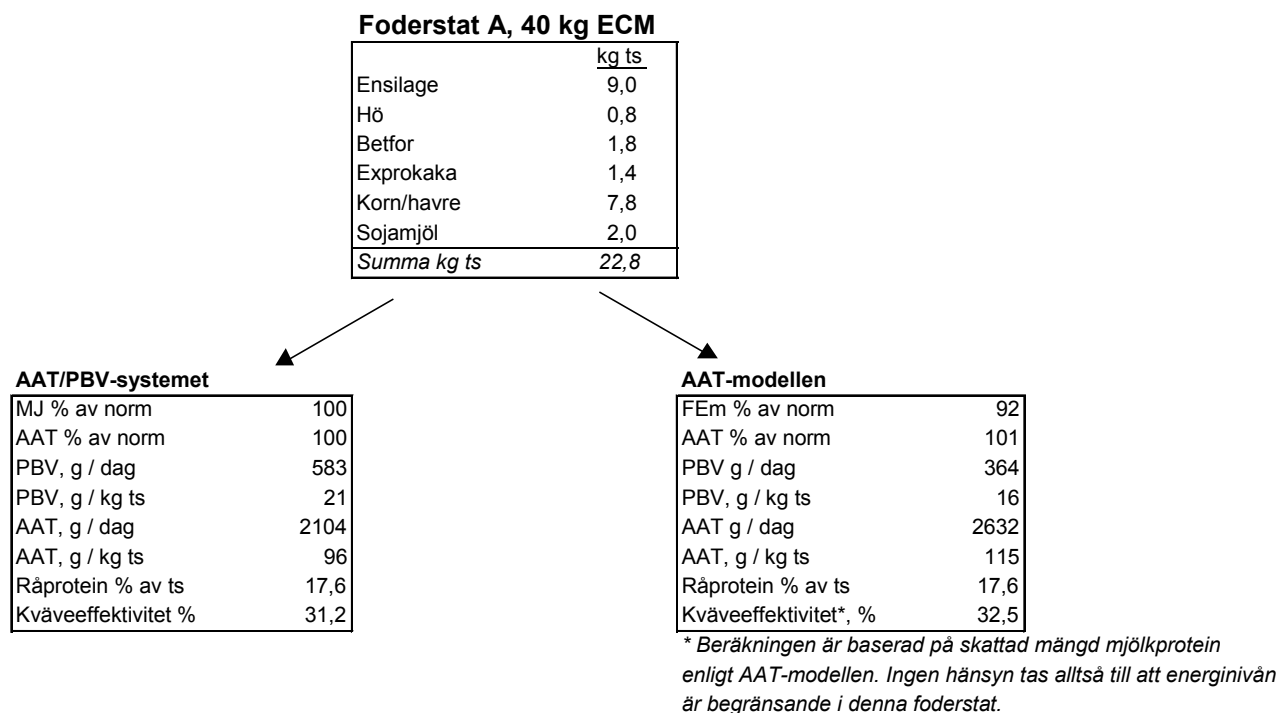
Figur 8. Andelen grovfoder i foderstaten och dess effekt på AAT-värdet per kg torrsubstans.



Figur 9. Betydelsen av foderstatens grovfoderandel på PBV-värdet per kg torrsubstans.

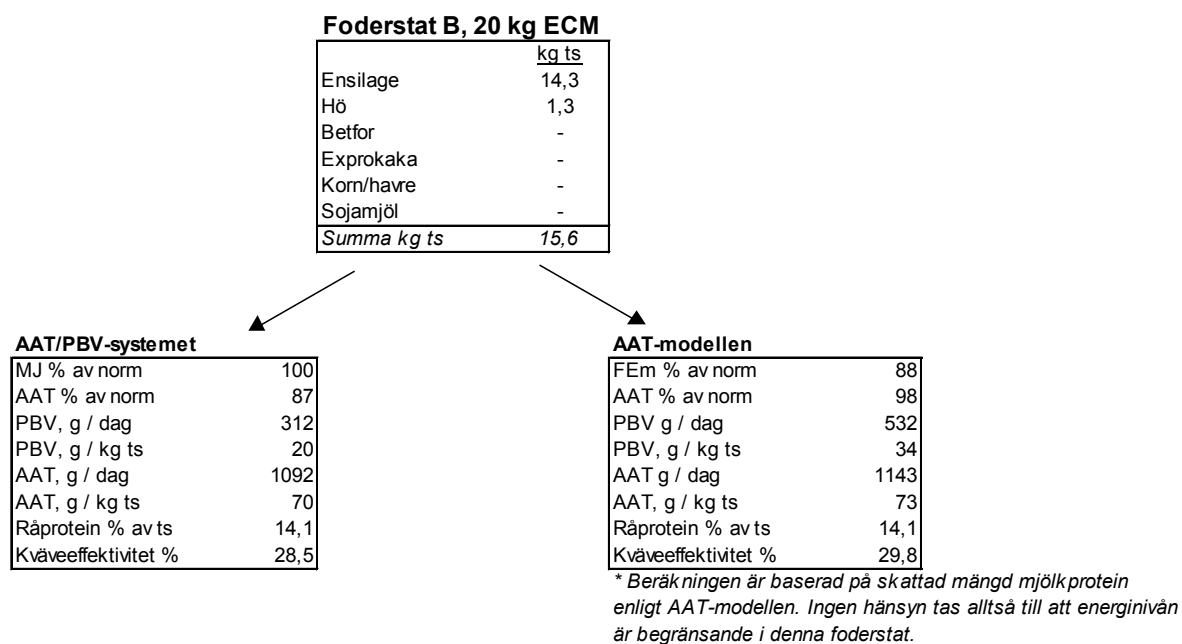
Testdata 2. Typfoderstat från rådgivare

Foderstaten som används i figur 10 kan anses vara en representativ typfoderstat för stora delar av landet. När denna foderstat utvärderas i norska AAT-modellen uppfyller den AAT-behovet, men ej behovet av energi. Det totala AAT-värdet för foderstaten blir högre och totala PBV lägre i norska AAT-modellen än med AAT/PBV-systemet. Foderstaten skulle enligt norska AAT-modellen räcka till 36 kg ECM med avseende på tillgänglig energi.



Figur 10. Typfoderstat som beräknats räcka till 40 kg ECM enligt svensk norm (AAT/PBV-systemet) och utfall i den norska AAT-modellen.

