



Forudsigelse af ad libitum foderoptagelsen hos voksende kvæg. Revision og videreudvikling af 86/87- systemet

*Prediction of voluntary food intake
in growing cattle. Revision and
further development of the 86/87-
system*

Klaus Lønne Ingvartsen

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Forskningscenter Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele

Tlf.: 89 99 19 00. Fax: 89 99 19 19

Statens Husdyrbrugsforsøg, oprettet 1883, er en institution under Landbrugsministeriet.

Institutionen har til formål at gennemføre forskning og forsøg og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssigt husdyrbrug i Danmark og bidrage til en hurtig og sikker formidling af resultater til brugerne.

Der skal i forsknings- og forsøgsarbejdet lægges vægt på ressourceudnyttelse, miljø og dyrevelfærd samt husdyrprodukternes kvalitet og konkurrenceevne.

Institutionen er opdelt i fem forskningsafdelinger, et Centrallaboratorium, en Afdeling for Landbrugsdrift og et Sekretariat. Forskningsafdelingerne omfatter Afd. for Dyrefysiologi og Biokemi samt fire dyreartsorienterede afdelinger: Afd. for Forsøg med Kvæg og Får, Afd. for Forsøg med Svin og Heste, Afd. for Forsøg med Fjerkræ og Kaniner samt Afd. for Forsøg med Pelsdyr.

Abonnement på Statens Husdyrbrugsforsøgs Forskningsrapporter, Beretninger og informationsblad kan tegnes ved direkte henvendelse til Statens Husdyrbrugsforsøg på ovenstående adresse.

NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Research Centre Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele

Tel: +45 89 99 19 00. Fax: +45 89 99 19 19

The National Institute of Animal Science was founded in 1883 and is a governmental research institute under the Ministry of Agriculture.

The aim of the institute is to carry out research and accumulate knowledge of importance to Danish animal husbandry and to contribute to an efficient implementation of the results to the producers.

In the research great importance is attached to the utilization of resources, environment and animal welfare and to the quality and competitiveness of the agricultural products.

The National Institute of Animal Science comprises five research departments, a Central laboratory, a department for Farm Management and Services, and a Secretariat. The research departments comprise: Dept. for Animal Physiology and Biochemistry, Dept. for Research in Cattle and Sheep, Dept. for Research in Pigs and Horses, Dept. for Research in Poultry and Rabbits, and Dept. for Research in Fur Animals.

For subscription to reports and other publications please apply directly to the above address.

Klaus Lønne Ingvartsen
Afd. for forsøg med Kvæg og Får

Forudsigelse af ad libitum foder-
optagelsen hos voksende kvæg.
Revision og videreudvikling af
86/87-systemet

*Prediction of voluntary food intake in
growing cattle. Revision and further
development of the 86/87-system*

With English abstract, summary, and
subtitles

Forord

Forudsigelse af ad libitum foderoptagelsen er en væsentlig forudsætning for planlægning og optimering af produktionen af såvel kælvekvier som slagtedyr. Dette er baggrunden for at Afdeling for Forsøg med Kvæg og Får har fokuseret på, hvilke faktorer der regulerer ad libitum foderoptagelsen samt dens forudsigelse.

Mulighederne for at forudsige ungdyrs ad libitum foderoptagelse blev først præsenteret ved Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde i 1979 i indlægget med titlen "Foderoptagelse hos kvier og tyre" ved H. Refsgaard Andersen. I de følgende år blev der arbejdet videre med emnet med det formål at udvikle et system, der kunne anvendes såvel manuelt som i edb-løsninger. Arbejdet resulterede bl.a. i Beretning nr. 614 af K. Lønne Ingvartsen, H.

Refsgaard Andersen og J. Foldager, der omhandler foderoptagelsens regulering og som endvidere præsenterede et foreløbigt additivt system til forudsigelse af ad libitum foderoptagelsen. Fylderne i dette system blev senere justeret af H. Refsgaard Andersen, J. Foldager og K. Lønne Ingvartsen på basis af en række danske forsøg. Dette er i sin helhed beskrevet i Meddelelse nr. 683.

I en ph.d.-afhandling med titlen "A system for prediction of voluntary feed intake in growing cattle and use of feed intake to monitor performance" har K. Lønne Ingvartsen på basis af litteraturstudier revideret og videreudviklet systemet til forudsigelse af foderoptagelsen hos ungdyr. I nærværende Beretning er den gennemførte revision og videreudvikling af 86/87-systemet beskrevet.

Foulum, januar 1994

B. Bech Andersen

Abstract

The purpose of this report is to revise and further develop the original additive system for prediction of voluntary feed intake in growing cattle, which was put to use in Denmark in 1987. The report is based on seven original articles and a review of the literature.

The principle of the additive system is that growing cattle are ascribed feed intake capacities for energy (FEmax) and fill units (Ku). Animals are assumed to eat energy (Scandinavian Feed Units) until their intake capacity for energy is reached when metabolic factors limit voluntary feed intake. When physical factors are predominant, animals are assumed to consume fill units (FFu) to the limit of their fill capacity.

New guidelines for determination of the fill (FFu) of feedstuffs are proposed. FFu is mainly dependent on type of feed, physical processing, and energy concentration (Scandinavian Feed Units per kg dry matter) - the value based on these factors is called FFu_{EK}. However, FFu also needs to be corrected for silage dry matter content (Δ FFu_{TS}),

silage fermentation quality (Δ FFu_{SS}), and legume content of herbage (Δ FFu_{BP}). All corrections for the fill of feeds are made in relation to FFu_{EK}. Following the relevant corrections, FFu can be calculated as:

$$\text{FFu} = \text{FFu}_{\text{EK}} + \Delta\text{FFu}_{\text{TS}} + \Delta\text{FFu}_{\text{SS}} + \Delta\text{FFu}_{\text{BP}}$$

Feed intake capacities for tethered animals are based mainly on animal breed, live weight, and sex (FEmax_w and Ku_w). However, the capacities may be corrected for week of pregnancy (Δ Ku_{DR}), loose housing (Δ FEmax_L, Δ Ku_L), space allowance (Δ FEmax_B, Δ Ku_B), and photoperiod (Δ FEmax_{DL}, Δ Ku_{DL}). All adjustments in feed intake capacities are made in relation to FEmax_w and Ku_w. Therefore intake capacities can be calculated as:

$$\text{FEmax} = \text{FEmax}_w + \Delta\text{FEmax}_L + \Delta\text{FEmax}_B + \Delta\text{FEmax}_{DL}$$

$$\text{Ku} = \text{Ku}_w + \Delta\text{Ku}_{DR} + \Delta\text{Ku}_L + \Delta\text{Ku}_B + \Delta\text{Ku}_{DL}$$

Limitations of the system, its advantages, and further research requirements are discussed.

Key words: Feed intake, energy, fill, heifers, bulls, steers, model.