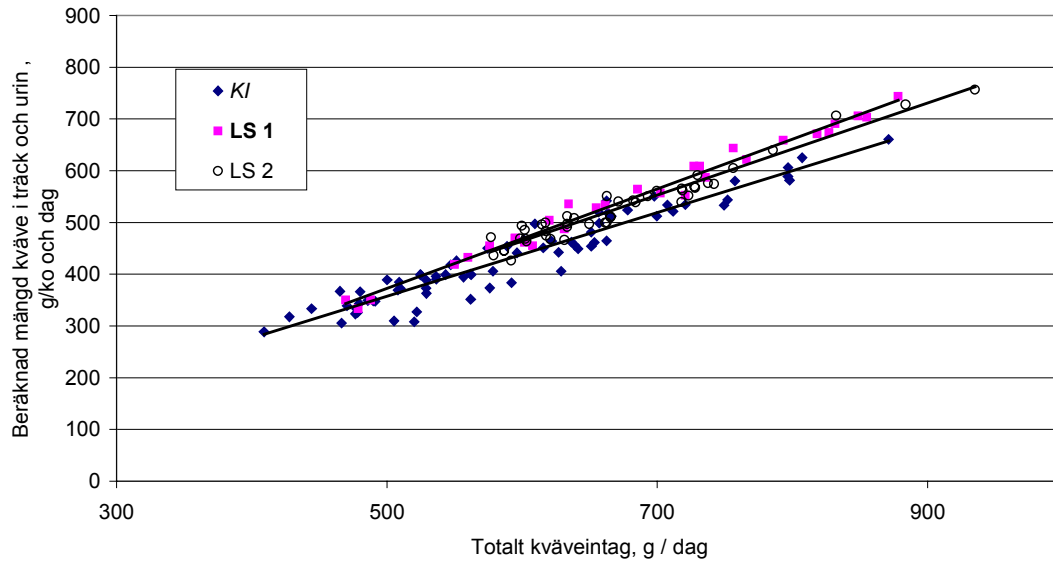
Foderstat B består enbart av vallfoder. Foderstaten uppfyller svensk energinorm, men har brist på AAT. I AAT-modellen däremot ger foderstaten brist på energi, men uppfyller nästan AAT-behovet. PBV blir högre i AAT-modellen än i AAT/PBV-systemet, liksom totala AAT-värdet (figur 11).



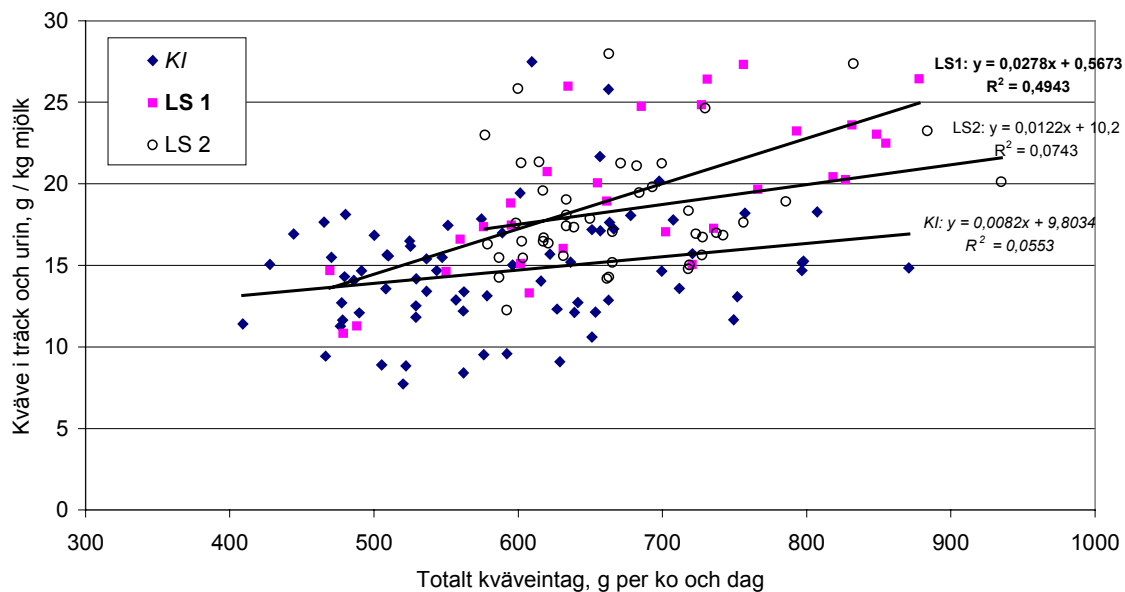
Figur 11. Foderstatskontroller för typfoderstat som utgörs enbart av vallfoder och utfall vid utvärdering i AAT-modellen.

Försöksdata 1 och 2

Figuren 12 visar schematiskt hur kornas totala intag av kväve direkt påverkar den totala mängden kväve ut med urin och träck. Observera att detta är beräknad mängd utifrån kväveintag och kväveutsöndring i mjölken. När kväve ut med urin och träck uttrycktes som gram per kg mjölk blev sambandet med totala kväveintaget fortfarande positivt, men med en betydligt mer splittrad bild (figur 13). Skillnaden mellan de olika försöksmaterialen framgår av samma diagram.

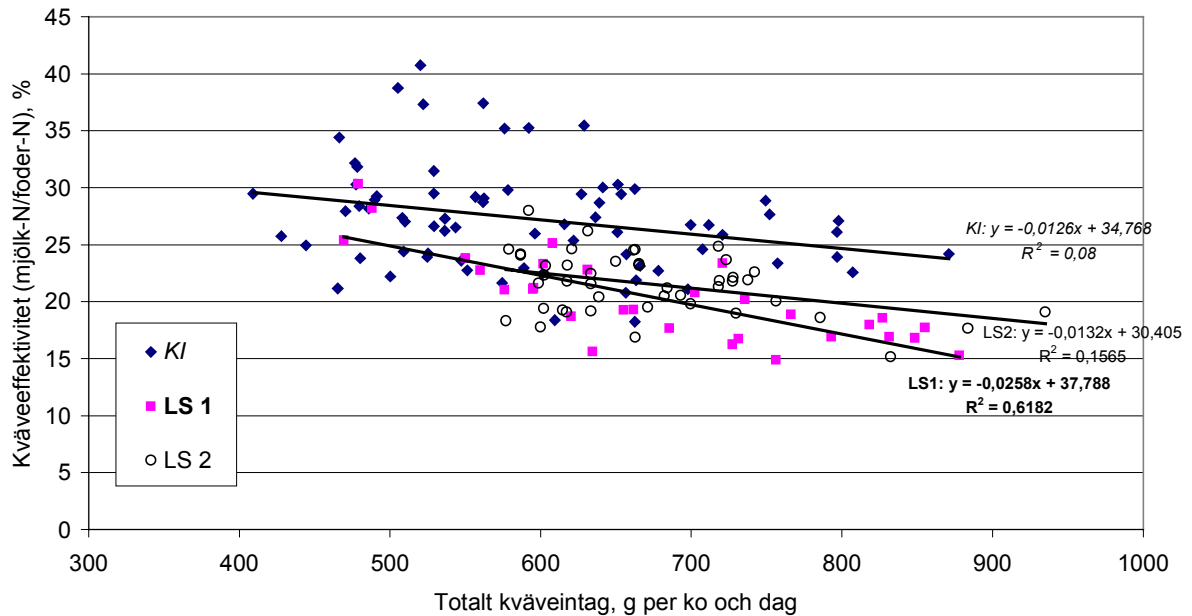


Figur 12. Effekt av kväveintag på beräknad mängd kväve som utsöndras i träck och urin per ko och dag.



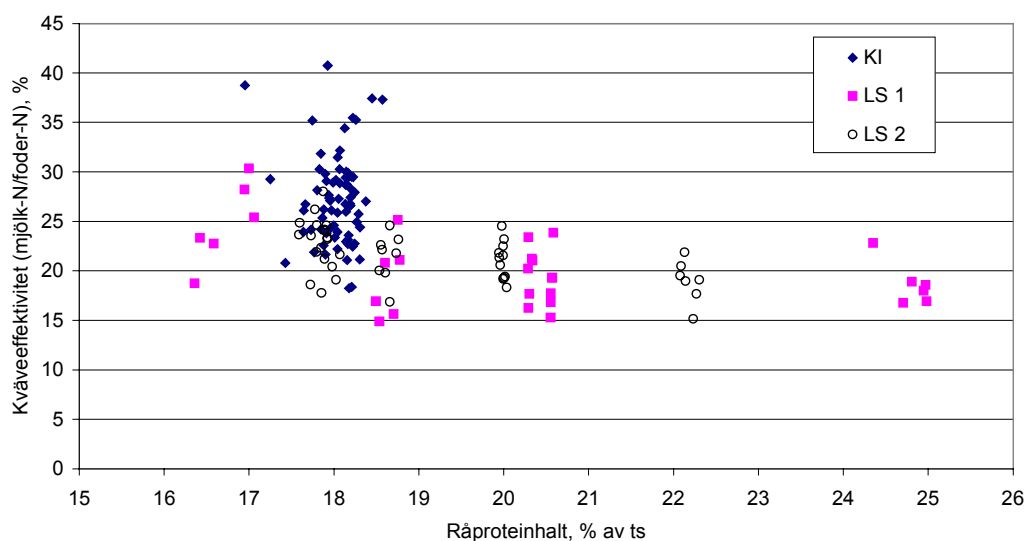
Figur 13. Kväveintagets betydelse för beräknad mängd kväve i träck och urin, uttryckt per kg mjölk.

Kväveeffektivitetens (uttryckt som mjölk-N i procent av foder-N) samband med totala kväveintaget framgår av Figur 14. Regressionslinjerna i diagrammet visar på variationen mellan de olika försöken.



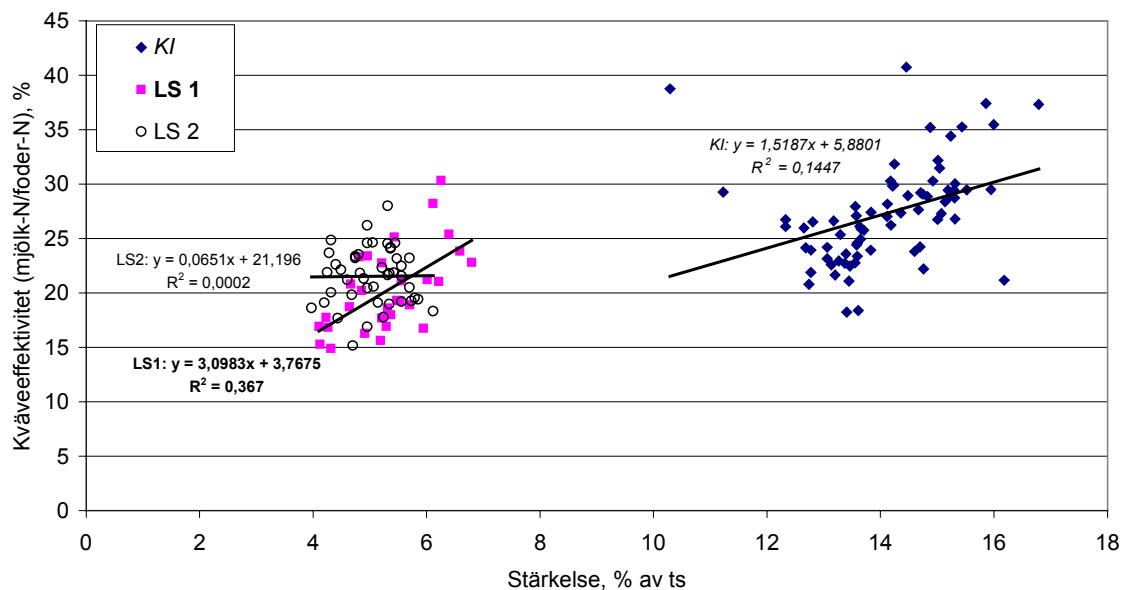
Figur 14. Kväveintagets betydelse för kväveeffektiviteten, beräknat som andelen kväve i mjölk i förhållande till kväveintag från foder.

Kväveeffektiviteten redovisas även som en funktion av foderstatens råproteinhalt (Figur 15). Det framgår av diagrammet att datapunkterna är grupperade dels efter försök, dels efter behandling inom försök. Tydligast effekt erhöles av typ av baljväxt som utfodrades i fri tillgång (ad lib.) i LS1 och LS2.