Indholdsfortegnelse

Forord	3
Abstract	4
List of contents	6
Sammendrag	7
Summary	9
1 Indledning	11
2 86/87-systemet til forudsigelse af foderoptagelsen	12
3 Revision af 86/87-systemet	14
3.1 Fodermidlernes fyldeværdi (FFu)	15
3.1.1 FFu for kraftfoder	15
3.1.2 FFu for grovfoder	15
3.1.2.1 Virkning af fysisk form	16
3.1.2.2 Virkning af konservering, tørstofindhold i ensilage og gæringskvalitet	17
3.1.2.3 Virkning af bælgeplanter	18
3.1.2.4 Helsædsensilage og roctopensilage	19
3.1.3 Retningslinier for beregning af FFu	20
3.2 Foderoptagelseskapaleteten for energi (FEmax) og fylde (Ku)	26
3.2.1 Virkning af race	26
3.2.2 Virkning af køn	27
3.2.3 Virkning af drægtighed	27
3.2.4 Virkning af daglængde	28
3.2.5 Virkning af staldtype og belægningsgrad	29
3.2.5.1 Bindestald kontra løsdriфт	29
3.2.5.2 Belægningsgrad	29
3.2.5.3 Plads ved foderbordet	29
3.2.6 Retningslinier til beregning af FEmax and Ku	29
4 Systemets begrænsninger og behovet for yderligere undersøgelser	32
4.1 Systemets begrænsninger i forudsigelse af foderoptagelsen	32
4.2 Behov for system til bestemmelse af fodermidlers FFu in vivo	33
4.3 Foderoptagelseskapaletet	34
4.4 Perspektiver og alternative modeller til forudsigelse af foderoptagelse	34
Litteratur	36

List of contents

Preface	3
Abstract	4
Indholdsfortegnelse	5
Danish summary	7
English summary	9
1 Introduction	11
2 The 86/87-system for prediction of feed intake	12
3 Revision of the 86/87-system	14
3.1 The fill value (FFu) for feeds	15
3.1.1 FFu for concentrates	15
3.1.2 FFu for roughages	15
3.1.2.1 Effect of physical form	16
3.1.2.2 Effect of conservation, silage dry matter concentration and fermentation quality	17
3.1.2.3 Effect of legumes	18
3.1.2.4 Whole crop silage and beet top silage	19
3.1.3 Guidelines for calculating FFu	20
3.2 Feed intake capacity for energy (FEmax) and fill units (Ku)	26
3.2.1 Effect of breed	26
3.2.2 Effect of sex	27
3.2.3 Effect of pregnancy	27
3.2.4 Effect of day length or photoperiod	28
3.2.5 Effect of type of housing and space allowance	29
3.2.5.1 Tie stalls versus loose housing	29
3.2.5.2 Space allowance	29
3.2.5.3 Space at manger	29
3.2.6 Guidelines for calculating FEmax and Ku	29
4 Limitations and further research requirements	32
4.1 Limits of the system for predicting intake	32
4.2 The need for a system for determination of fill values in vivo	33
4.3 Feed intake capacity	34
4.4 Perspectives and alternative models for prediction of feed intake	34
References	36

Sammendrag

Formålet med denne beretning er at videreudvikle og justere det hidtidige foderoptagelsessystem til ungdyr, der blev taget i brug i 1987 (86/87-systemet).

Beretningen er baseret på en bearbejdning af såvel danske forsøgsdata som på litteraturoversigter. På baggrund heraf er 86/87-systemet revideret. Der er foreslået nye retningslinier for beregning af fodermidlernes fylde og dyrenes optagelseskapacitet. Systemets begrænsninger, dets fordele samt behovet for yderligere undersøgelser er diskuteret.

Fodermidlernes fylde (FFu)

En række faktorer ved foderet, udover de, der hidtil har været inddraget i 86/87-systemet, kan påvirke foderets FFu. For at tage højde for disse faktorer er der foreslået en række korrigerende funktioner. Efter revisionen er der mulighed for at tage hensyn til følgende faktorer ved fastlæggelsen af foderets FFu: fodertype, grovfoderets findelingsgrad, konservering, ensilagens tørstofindhold, gæringskvalitet samt rationens indhold af bælglplanter.

Fysisk forarbejdning af grovfoder kan øge foderoptagelsen betydeligt. På basis af litteraturen foreslås FFu for lang halm og hø beregnet afhængig af energikoncentrationen (FFu_{EK}) efter ligning (3), mens FFu_{EK} for snittet halm og hø beregnes efter ligning (4). De to ligninger erstatter den hidtil anvendte ligning for ikke formalet grovfoder. FFu_{EK} beregnet efter ligningerne er illustreret i figur 7.

Konservering, ensilagens tørstofindhold og gæringskvalitet påvirker foderoptagelsen og dermed FFu. Normalt er optagelsen af græsensilage mindre end optagelsen af den friske afgrøde eller af hø. Hvis ensilagen er finsnittet, har en god gæringskvalitet og indeholder 50% tørstof eller derover, er forskellen imidlertid ubetydelig. FFu_{EK} for denne type ensilage beregnes derfor efter ligning (4) som for snittet hø og halm. Samme ligning kan også anvendes til beregning af FFu_{EK} for frisk græs.

Virkningen af tørstofindholdet på optagelsen af græsensilage afhænger af, om der suppleres med kraftfoder eller ej. Ændringen i FFu afhængig af ensilagens tørstofindhold (ΔFFu_{TS}) kan beregnes ved ligning (5), hvis der tildeles kraftfoder og

ligning (6), hvis der udelukkende fodres med græsensilage. Virkningen af ensilagens tørstofindhold på FFu ses af figur 4 og tabellerne 3-6.

FFu_{EK} for majs-, helsæds- og roetopensilage kan beregnes efter ligning (4) som for græsensilage. Optagelsen af roetop påvirkes ikke af tørstofindholdet og korrigeres derfor ikke. Det gør optagelsen af majs og helsædsensilage derimod, omend i mindre grad end græsensilage. For at bevare et enkelt system er det foreslået, at ligning (5) også anvendes for majs og helsædsensilage, blot øges ensilagens tørstofprocent med 10 inden beregningen af ΔFFu_{TS} .

Dårlig gæringskvalitet reducerer foderoptagelsen. Ensilagens indhold af smørsyre er en god indikator for ensilagens gæringskvalitet. Når smørsyreindholdet er over 5 g per kg tørstof, korrigeres ensilagens FFu for smørsyreindholdet (ΔFFu_{SS}), som det fremgår af ligning (7). Ændring i ensilagens FFu afhængig af smørsyreindholdet er illustreret i figur 5.

Bælglplanter nedbrydes og forgæres hurtigere end græsser i vommen. Sammenlignet ved samme fordøjelighed er optagelsen af bælglplanter derfor 20% højere end af græs. FFu for såvel ensilage som friske afgrøder korrigeres for indholdet af bælglplanter (ΔFFu_{BP}) ved hjælp af ligning (8).

Alle justeringer af fodermidlernes fylde er foretaget i forhold til FFu_{EK} og FFu kan derfor beregnes som:

$$FFu = FFu_{EK} + \Delta FFu_{TS} + \Delta FFu_{SS} + \Delta FFu_{BP}.$$

Der er udarbejdet opslagstabeller, der viser fodermidlernes FFu (tabel 3 og 4) samt tabeller til hjælp ved beregningen af FFu (tabel 5 og 6).

Foderoptagelseskapacitet (FEmax og Ku)

Udover ungdyrenes race og vægt, som er inddraget i beregningen af foderoptagelseskapaciteten i 86/87-systemet, kan følgende faktorer ved dyrene og produktionssystemet påvirke optagelseskapaciteten: køn, drægtighed, staldtype, belægningsgrad og daglængde. Disse faktorer er inddraget i beregningen af FEmax og Ku i det reviderede system, ligesom virkningen af race på FEmax og Ku er justeret på basis af nye data.

FEmax og Ku beregnet på nyere datamateriale

er signifikant højere end værdierne beskrevet i 86/87-systemet. En væsentlig del af stigningen i foderoptagelseskapa­citeten skyldes sandsynligvis genetisk selektion. Forskellene i foderoptagelseskapa­citeterne mellem RDM og SDM er små. Som i 86/87-systemet angives derfor kun et sæt værdier for FEmax og Ku til ungdyr af tung race. FEmax og Ku for de tunge racer og Jersey beregnes på basis af ligning (10) til (13).

Ku hos kvier er signifikant højere end hos ungtyre ved vægte mindre end 250 kg. Derfor foreslås Ku for kvier af tung race og Jersey be­regnet efter henholdsvis ligning (14) og (15). Foderoptagelseskapa­citeterne afhængig af race, køn og vægt (FEmax_w og Ku_w) kan aflæses i tabel 7. Værdierne beregnet efter ligning (10) til (15) samt i tabel 7 gælder for bundne ungdyr og erstatter tidligere værdier.

Foderoptagelseskapa­citeten mindskes i den sidste del af drægtigheden. Fra den 26. drægtig­hedsuge falder tørstofoptagelsen med 1,53% per uge i forhold til den forventede optagelseskapa­citet, svarende til at optagelseskapa­citeten i den sidste del af drægtigheden er reduceret med mellem 20 og 25%. Ændringen i kapa­citeten afhængig af drægtighedsuge (ΔKu_{DR}) beregnes efter ligning (16).

FEmax og Ku påvirkes af staldtype og be­lægningsgrad. Løsgående dyr (>4,7 m²) øger op­tagelseskapa­citeten ($\Delta FEmax_L$ og ΔKu_L) med 4% i forhold til, at de var bundne. For tæt opstaldning medfører stress, hvilket reducerer foderoptagelsen. Ved en belægningsgrad på for eksempel 1,3 m² per dyr over 250 kg reduceres tørstofoptagelsen til 91% i forhold til optagelsen hos dyr, der er givet et areal på >4,7 m². Ændringen i optagelseskapa­citeterne afhængig af belægningsgraden ($\Delta FEmax_B$ og ΔKu_B) beregnes på basis af ligning (22) og (23).

Optagelseskapa­citeten hos staldfodrede dyr påvirkes af daglængden. En forøgelse af daglæng­den med een time øger tørstofoptagelsen med 0,32%. Dette svarer til en forskel i optagelses­

kapa­citeten mellem den lyseste og den mørkeste periode af året på 3,5%. Ændringen i optagelses­kapa­citeterne afhængig af daglængden ($\Delta FEmax_{DL}$ og ΔKu_{DL}) kan beregnes efter ligning (17) og (19).

Alle justeringer i foderoptagelseskapa­citeterne er foretaget i forhold til FEmax_w og Ku_w. Op­tagelseskapa­citeterne kan derfor beregnes således:

$$FEmax = FEmax_w + \Delta FEmax_L + \Delta FEmax_B + \Delta FEmax_{DL}$$

$$Ku = Ku_w + \Delta Ku_{DR} + \Delta Ku_L + \Delta Ku_B + \Delta Ku_{DL}$$

FEmax_w og Ku_w for opbundne dyr kan aflæses i tabel 7. Ved hjælp af tabel 8 kan optagelseskapa­citeten hos løsgående ungdyr nemt beregnes afhæn­gig af belægningsgrad og daglængde.

Systemets begrænsninger, dets fordele samt behovet for yderligere undersøgelser

En forudsætning for, at systemet kan forudsige foderoptagelse nøjagtigt er, at dyrenes behov for næringsstoffer og struktur er dækket. Da FFu i væsentlig udstrækning er fastlagt på grundlag af foderets energikoncentration, er det ligeledes afgørende, at fodermidlernes energikoncentration er korrekt bestemt.

Der er behov for en standardiseret metode til fastlæggelse af fodermidlernes fylde. Mulighederne og sikkerheden i et romer kvadrat design, hvor fodermidlers fylde undersøges i forhold til "stan­dard" kraftfoder og grovfoder på "standard" dyr, er diskuteret.

Det reviderede system undervurderer optagelsen af rationer bestående af 20-50% NH₃ eller NaOH behandlet halm og 20-30% melasse med 10-30%.

Der er behov for fastlæggelse af foderoptagel­seskapa­citeten for ungdyr af kødrace. Endvidere er der behov for at kvantificere virkningen af tidligere fodring og fedningsgrad på den efterfølgende foderoptagelseskapa­citet.

Systemets opbygning har den fordel, at det er enkelt og let at udbygge til at tage hensyn til nye faktorer, der påvirker foderoptagelsen.

Summary

The purpose of this report is to revise and further develop the original system for prediction of voluntary feed intake in growing cattle, which was put to use in 1987 (86/87-system).

The report is based on both Danish experiments and review of the literature. On this basis the 86/87-system was revised. New guidelines for determination of the fill (FFu) of feedstuffs and the intake capacity of animals (FEmax and Ku) are proposed. Limitations of the system, its advantages and focus for further research are discussed.

FFu of feeds

A number of feed factors, in addition to those already included in the 86/87-system, can affect FFu of feeds. To take these factors into account a number of correcting equations has been proposed. After the revision it is possible to consider the following when determining FFu: type of feed, fineness of roughage, method of conservation, silage dry matter content, fermentation quality, and legume content of herbage.

Physical processing of roughages can increase feed intake considerably. It is proposed that FFu for long straw and hay dependent on energy concentration (FFu_{EK}) be calculated from Equation (3), while FFu_{EK} for chopped straw and hay is calculated from Equation (4). These equations replace the previous equation used for non-ground roughage. FFu_{EK} calculated from these equations is illustrated in Figure 7.

Conservation, silage dry matter content, and fermentation quality affect feed intake and, consequently, FFu. Normally intake of silage is less than intake of fresh herbage or hay. If silage is finely chopped, well fermented, and contains more than 50% dry matter the differences are insignificant. FFu_{EK} for this type of silage can therefore be calculated from Equation (4) as for chopped hay and straw. This equation can also be used for calculating FFu_{EK} for fresh grass.

The effect of dry matter content on silage intake depends on whether concentrates are fed. Altered FFu dependent on silage dry matter content (ΔFFu_{TS}) can be calculated from Equation (5) when concentrates are fed, and Equation (6) if silage is

fed solely. The effect of silage dry matter content is illustrated in Figure 4 and Tables 3 to 6.

FFu_{EK} for maize, whole crop grain, and beet top silage can be calculated from Equation (4) as for grass silage. Intake of beet top silage is not affected by dry matter content and consequently, is not corrected. However, intake of maize and whole crop grain silage is affected, although to a lesser extent than for grass silage. To keep the system simple it is proposed that Equation (5) also be used for maize and whole crop grain silage but prior to calculation of FFu_{TS} the silage dry matter content is increased by 10.

Poor fermentation quality reduces feed intake. Content of butyric acid in silage is an indicator of fermentation quality. If butyric acid content of silage is higher than 5 g per kg dry matter, FFu is corrected for butyric acid content (ΔFFu_{SS}) as shown in Equation (7). Changes in silage FFu dependent on butyric acid content are illustrated in Figure (5).

Legumes are degraded and fermented more rapidly than grass in the rumen. Compared at the same digestibility the intake of legumes is 20% higher than that of grass. FFu for silage as well as for fresh forage is corrected for legume content (ΔFFu_{BP}) using Equation (8).

All corrections for the fill of feeds are made in relation to FFu_{EK} and therefore FFu can be calculated as:

$$FFu = FFu_{EK} + \Delta FFu_{TS} + \Delta FFu_{SS} + \Delta FFu_{BP}$$

Tables for obtaining FFu (Tables 3 and 4) and tables assisting in the determination of FFu (Tables 5 and 6) are presented.