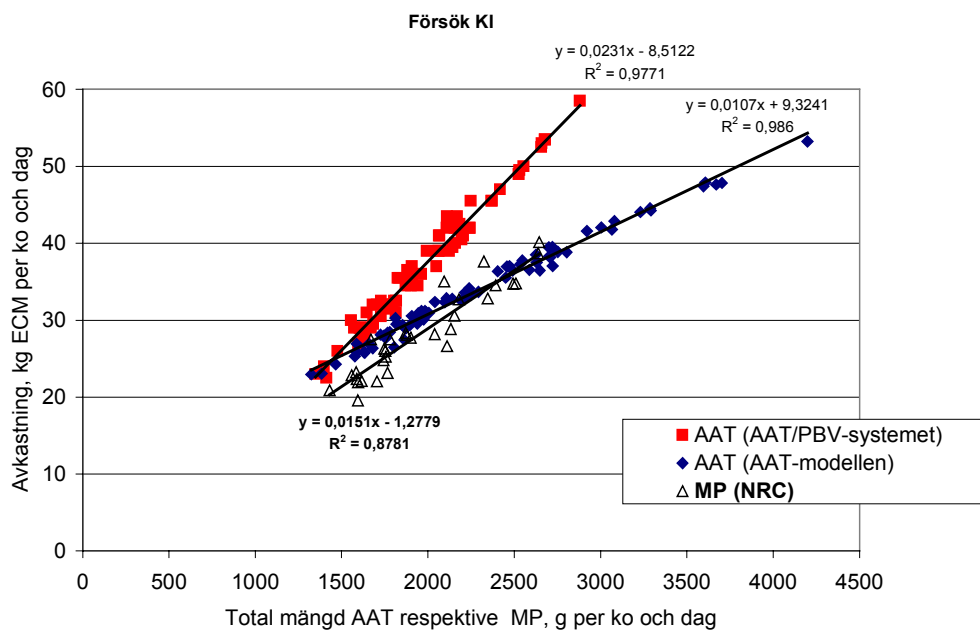
Figur 15. Inverkan av foderstatens råproteinhalt på kväveeffektiviteten, uttryckt som andel mjölkkväve av totalt kväveintag via foder per ko och dag.

Sambandet mellan andelen stärkelse i foderstaten och kväveeffektiviteten framgår av Figur 16. Eftersom alla kor i LS1 och LS2 fick samma sort och giva av kraftfoder blev variationen inom dessa försök liten.

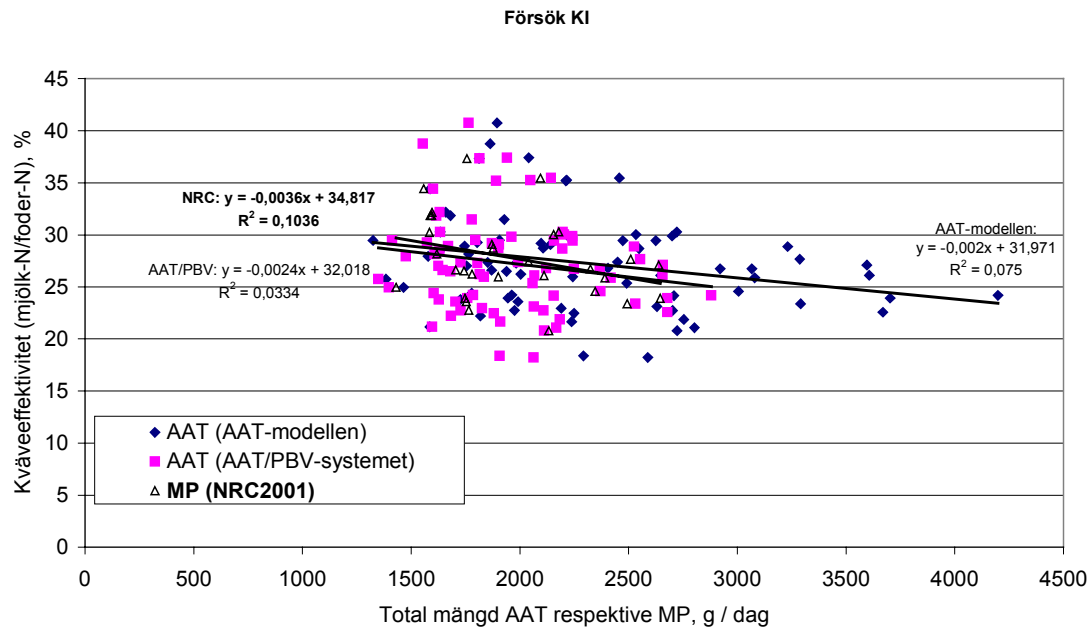


Figur 16. Betydelse av andel stärkelse i foderstaten på kväveeffektiviteten per ko och dag.

Försörjningen av aminosyror (totalt upptag från tunntarmen) beräknades i alla system eftersom den utgör en av de viktigaste grunderna för mjölkproduktionen. I figur 17 visas kopplingen mellan denna totala aminosyraförsörjning och mjölkproduktionen och i figur 18 motsvarande samband med kväveeffektiviteten. Kväveeffektiviten är beräknad utifrån verklig mjölmängd och verklig proteinhalt i mjölken.

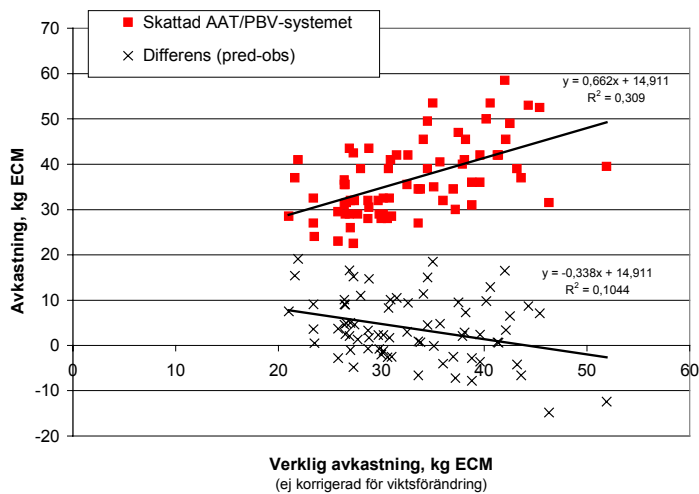


Figur 17. Samband mellan tilldelad mängd aminosyror i form av AAT respektive MP och **skattad** avkastning enligt respektive system.

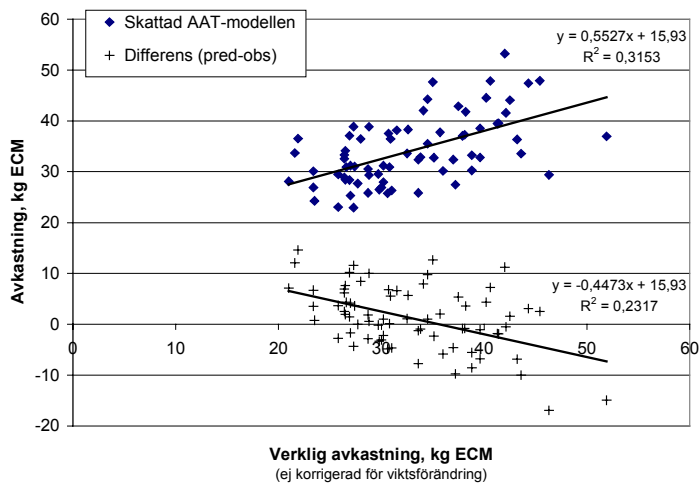


Figur 18. Samband mellan tilldelad mängd aminosyror i form av AAT respektive MP och kväveeffektivitet per ko och dag.

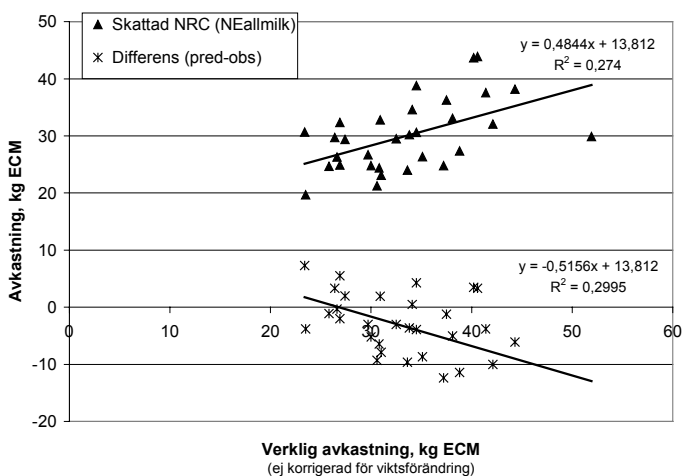
Ett enkelt sätt att åskådliggöra hur väl olika system skattar mjölkproduktionen är att plotta den skattade mjölmängden mot den verkliga, observerade mjölmängden samt att plotta skillnaden mellan skattad och verklig mjölmängd mot den verkliga mjölmängden. I figur 19-24 ses sådana diagram. Figur 19-21 visar skattad mjölmängd mot verklig, observerad mängd mjölk i kg ECM per ko och dag. I figur 22-24 har den verkliga avkastningen korrigerats med hänsyn till förändringar i levande vikten vilket har gett en något bättre prediktion för AAT/PBV-systemet och AAT-modellen men en något sämre prediktion för NRC-systemet.



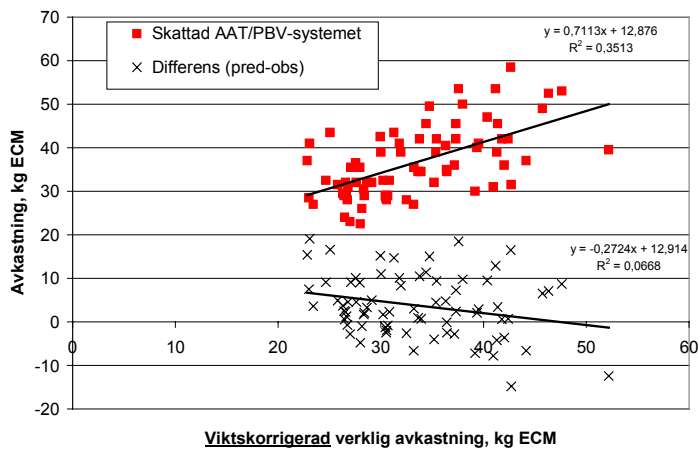
Figur 19. Skattad avkastning enligt AAT/PBV-systemet mot verklig avkastning och differens mellan skattad och verklig avkastning.



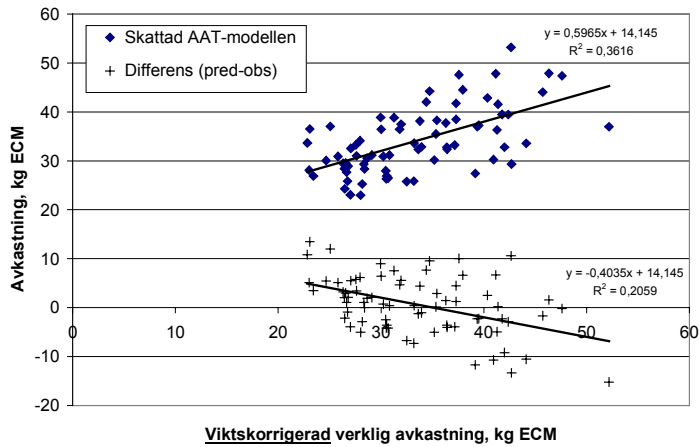
Figur 20. Skattad avkastning enligt norska AAT-modellen mot verklig avkastning och differens mellan skattad och verklig avkastning.



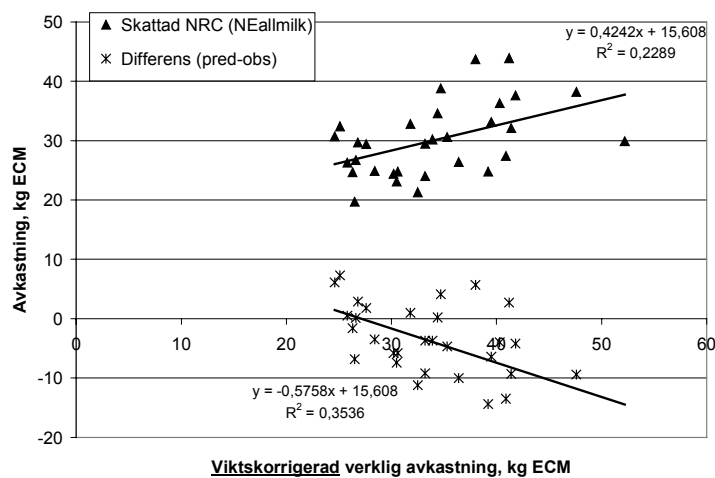
Figur 21. Skattad avkastning enligt NRC (2001) mot verklig avkastning och differens mellan skattad och verklig avkastning.



Figur 22. Skattad avkastning enligt AAT/PBV-systemet mot verklig avkastning som korrigerats m.a.p. förändring av levande vikten, samt differens mellan skattad och verklig avkastning.