Feed intake capacity (FEmax and Ku)

In addition to breed and live weight which are included in the calculation of feed intake capacity in the 86/87-system, the following factors influence intake capacity: sex, pregnancy, type of housing, and photoperiod. These factors are incorporated in calculating FEmax and Ku, and the effect of breed on FEmax and Ku is adjusted in the revised system.

FEmax and Ku determined from new data are significantly higher than the values described in the

86/87-system. A considerable proportion of the increase in intake capacity is probably due to genetic selection. Differences in intake capacity between Danish Friesians and Danish Red Cattle are small. As in the 86/87-system only one set of values for FEmax and Ku is given for growing cattle of large breeds. FEmax and Ku for large breeds and Jerseys can be calculated on basis of Equations (10) to (13).

Below 250 kg live weight Ku is significantly higher in heifers compared to bulls. Therefore, it is proposed that Ku for heifers of large breeds and Jerseys be calculated from Equations (14) and (15), respectively. The intake capacities dependent on breed, sex, and live weight (FEmax_w and Ku_w) can be read in Table 7. The values calculated using Equations (10) to (15) and the values in Table 7 are valid for tied animals and replace previous values.

Feed intake capacity is reduced during the last part of pregnancy. From week 26 of pregnancy dry matter intake is reduced by 1.53% per week in relation to expected intake capacity, equivalent to a reduction in intake capacity during the final stage of pregnancy of 20 to 25%. Changes in intake capacity dependent on week of pregnancy can be calculated from Equation (16).

FEmax and Ku are influenced by housing type and space allowance. Loose-housed animals (>4,7 m²) increase intake capacity ($\Delta FEmax_L$ and ΔKu_L) by 4% compared to tethered animals. Too little space allowance gives stress, which reduces feed intake. At a space allowance of 1.3 m² per animal above 250 kg live weight, dry matter intake is reduced to 91% compared to animals given >4.7 m². The change in intake capacity dependent on space allowance ($\Delta FEmax_B$ and ΔKu_B) can be calculated on the basis of Equations (22) and (23).

Intake capacity of barn-fed animals is influenced by day length. A one hour increase in day length increases dry matter intake by 0.32%. This is equivalent to a difference in intake capacity

between the lightest and the darkest period of the year of 3.5%. The changes in the intake capacities dependent on day length ($\Delta FEmax_{DL}$ and ΔKu_{DL}) can be calculated from Equations (17) and (19).

All adjustments in feed intake capacities are made in relation to FEmax_w and Ku_w. Therefore intake capacities can be calculated as:

$$\begin{aligned} FEmax &= FEmax_w + \Delta FEmax_L + \Delta FEmax_B + \Delta FEmax_{DL} \\ Ku &= Ku_w + \Delta Ku_{DR} + \Delta Ku_L + \Delta Ku_B + \Delta Ku_{DL} \end{aligned}$$

FEmax_w and Ku_w for tethered animals can be read from Table 7. Using Table 8 feed intake capacities for loose-housed animals can easily be calculated dependent on space allowance and day length.

Limitations of the system, its advantages, and further research requirements

A prerequisite for accuracy of the system in predicting intake is the fulfilment of animal need for nutrients and structure. Since FFu is primarily determined on the basis of energy concentration, it is important that the energy concentration is correctly determined.

There is a need for a standardized method to determine the fill of feeds. The possibilities and accuracy in a latin square design, where feed fill is determined in relation to "standard" concentrates and roughage on "standard" animals, are discussed.

The revised system underestimates, by 10-30%, the intake of diets consisting of 20-50% NH₃ or NaOH treated straw and 20-30% molasses.

There is a need to determine the intake capacity of growing cattle of beef breeds. Furthermore there is a need to quantify the effect of previous feeding and fatness on subsequent feed intake capacity.

The design of this system has the advantage of being simple and it is easy to include new factors that influence feed intake.

1 Indledning

I ungdyrproduktionen er foderoptagelsen en faktor, der påvirker produktionsniveauet og aflønningen til stald og arbejde væsentligt. Det er derfor vigtigt at have et system, der kan forudsige og kontrollere ad libitum foderoptagelsen ud fra fodersammensætning og fodringsprincipper.

Foderudgifterne er den største enkeltpost ved produktion af slagtekvæg, hvorfor det er formålstjenligt at anvende billige fodermidler. Forskellige fodermidler kan imidlertid påvirke foderoptagelsen gennem forskelle i sammensætning, form, fordøjelighed, gæringskvalitet, smag osv. Ændringer i foderoptagelsen eller foderniveauet kan påvirke både vækst, foderforbrug, kødprocent, slagtekropens sammensætning, form og slagteekvalitet (Andersen & Ingvartsen, 1984; Andersen & Ingvartsen, 1987) - alle vigtige økonomiske faktorer, som påvirker aflønningen til stald og arbejde (Ingvartsen, 1988a).

Et højt foderniveau til kvier fra 4 måneders alderen til puberteten hæmmer udviklingen af mælkekirtlerne (Sejrsen, 1978; Foldager & Sejrsen, 1987, 1991), og den potentielle mælkeproduktion reduceres hos både lette (Jersey) og tunge racer (RDM, SDM), hvis den daglige tilvækst overstiger henholdsvis 420 g (Ingvartsen et al., 1988) og 600 g (Foldager & Sejrsen, 1987, 1991). Et for lavt foderniveau og den deraf følgende lave daglige tilvækst indtil puberteten er imidlertid også ufordelagtig, bl.a. på grund af forøgede opstaldningsomkostninger. Afhængig af prisen er det fordelagtigt at bruge større eller mindre mængder af billigt grovfoder og biprodukter.

For at udnytte foderstyring i en økonomisk optimering af produktionen af ungdyr er det vigtigt at kunne forudsige foderoptagelsen. I 1986 foreslog

Ingvartsen et al. et additivt system til forudsigelse af foderoptagelsen, hvor ungdyrene tilskrives foderoptagelseskapaciteter for energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku), ligesom fodermidlerne tilskrives en fyldeværdi (FFu). FFu blev justeret for nogle af fodermidlerne af Andersen et al. (1987). FFu per foderenhed (FE) blev oprindeligt bestemt på basis af fodermidlernes energikoncentration ($EK = FE$ per kg tørstof). Der er imidlertid en række andre faktorer, som også påvirker optagelsen af bestemte fodermidler (f.eks. Forbes, 1986). FFu for ensilage blev korigeret for tørstofindhold, men korrektionen er fremkommet på basis af et begrænset antal forsøg, og korrektionen for lavt tørstofindhold på optagelsen synes overdrevet. I konsekvens heraf er det nødvendigt, at revidere beregningen af nogle fodermidlers FFu. FEmax og Ku bør ligeledes revideres af flere grunde. For det første er Ku baseret på modelberegninger for de enkelte racer. For det andet er FEmax for dansk Jersey (DJ) baseret på data fra kun 23 ungtyre (Ingvartsen et al., 1986). For det tredje kan FEmax og Ku for forskellige racer have ændret sig på grund af genetisk selektion. Nyere danske forsøg gør det muligt at revurdere virkningen af køn på foderoptagelseskapaciteten hos ungdyr. Hidtil er race og vægt de eneste to faktorer, der er blevet anvendt ved beregning af foderoptagelseskapaciteten. Andre faktorer, såsom drægtighed, opstaldningsbetingelser og daglængde eller fotoperiode, kan også påvirke foderoptagelseskapaciteten og bør derfor tages i betragtning.

Formålet med denne Beretning er, at præsentere det reviderede og videreudviklede system til forudsigelse af foderoptagelsen hos ungdyr fodret efter ædelyst med forskellige rationer.