Figur 23. Skattad avkastning enligt norska AAT-modellen mot verklig avkastning som korrigerats m.a.p. förändring av levande vikten, samt differens mellan skattad och verklig avkastning.



Figur 24. Skattad avkastning enligt NRC (2001) mot verklig avkastning som korrigerats m.a.p. förändring av levande vikten, samt differens mellan skattad och verklig avkastning.

För försök KI har medelvärden räknats fram för tre grupper baserade på kornas laktationsstadium. En genomsnittlig foderstat för respektive grupp har utvärderats i AAT-modellen och i NRC. Några resultat från AAT-modellen visas i tabell 1. AAT g / dag är genomgående högre enligt norska AAT-modellen än med AAT/PBV-systemet. För grupp 1 underpredikeras den verkliga avkastningen enligt FEm % av norm, medan foderstaterna för grupp 2 och grupp 3 överpredikeras.

Tabell 1. Gruppmedelvärden i försök KI. Resultat i norska AAT-modellen jämfört med svenska AAT/PBV-systemet.

		AAT-modellen						AAT/PBV-systemet	
Grupp	Laktvecka	Mjölkg kg ECM	FEm % av norm	AAT % av norm	AAT g/dag	PBV g/dag	Skattad mjölkprod. ECM	AAT g / dag	PBV g / dag
1	6	36,1	92	105	2097	583	32,4	1903	429
2	12	34,2	108	109	2590	363	37,6	2140	520
3	24	28,3	110	110	2168	584	32,3	1820	637

Några resultat från utvärderingen i NRC ses i tabell 2. MP motsvarar grovt vårt svenska AAT-värde. MP är högre än AAT för grupp 3, men lägre för grupp 1 och 2. NRC skattar mjölkavkastningen både med hänsyn till tillgänglig energi i foderstaten och tillgänglig mängd MP. För grupp 1 underpredikeras mjölkproduktionen både enligt NE och MP, medan den överskattas enligt NE för grupp 2 och grupp 3.

Tabell 2. Gruppmedelvärden i försök KI. Resultat i amerikanska NRC och jämförelse med AAT/PBV-systemet.

		NRC							AAT/PBV-systemet	
Grupp	Laktvecka	Avkastn. kg mjölk	MP g/dag	RDP % av ts	RDP g / dag	RUP % av ts	RUP g / dag	Skattad mjölkprod. enligt NE kg mjölk	Skattad mjölkprod. enligt MP kg mjölk	AAT g / dag
1	6	33,4	1864	12,8	2479	5,2	1008	28,5	25,7	1903
2	12	31,8	2106	12,7	2813	5,2	1158	32,9	28,4	2140
3	24	25,8	1862	13,3	2665	4,7	658	28,7	23,6	1820

Resultat från statistisk bearbetning

Bearbetningarna gjordes på det material som beskrivits tidigare, alltså försöksdata 1 och 2 sammanslaget. Totalt ingick 144 observationer (=veckomedeltal för enskilda kor) i beräkningarna för norska AAT-modellen och 87 observationer för NRC-modellen. Resultaten från AAT-modellen (tabell 3) visar att för produktionen av mjölk och protein är tarmsmältbar stärkelse tillsammans med NDF-andel viktiga förklaringsvariabler. En relativt hög förklaringsgrad för kväveeffektiviteten ($R^2=0,51$) uppnås med de tre variablerna N intag, FEM och AAT. Av tabell 4 framgår att när de svenska AAT- och PBV-parametrarna får chans att konkurrera med AAT-modellens variabler går de in först. Förklaringsgraden för hela modellen blir också högre. När enbart AAT-modellens proteinvariabler samt FEM ingår (Tabell 5), så kommer också effektivt råprotein med som en förklaringsvariabel. Som förklaringsvariabel för Kväveeffektiviteten går det in som första variabel.

Tabell 3. Multipla regressionsmodeller för AAT-modellens olika variabler

Beroende variabel	steg	Förklaringsvariabel	Parameter- estimat*	R ²
ECM, kg/ko och dag		Intercept	25,35	
	1	Stärkelse, t-smb	0,036	0,287
	2	NDF % lev.vikt	-0,318	0,308
	3	N intag	-0,002	0,310
Mjölprotein, g/ko och dag		Intercept	689,25	
	1	Stärkelse, t-smb	1,265	0,408
	2	NDF % lev.vikt	-17,672	0,443
	3	FEM	4,170	0,444
Kväveeffektivitet, %		Intercept	17,93	
	1	N intag	-0,063	0,264
	2	FEM	3,290	0,460
	3	AAT	-0,009	0,511

*Parameter-estimaterna samt interceptet gäller för hela modellen

Tabell 4. Multipla regressionsmodeller för AAT-modellens olika variabler i konkurrens med vårt nuvarande svenska AAT/PBV-system

Beroende variabel	steg	Förklaringsvariabel	Parameter- estimat*	R ²
ECM, kg/ko och dag		Intercept	17,70	
	1	”svensk” AAT	0,034	0,284
	2	FEM	-2,118	0,333
	3	NDF % lev.vikt	-0,694	0,375
Mjölprotein, g/ko och dag		Intercept	354,29	
	1	”svensk” AAT	0,641	0,409
	2	NDF % lev.vikt	-23,956	0,453
	3	N intag	-0,536	0,502
Kväveeffektivitet, %		Intercept	34,84	
	1	”svensk” PBV	-0,008	0,446
	2	NDF % lev.vikt	-0,792	0,504
	3	“svensk” AAT	0,003	0,527

*Parameterestimaterna samt interceptet gäller för hela modellen. Med svensk AAT/PBV menas AAT enligt nuvarande svenska system.

Tabell 5. Multipla regressionsmodeller för AAT-modellens olika proteinparametrar

Beroende variabel	steg	förklaringsvariabel	Parameter- estimat*	R ²
ECM, kg/ko och dag		Intercept	14,76	
	1	AAT g	0,039	0,217
	2	PBV g	0,030	0,240
	3	Effektiv Rp	-0,032	0,356
Mjölprotein, g/ko och dag		Intercept	518,02	
	1	AAT g	-0,042	0,314
	2	Effektiv Rp	0,767	0,341
	3	PBV g	-0,838	0,414
Kväveeffektivitet, %		Intercept	38,1	
	1	Effektiv Rp	-0,020	0,329
	2	Rp totalt	0,013	0,410
	3	AAT g	-0,002	0,414

*Parameter-estimaterna samt interceptet gäller för hela modellen.

Av NRC-modellens variabler går NFC (non fibre carbohydrates) in först för mjölkproduktionsparametrarna (tabell 6). Dessutom går RUP och RDP in. Kväveeffektiviteten förklaras bäst med försörjningen av våmnedbrytbart protein (RDP suppl.), NFC % och NDF %. Tillsammans ger de en förklaringsgrad av hela 0,565. Även för NRC-modellens beräkningar går AAT och PBV beräknade enligt svenska metoder in före NRC:s parametrar (tabell 7).

Tabell 6. Multipla regressionsmodeller för NRC-modellens olika variabler

Beroende variabel	steg	Förklaringsvariabel	Parameter- estimat*	R ²
ECM, kg/ko och dag		intercept	5,66	
	1	NFC %	0,354	0,120
	2	RUP suppl	0,012	0,216
	3	RDP suppl	0,001	0,306
Mjölprotein, g/ko och dag		Intercept	-0,167	
	1	NFC, %	0,018	0,231
	2	DMI actual	0,027	0,385
	3	RDP suppl	-0,00005	0,396
Kväveeffektivitet, %		intercept	-8,00	
	1	RDP suppl	-0,004	0,402
	2	NFC %	0,778	0,539
	3	NDF %	0,426	0,565

*Parameter-estimaterna samt interceptet gäller för hela modellen

Tabell 7. Multipla regressionsmodeller för NRC-modellens olika variabler i konkurrens med AAT- och PBV-värden framräknade med nuvarande svenska system

Beroende variabel	steg	förklaringsvariabel	Parameter- estimat*	R ²
ECM, kg/ko och dag		Intercept	13,887	
	1	”svensk” AAT*	0,027	0,229
	2	DMI actual	-1,670	0,366
	3	Ej sign.	-	-
Mjölprotein, g/ko och dag		intercept	0,082	
	1	”svensk” AAT	0,0007	0,345
	2	DMI actual	-0,036	0,486
	3	NFC %	0,007	0,505
Kväveeffektivitet, %		intercept	41,49	
	1	”svensk” PBV	-0,007	0,460
	2	Forage NDF %	-0,368	0,570
	3	RUP suppl	-0,003	0,577

*Parameterestimatet samt interceptet gäller för hela modellen. Med svensk AAT/PBV menas AAT enligt nuvarande svenska system.

Diskussion

När kväveeffektiviteten utvärderades i föreliggande studie visade det sig att det nuvarande svenska AAT/PBV-systemet hävdade sig bra. Jämförelserna gjordes mot USA:s system, NRC, som reviderades 2001 och den nya norska AAT-modellen (Volden, 2001), ej att förväxla med Norges variant av AAT/PBV-systemet som alltjämt tillämpas där.

Variationen i kväveeffektivitet analyserades statistiskt i modeller som maximerar förklaringsgraden (R²). I NRC:s modell var det våmnedbrytbart protein och kolhydratfraktioner i foderstaten som var de viktigaste variationsorsakerna. När dessa amerikanska parametrar fick konkurrera med AAT och PBV från det svenska systemet blev det dock PBV som förklarade mest i den statistiska utvärderingen, vilket framgår av tabell 7. Även om vårt dataunderlag är begränsat i omfattning och delvis innehåller extrema foderstater är resultatet spännande. I rådgivning och praktik för att nå bättre kväveeffektivitet i Sverige har vi kanske inte utnyttjat PBV efter dess förtjänster. Näst mest av variationen i kväveeffektivitet efter PBV förklarade NDF från vallfoder. Först på tredje plats kom en NRC-parameter, nämligen total mängd våmstabil protein (RUP).

När variationen i kväveeffektivitet analyserades i den norska AAT-modellen på motsvarande sätt som beskrivits ovan, var det totala kväveintaget som förklarade mest. Eftersom AAT-modellen var ett helt nytt system för oss var det spännande att följa hur resultaten kom fram. Näst mest förklarades av intag av nettoenergi och på tredje plats kom AAT beräknat på det sätt som sker i norska AAT-modellen. Även här utmanades den nya AAT-modellen av de vanliga svenska AAT- och PBV-parametrarna. Med dessa tillgängliga blev den viktigaste förklarande variabeln det svenska PBV-värdet. Näst mest förklarades av NDF och på tredje plats kom det svenska AAT-värdet. Dessa tre variabler förklarade hela 53% av variationen i kväveeffektivitet. Resultaten pekar på att NDF i foderstaten kan vara en underskattad variabel i detta sammanhang. Som jämförelse kan nämnas att Broderick (2003) i försök visade att när NDF-halten sänktes från 36 till 28% så erhöles resultat som pekar på att produktionen av

mikrobiellt protein ökade hos korna. I samma rapport konstaterade Broderick att det inte fanns något samspel mellan foderstaternas råproteinhalt (3 nivåer) och NDF-halten (3 nivåer). D v s sambandet mellan NDF och mikrobproduktionen var oberoende av proteinhalt.

Som framgår av föreliggande resultat finns stora effekter av de utvärderade systemen på beräknad energiförsörjning. Ett exempel är den ko som avkastar 20 kg ECM och utfodras med endast vallfoder, se figur 11 i Resultat. Eftersom behov och tilldelning av energi ofta styr i systemen får detta effekter på t ex förväntad mjölk mängd, vilket i sin tur påverkar beräknad kväveeffektivitet. En intressant referenspunkt för jämförelser mellan system utgörs alltså av vilken mjölkavkastning som beräknas utifrån energiförsörjningen från respektive foderstat. Orsakerna till detta är flera. Dels sammanfattar man totala näringsförsörjningen i energibegreppet. Dels finns en koppling mellan förändring av kroppsvikt och energibalansen. Det finns dock invändningar. Energibegreppen är olika formulerade och ger därmed olika resultat, dessutom finns andra viktiga faktorer än energibalansen som påverkar djurens levande vikt. Ett intressant exempel är NRC. När det reviderades 2001 (se svensk översikt, Gustafsson 2001) genomfördes en omfattande validering som visade på att energiförsörjningen i genomsnitt var ca 2% högre än djurens förbrukning enligt systemets beräkningar (NRC, 2001). I en annan utvärdering med data från 12 långa utfodringsförsök med totalt 838 kor (Yan et al., 2003) jämfördes NRC med flera andra system. Slutsatsen där blev bl a att förväntad avkastning enligt NRC var 4,2% högre än den verkliga mjölkavkastningen. Vad gäller kopplingen mellan energivärderingssystem och kornas förändring av levande vikten konstaterade Yan et al., 2003 att alla systemen i studien hade en dålig skattning av viktsförändringen.