2 86/87-systemet til forudsigelse af foderoptagelsen

Baggrunden for og princippet i det eksisterende system til forudsigelse af foderoptagelse hos ungdyr, der i det følgende betegnes 86/87-systemet, blev skitseret i 1986 (Ingvarsen et al., 1986). De foreløbige FFu-værdier blev revideret i 1987 efter en evaluering af systemet på basis af en række danske forsøg (Andersen et al., 1987). Formålet med arbejdet var at integrere den store mængde af

informationer fra litteraturen angående foderoptagelse i et generelt og præcist system til forudsigelse af foderoptagelsen. Et simpelt additivt system svarende til systemet for energi blev valgt, da systemet skulle være anvendeligt ikke blot i EDB-løsninger, men også til manuel brug. Det additive systems princip kan beskrives ved følgende 2 ligninger:

$$\sum_{i=1}^n FE_i = FEmax \text{ for } \frac{Ku}{FFu \text{ per FE}} \geq FEmax \quad (1)$$

eller

$$\sum_{i=1}^n FE_i \times FFu_i = Ku \text{ for } \frac{Ku}{FFu \text{ per FE}} < FEmax \quad (2)$$

hvor: FE_i = FE i det i'te fodermiddel
 FFu_i = fylden per FE af det i'te fodermiddel til voksende kvæg
 Ku = det maksimale antal fyldeenheder voksende kvæg kan optage
 $FEmax$ = det maksimale antal FE voksende kvæg kan optage

I systemet tilskrives ungdyr en foderoptagelseskapacitet for energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku) afhængig af race og vægt. I ligning (1) antages, at ungdyr vil optage energi indtil dets optagelseskapacitet med hensyn til FE er nået hvilket sker, når stofskiftefaktorer begrænser foderoptagelsen. I ligning (2) antages, at ungdyr vil optage fyldeenheder indtil dets kapacitet for fylde er nået, når fysiske faktorer er dominerende. De data og metoder, der er brugt ved fastlæggelsen af FEmax og Ku, er beskrevet detaljeret af Ingvarsen et al. (1986). Værdierne for FEmax og Ku afhængig af race og vægt er vist i tabel 1.

Kraftfoder baseret på byg og sojaskrå, indeholdende 1,05 FE per kg tørstof, blev oprindeligt defineret som en fyldeenhed. Det blev endvidere antaget, at FFu per kg tørstof er 1.05 for alt kraftfoder. FFu for grovfoder blev bestemt i forhold til fodermidlets energikoncentration (EK) defineret som FE per kg tørstof. Energikoncentration blev valgt af to grunde. For det første fordi energikon-

centrationen næsten altid er kendt, når man planlægger produktionen (Ingvarsen et al., 1986). For det andet er energikoncentrationen stærkt korreleret med fodermidlets fordøjelighed (Møller et al., 1983), som igen er positivt korreleret med optagelsen (se f.eks. Van Soest et al., 1978). FFu's afhængighed af energikoncentration, fodertype og ensilagens tørstofindhold er vist i tabel 2.

Baseret på ligningerne (1) og (2) samt tabel 1 og 2 viser følgende eksempler, hvordan systemet til forudsigelse af foderoptagelsen anvendes:

Eksempel 1. Tyre på 400 kg tildeles 0,2 FE halm og kraftfoder (1 FFu per FE) ad libitum. FEmax er 7,7 (Tabel 1), og daglig kraftfoderoptagelse er beregnet som $(7,7 - 0,2) \text{ FE} = 7,5 \text{ FE}$.

Eksempel 2. Kvier på 400 kg tildeles græsensilage (0,7 FE per kg tørstof og et tørstofindhold på 30%). Ku er 9,2 (Tabel 1) og FFu er 1,95 per FE. Beregnet daglig foderoptagelse er $9,2 \text{ FFu} / 1,95 \text{ FFu per FE} = 4,72 \text{ FE}$.

Tabel 1 Optagelseskapalet for energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku) hos voksende kvæg afhængig af race og vægt i 86/87-systemet (Ingvartsen et al., 1986)
Feed intake capacity for energy (FEmax) and fill units (Ku) of growing cattle dependent on breed and weight in the 86/87-system (Ingvartsen et al., 1986)

Vægt <i>Live weight,</i> kg	Kombinationsracer <i>Dual purpose breeds</i>		Jersey <i>Jersey</i>	
	FEmax	Ku	FEmax	Ku
100	2,8	2,8	3,4	3,4
150	4,2	4,3	4,3	4,7
200	5,3	5,7	5,0	5,8
250	6,0	6,9	5,5	6,7
300	6,7	7,8	6,0	7,2
350	7,2	8,6	6,3	7,7
400	7,7	9,2	6,6	8,1
450	8,1	9,7	6,9	8,5
500	8,5	10,1	-	-
550	8,9	10,5	-	-
600	9,2	10,9	-	-

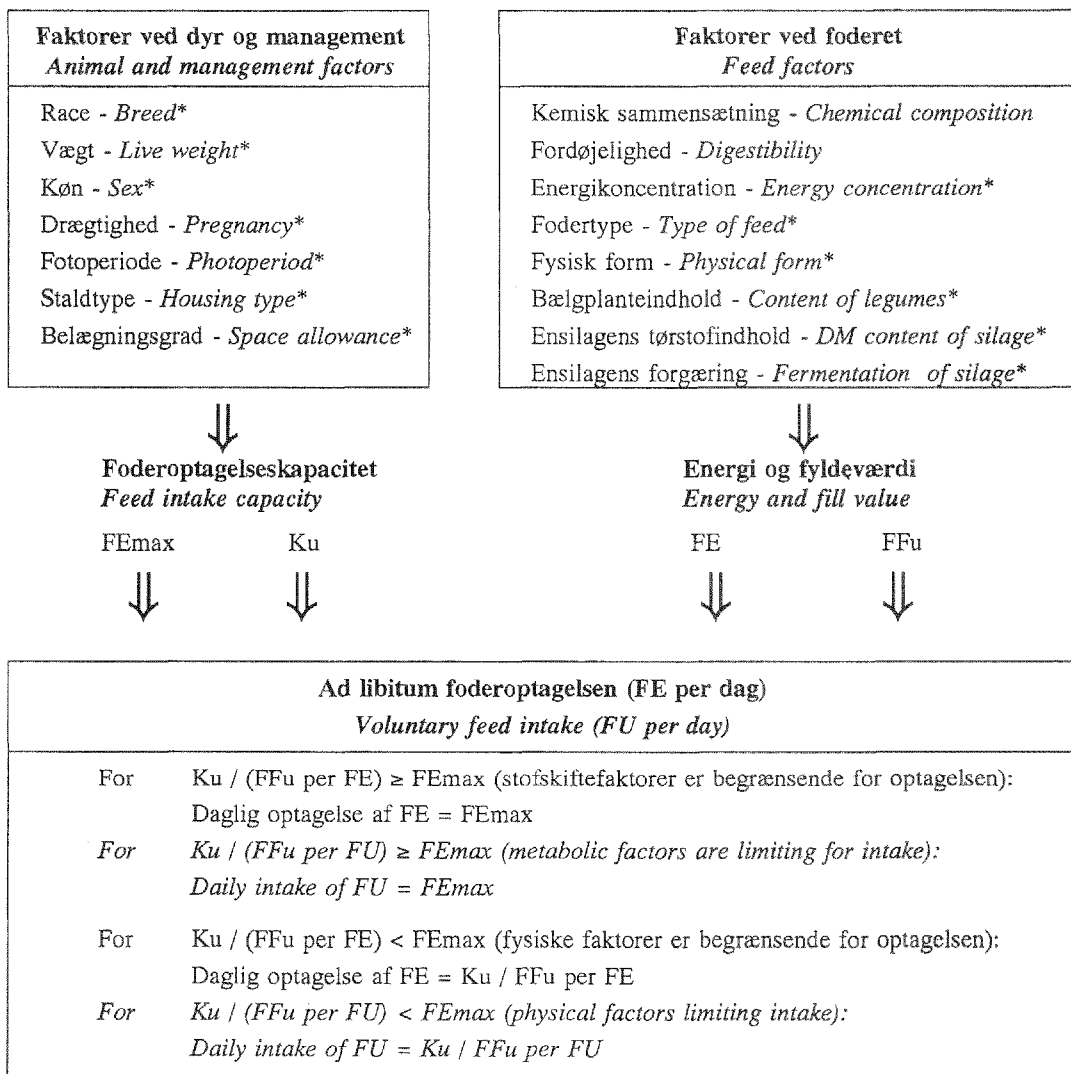
Tabel 2 FFu per FE afhængig af energikoncentrationen og fodertype i 86/87-systemet (Andersen et al., 1987)
FFu per Feed Unit (FE) dependent on energy concentration and type of feed in the 86/87-system (Andersen et al., 1987)