Vi har i föreliggande studie fokuserat på proteinvärderingen och bara i mindre utsträckning berört energisystemen. Eftersom energisystemen är en central del i alla här berörda system finns de ändå med som jämförelsegrund här och var i rapporten. Vi har gjort korrigeringar för levande vikt i några fall, men väl medvetna om risker och begränsningar när det gäller omräkning mellan vikt och energi tillgänglig för mjölkproduktion så har vi tydligt angivit när sådana är gjorda.

Ökad konsumtion av kväve hos korna innebar ökad mängd kväve i urin och träck. Detta är ett väl känt samband och vi fick det bekräftat i föreliggande studie. Det är intressant att notera att sambandets styrka inte förefaller att avta trots mycket stora intag av kväve (se figur 12) utan är linjärt från låga till mycket höga nivåer. I rådgivningen använder man emellertid sällan intag av kväve. Det vanligaste begreppet för kväve är råproteinhalten ($Rp\%$) i fodrets torrsubstans. Likaså är kväveeffektivitet (mjölk-N/foder-N) i % mycket oftare använt än mängd kväve i urin och träck. När man granskar diagrammet där råproteinhaltens effekt på kväveeffektiviteten visas i föreliggande rapport förefaller dessa parametrar relativt intetsägande. Man bör då komma ihåg att de försök som använts i utvärderingen hade en liten variation i råproteinhalt inom försök. Man vet sedan tidigare att det finns ett ganska starkt samband mellan råproteinhalt och kväveeffektivitet (se översikt av Gustafsson, 2001). Ett aktuellt resultat som bekräftar detta är att andelen mjölkkväve av totalt foderkväve ökade linjärt från 25% till 31% då foderstatens halt av råprotein ökades från 15,1% till 18,3% (Broderick, 2003). Samtidigt ökade då andelen urinkväve från 23 till 35%.

En viktig faktor för vilka samband man finner är hur stort material och vilken typ av försöksdata man använt. I denna utvärdering handlade det om kor med fri tillgång på foder och till viss del extrema foderstater. Varför valde vi då just dessa två studier? Två faktorer ligger bakom valet av försöksdata. För det första finns det inte så många olika svenska studier

att välja på när man vill ha uppgifter som hör ihop med nyare värderingsmetoder. För det andra ville vi inte enbart ha vanliga balanserade foderstater, utan även ganska extrema sådana för att tänja på gränserna och se hur de olika systemen reagerade på t ex mycket höga vallgivor och höga baljväxtandelar.

Vilka slutsatser skall man då dra av allt detta? Först och främst gäller det att hålla i minnet att vårt material är begränsat i storlek och att systemen är nya och ännu inte mycket utvärderade. Mest valideringar torde vara gjorda på NRC. Att jämföra olika system för värdering av t ex foderstater, energi eller protein är dessutom att välja. Val av metod är helt avgörande för resultaten och dessa val kan alltid ifrågasättas. Som exempel kan nämnas att St-Pierre (2001) pekar på risken för att komma till fel slutsats när man gör jämförelser över flera studier utan att tillfredställande beakta att man har olika varians i de olika försöken och att observationerna inom ett försök har mer gemensamt än observationer mellan olika försök (s.k. block effekt).

Trots alla dessa reservationer drar vi slutsatsen att det nuvarande svenska AAT/PBV-systemet hävdar sig väl i konkurrensen med nya system i dagens läge, i varje fall när det gäller att skatta kväveeffektiviteten. Vi ser emellertid att de nya systemen har potential att utvecklas och på sikt bli klart starkare än dagens system. De nya systemen innehåller parametrar och samspel som förefaller biologiskt och produktionsmässigt rimliga. Vår tidigare uppfattning att värderingen av vallfoder är en mycket kritisk punkt har förstärkts genom denna studie. De här utvärderade modellerna förefaller emellertid ännu inte på ett tillfredställande sätt fånga in de variationer som är kopplade till grovfodrets kvalitet.

Slutsatser

Både AAT-modellen och NRC ger rimligt hög förklaringsgrad av observerad kväveeffektivitet i mjölkproduktionen ($R^2 > 0,5$). Produktionen förutsägs med lägre grad av precision ($R^2 \approx 0,2 - 0,5$). Det faktum att våra svenska AAT och proteinberäkningar går in före de undersökta modellernas parametrar visar att de antagligen är bättre anpassade för den typ av foderstater som beräkningarna gjorts för. För närvarande ger alltså vårt officiella svenska proteinvärderingssystem minst lika goda förutsättningar att förutsäga mjölkproduktion och kväveeffektivitet som AAT-modellen och NRC.

Referenser

- Bertilsson, J. and Halling, M. (red.). 2001. *Baljväxtensilage som foder till kor och får. Utnyttja fördelarna med vallbaljväxter*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.
- Broderick, G. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:1370.
- Broderick, G. 1996. Improving utilization of forage protein by the lactating dairy cow. US Dairy Forage Research Center.

- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E. & France, J. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of animal and feed sciences*. 9: 1 - 32.
- Gustafsson, A.H. 2001. Högre kväveeffektivitet i mjölkproduktionen genom ändrad utfodring – vad är möjligt att uppnå? *Svensk Mjolk Forskning*. Rapport nr 4999. 2001-08-30.
- Salomonsson, M, Gustafsson, A.H., Bertilsson, J., Melin, M. & Emanuelson, M. 2002. AAT/PBV-systemet i Norden, skillnader utvecklingsvägar och möjlighet till förbättrad kväveeffektivitet. *Svensk Mjolk Forskning*. Rapport nr 7004-P.
- St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84:741.
- NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th revised ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C.
- Volden, H. 2001. Utvikling av et mekanistisk system for vurdering av fôr til drøvtyggere, AAT-modellen. In: *Fôropptak og fôrmiddelvurdering hos drøvtyggere*. Fagseminar 18-19 september, 2001. Quality hotel Halvorsbøle, Jevnaker.
- Yan, T. Agnew, R. E., Murphy, J. J., Ferris, C. P. and Gordon, F. J. 2003. Evaluation of different energy feeding systems with production data from lactating dairy cows offered grass silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 86: 1415.
- Österman, S. 2003. Extended calving interval and increased milking frequency in dairy cows. Doctorial thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Scandinavica*. No 383. Swedish University Of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden. ISSN 1401-6249.