Energi-koncentration <i>Energy concentration</i>		Kraftfoder, formalet grovfoder <i>Concentr., ground roughage etc.</i>	Langt halm, græsprod., roetopens., byghelsædsens. <i>Long straw, grass prod., beet top sil., whole crop barley silage</i>	Majensilage <i>Maize silage</i>			Ensilage (excl. helsædsensilage og roetopensilage) <i>Silage (excl. whole crop barley, maize, and beet top)</i>				
FE pr. kg ts.	kg ts. pr. FE			Tørstof % - DM%			Tørstof % - DM%				
		FFu/FE	FFu/FE	>25	21-25	<21	>40	35	30	25	20
0,30 0,35	3,33 2,86	3,50 3,00	5,00 4,17								
0,40 0,45	2,50 2,22	2,63 2,33	3,55 3,06								
0,50 0,55	2,00 1,82	2,10 1,91	2,67 2,35								
0,60 0,65	1,67 1,54	1,75 1,62	2,09 1,86	2,09 1,86	2,19 1,96	2,29 2,06	2,09 1,86	2,22 1,97	2,43 2,17	2,74 2,44	3,14 2,79
0,70 0,75	1,43 1,33	1,50 1,40	1,67 1,50	1,67 1,50	1,77 1,60	1,87 1,70	1,67 1,50	1,77 1,59	1,95 1,75	2,19 1,97	2,51 2,25
0,80 0,85	1,25 1,18	1,31 1,24	1,36 1,23	1,36 1,23	1,46 1,33	1,56 1,43	1,36 1,23	1,44 1,30	1,58 1,43	1,78 1,61	2,04 1,85
0,90 0,95	1,11 1,05	1,17 1,11									
1,00 1,05	1,00 0,95	1,05 1,00									
1,10 1,15	0,91 0,87	0,95 0,91									
1,20 1,25	0,83 0,80	0,88 0,84									
1,30 1,35	0,77 0,74	0,81 0,78									
1,40 1,45	0,71 0,69	0,75 0,72									

3 Revision af 86/87-systemet

Systemet beskrevet i kapitel 2 revideres og videreudvikles i de næste afsnit med det formål at forbedre præcisionen i forudsigelsen af voksende kvægs foderoptagelse. Systemet er anskueliggjort

i figur 1, og de faktorer, der gives speciel opmærksomhed ved justeringen, er markeret med en stjerne.



Figur 1 Faktorer, der påvirker foderoptagelsen hos voksende kvæg. * Faktorer, der er givet speciel opmærksomhed i denne oversigt
*Factors affecting voluntary intake in growing cattle. * Factors given special attention in the present review*

3.1 Fodermidlernes fyldeværdi (FFu)

3.1.1 FFu for Kraftfoder

Kraftfoder er defineret som oliekgær, skrå, korn, frø, biprodukter fra kornafgrøder, fodermidler af animalsk oprindelse og rodfrugter. Nogle fodermidler, såsom kartofler, sukkerroeaflald og roer, betragtes oftest som grovfoder, men på grund af deres forholdsvis høje fordøjelighed, og fordi dyrene gerne æder dem, bliver de her betragtet som kraftfoder. I 86/87-systemet er det antaget, at alt kraftfoder har en FFu på 1,05 per kg tørstof. Det må imidlertid antages, at FFu for kraftfoder varierer ikke blot med fylden men også med forskelle i kemisk sammensætning, fysisk form, findelingsgrad, smag, vandindhold, foderpartiklernes overfladeareal, renhed og gæringskvalitet. Det kan især være tilfældet for fodermidler som sukkerroe- og kartoffelpulp, mask, sukkerroer, kartofler, melasse og valle.

Fylden af kartoffelpulp, sukkerroer og roemelasse blev sammenlignet med et kraftfodermiddel i tre overkrydsningsforsøg med henholdsvis 48, 62 og 62 SDM ungtyre (Ingvarsen, 1992a). Tyrene på kontrolrationen (C) blev restriktivt fodret med valset byg og sojaskrå svarende til 50% af forventet ad libitum optagelse og byghelsædsensilage ad libitum. I forsøgsrationen blev 1,08, 1,21 og 1,32 kg tørstof i form af valset byg erstattet med henholdsvis 1,83 kg, 1,96 kg og 1,71 kg tørstof i kartoffelpulp, sukkerroer eller roemelasse. Niveaulet af fordøjeligt råprotein var konstant. Optagelsen af byghelsædsensilage var mellem 53% og 67% af den totale tørstofoptagelse, og det blev derfor antaget, at optagelsen hovedsageligt blev begrænset af fysiske faktorer.

Frisk kartoffelpulp blev ædt villigt, og den fundne FFu var 0,74 per kg tørstof, hvilket var signifikant lavere end FFu for byg. Det lave tørstofindhold (11,5%) taget i betragtning er det overraskende, at FFu var lavere end i byg. En sandsynlig grund er, at erstatning af stivelse med cellevægsbestanddele forbedrer vomforholdene og efterfølgende øger forgæringshastigheden af de fordøjelige fibre i byghelsædsensilagen.

FFu for roemelasse blev bestemt til 0,90 per kg tørstof, og tenderede til at være signifikant lavere end FFu for byg. Det var forventet, at FFu for melasse var lav på grund af det store overfladeareal og den hurtige forgæring i vommen. Den lille forskel i FFu mellem melasse og valset byg kan imidlertid skyldes de negative effekter af det høje melasseniveau på fordøjelseshastigheden af byg-

helsædsensilage.

Den beregnede FFu for sukkerroer var 0,96 per kg tørstof, hvilket ikke var signifikant forskellig fra FFu for valset byg, på trods af at sukkerroer indeholder hurtigt forgærbare kulhydrater. Det skyldes sandsynligvis de skårne sukkerroers forholdsvis lille overfladeareal.

Når princippet i 86/87-systemet anvendes til beregning af FFu for kraftfoder, afspejler FFu-værdien nogle karakteristika ved selve fodermidlet såsom fylde, kemisk sammensætning, fysisk form, findelingsgrad, smag, vandindhold, foderpartiklernes overfladeareal og gæringskvalitet. Inkluderet i FFu-værdien er imidlertid også de negative eller positive effekter kraftfoderet har på forgæringshastigheden af grovfoderet. Betydningen af denne vekselvirkning er sandsynligvis påvirket af mængden af erstattet kraftfoder. Den daglige optagelse synes at falde i takt med, at andelen af kartoffelpulp stiger (Stanhope et al., 1980). Dette antyder, at fylden af kartoffelpulp bliver højere, når pulpen tildeles i større mængder.

Den beregnede FFu for frisk kartoffelpulp, sukkerroer og roemelasse var henholdsvis 0,74, 0,96 og 0,90. Der er imidlertid behov for mere viden om forskellige kraftfodermidlers fylde. Indtil flere forsøgsdata er blevet opsamlet for forskellige kraftfodermidler bør FFu fortsat sættes til 1,05 per kg tørstof for alle kraftfodermidler.

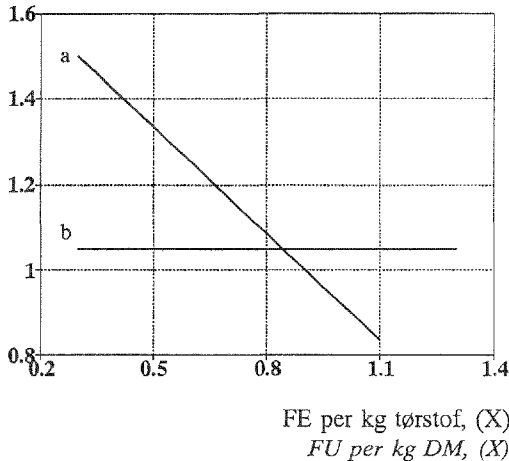
3.1.2 FFu for grovfoder

Oprindeligt foreslog Ingvarsen et al. (1986), at FFu for snittet hø, halm og ensilage med et tørstofindhold over 40% beregnes ud fra samme ligning i forhold til energikoncentration (FFu per FE = $1,16 / \text{FE per kg TS} - 1,15$). FFu for langt hø og halm blev anslået at være 20% højere end den beregnede værdi for det snittede fodermiddel ved tilsvarende fordøjelighed.

Metoderne til beregning af FFu for grovfoder blev modificeret i 1987 efter en evaluering af systemet (Andersen et al., 1987). FFu per kg tørstof i 86/87-systemet er beskrevet i figur 2.

Den anvendte metode til beregning af FFu i 86/87-systemet er imidlertid ikke problemfri. Det er således usandsynligt, at FFu for grovfoder er lavere end for kraftfoder ved energikoncentrationer over 0,9. FFu for langt hø og snittet ensilage indeholdende mere end 40% tørstof antages i 86/87-systemet at være omtrent ens, når de sammenlignes ved samme energikoncentration, hvilket ikke harmonerer med at det for nyligt er påvist, at

FFu per kg tørstof, (Y)
 FFu per kg DM, (Y)



- a: Langt hø og halm, græsensilage (ts% > 40%), byg-
 helsædsensilage, majsensilage, roetopensilage
*Long hay and straw, grass silage (DM% > 40%),
 whole crop barley silage, maize silage, beet top silage*
 $[Y = 1,75 - 0,83 X]$
- b: Kraftfoder, formalet grovfoder
Concentrates, ground roughages
 $[Y = 1.05]$

Figur 2 Fyldeværdien (FFu) afhængig af energikoncentration og fodertype i 86/87-systemet (Andersen et al., 1987)
The fill value (FFu) dependent on energy concentration and type of feed in the 86/87-system (Andersen et al., 1987)

optagelsen af græsensilage af god gæringskvalitet kan være højere end optagelsen af langt hø (Ingvarsen, 1992b). I 86/87-systemet er FFu angivet for langstrået og formalet grovfoder, men der er ingen angivelser for snittet (1-2 cm) grovfoder. Optagelsen af bælplanter er højere end optagelsen af græsser sammenlignet ved samme fordøjelighed (Jarrige et al., 1974) og sandsynligvis også ved samme energikoncentration, men dette er ikke taget i betragtning i 86/87-systemet. FFu for ensilage er korrigeret for tørstofindhold under 40%, men korrektionen foreslået af Ingvarsen et al. (1986) var bestemt på et begrænset antal forsøg og bør revideres på basis af et større datamateriale. Endelig er der i 86/87-systemet ikke givet nogen retningslinier til beregning af FFu for frisk græs. Figur 3 viser et skema til inkorporering af oven-

nævnte aspekter i beregningen af FFu. Antagelserne i figur 3 er diskuteret med henblik på at forbedre retningslinierne til beregning af fodermidlers FFu.

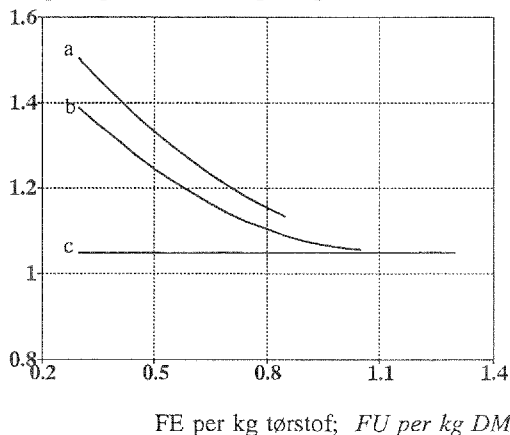
3.1.2.1 Virkning af fysisk form

Grovfoder kan forarbejdes for at lette håndtering og blanding samt for at undgå selektion. Tidligere undersøgelser viser klart, at forarbejdning af grovfoder kan have en markant indflydelse på drøvtyggers foderoptagelse (Minson, 1963; Greenhalg & Wainman, 1972; Jarrige et al., 1974; ARC, 1984; NRC, 1984; Church, 1991).

Minson (1963) konkluderede, at brikettering af hø kun havde en mindre virkning på drøvtyggers optagelse og produktion, mens formaling og pelletering forøgede foderoptagelsen og tilvæksten signifikant hos får. Tendensen var tilsvarende for ungkvæg, selv om resultaterne var mere varierende. Lignende konklusioner er draget i senere studier. Forskelle i optagelsen af snittet hø, hø presset i briketter eller piller er små (Wallace et al., 1961) forudsat foderet har samme partikellængde. Sammenlignet med langt hø er stigningen i optagelsen af snittet hø, hø presset i briketter eller piller (cubes) mindre end 8% (Jarrige et al., 1974; Kercher et al., 1971 fra Church, 1991; Jaster & Murphy, 1983; Belyea et al., 1985). Oplysninger om virkningen af at snitte grovfoder med lav energikoncentration, såsom halm, på foderoptagelsen er begrænset, men den øgede optagelse antages at være mindre end 10%.

Antagelsen i 86/87-systemet om, at FFu for formalet grovfoder svarer til FFu for kraftfoder, er baseret på danske forsøg med forskellig mængde formalet foder (Andersen & Sørensen, 1972, 1974). Hovedsageligt på baggrund af resultater fra disse forsøg konkluderede Andersen et al. (1987), at FFu for formalet foder svarede til FFu for kraftfoder, 1,05 per kg tørstof. Antagelsen om, at FFu for formalet kraftfoder er uafhængig af energikoncentration, er også i overensstemmelse med litteraturen, forudsat optagelsen hovedsageligt reguleres af fysiske faktorer. Ifølge Ingvarsen et al. (1986) er fysiske faktorer fremherskende hos små dyr (200 kg levende vægt), når de tildeles rationer, der indeholder mindre end 0,97 FE per kg tørstof (ca. 11,7 MJ ME per kg tørstof; Andersen, 1990) og hos større dyr (500 kg levende vægt), når rationen indeholder mindre end 0,88 FE per kg tørstof (ca. 10,9 MJ ME per kg tørstof). Hvis fysiske faktorer begrænser optagelsen, forblev tørstofoptagelsen

FFu per kg tørstof; FFu per kg DM



- a: Langt halm og hø - Long hay and straw
- b: Snittet (1,5-2,5 cm) halm, hø og høj kvalitet ensilage
Chopped (1.5-2.5 cm) straw, hay, and high quality silage
- c: Kraftfoder, formalet og pelleteret grovfoder
Concentrates, ground and pelleted roughages

Figur 3 Princippet i nye retningslinier til beregning af fyldeværdi (FFu) afhængig af energikoncentration, fysisk behandling og fodertype

Principle in new guidelines for calculating fill value (FFu) dependent on energy concentration, physical processing, and type of feed

konstant, når formalet grovfoder med forskellig energikoncentration blev inkluderet i rationen (Cottyn et al., 1969). Tørstofoptagelsen forblev også konstant, når der i rationen indgik stigende andele af formalet tørret græs eller hø (Montgomery & Baumgardt, 1965; Levy et al., 1972; McCullough, 1974; Marsh, 1975) eller formalet halm (Kay et al., 1970; Swan & Lamming, 1970; Levy et al., 1972). ARC-reviewet (1984; Figur 2.2) antyder ligeledes, at der ingen effekt er af omsættelig energi (ME) i fint formalede rationer på daglig tørstofoptagelse, når rationens ME er under 11 MJ per kg tørstof. På trods heraf rapporteres der en negativ regressionskoefficient for tørstofoptagelse afhængig af indholdet af omsættelig energi i rationen varierende fra 7 til 13 MJ per kg tørstof på optagelsen.

I 86/87-systemet er stigningen i optagelsen på grund af formaling af grovfoder af mindre god kvalitet anslået til at være henholdsvis 43% og 19% ved en energikoncentration på 0,3 (ca. 6,9 MJ ME per kg tørstof) og 0,6 FE per kg tørstof (ca. 9,0 MJ ME per kg tørstof). Disse stigninger i optagelsen er i overensstemmelse med tidligere undersøgelser (Greenhalgh & Wainman, 1972; Jarrige et al., 1974; ARC, 1984). Formaling og pelletering af grovfoder forøger optagelsen mere hos unge dyr end hos ældre (Greenhalgh & Reid, 1973). Endvidere kan virkningen af at forarbejde grovfoder på optagelsen være påvirket af slutproduktets appetitlighed - optagelsen af formalet foder er ofte lavere end optagelsen af piller, og optagelsen af hårde piller kan være reduceret.

Der konkluderes, at FFu per kg tørstof for formalet grovfoder svarer til FFu for kraftfoder, som er 1,05. Endvidere foreslås, at FFu per kg tørstof for langt halm og hø beregnes i henhold til energikoncentration (FFu_{EK}) ved hjælp af ligning (3), og at FFu for snittet (1,5-2,5 cm) hø og halm beregnes efter ligning (4). Ligningerne (3) og (4) erstatter ligningen $Y = 1,75 - 0,83X$ (se figur 2) i 86/87-systemet.

Langt materiale:

$$FFu_{EK} = 1,85 - 1,31X + 0,55X^2, \quad (3)$$

for $0,25 \leq X \leq 0,85$

Snittet materiale:

$$FFu_{EK} = 1,68 - 1,12X + 0,50X^2, \quad (4)$$

for $0,25 \leq X \leq 1,05$

hvor FFu_{EK} er fylden per kg tørstof og X er foderets energikoncentration (FE per kg tørstof).

FFu_{EK} beregnet ud fra ligningerne (3) og (4) er vist i figur 7.

3.1.2.2 Virkning af konservering, tørstofindhold i ensilage og gæringskvalitet

Demarquilly (1970) fandt samme optagelse af kunstigt tørret foder som af friskt foder, men som diskuteret ovenfor vil snitning, formaling og pelletering øge optagelsen. Kviers optagelse af hø var 5% mindre, end når den samme afgrøde blev tildelt frisk, men forskellen i optagelsen var mindre ved stor optagelse af frisk græs (2%) end ved lav optagelse af frisk græs (8%) (Dulphy & Rouel, 1988). Ud fra ovennævnte antages det, at FFu for tørret græs og frisk høstet græs kan beregnes ved ligning (4).

Sædvanligvis er optagelsen af ensilage lavere end af frisk græs eller hø (Demarquilly, 1973). Imidlertid regnes forskellene i optagelse mellem ensilage og snittet hø for ubetydelige, hvis ensilagen er finsnittet, af høj gæringskvalitet og indeholder mere end 40-50% tørstof. Optagelsen af snittet ensilage med højt tørstofindhold og god kvalitet forventes derfor at være højere end optagelsen af langt hø. Ingvarsen (1992b) konkluderer, at optagelsen af finsnittet ensilage (1,5-2,5 cm) af god gæringskvalitet (mindre end 5 g smørsyre per kg tørstof) og med et tørstofindhold højere end 42% eller 50% ville være mellem 5 og 12% højere end optagelsen af langt hø, når der sammenlignes ved samme fordøjelighed. Det anslås derfor, at FFu for denne type græsensilage beregnes ved ligning (4).

Foderoptagelsen mindskes, hvis græsensilagens tørstofindhold er mindre end 40-50%. Reduktionen i optagelse afhænger af, om der suppleres med kraftfoder (Marsh, 1979; Jarrige et al., 1982; Ingvarsen, 1992b). På basis af resultater præsenteret af Ingvarsen (1992b) foreslås FFu korrigeret for forskellig tørstofindhold ved ligning (5) og (6) afhængig af, om der tildeles tilskudsfoder eller ej.

Suppleringsfoder tildeles:

$$\Delta FFu_{TS} = FFu_{EK} / (0,383 + 0,0247TS - 0,000247TS^2) - FFu_{EK}, \quad \text{for } 17 \leq TS \leq 50 \quad (5)$$

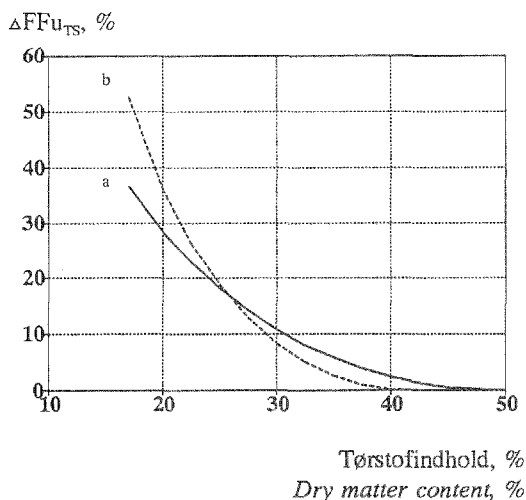
Udelukkende ensilagefodring:

$$\Delta FFu_{TS} = FFu_{EK} / (0,020 + 0,0469TS - 0,000561TS^2) - FFu_{EK}, \quad \text{for } 17 \leq TS \leq 42, \quad (6)$$

hvor ΔFFu_{TS} er ændring af fylden på grund af tørstofindhold, FFu_{EK} er fylden afhængig af energikoncentrationen og TS er tørstofindholdet i ensilagen i procent.

Virkningen af tørstofindhold på ΔFFu_{TS} for ensilage er illustreret i figur 4, afhængig af om der tildeles tilskudsfoder eller ikke. Ligning 5 antages at være mest aktuell under danske forhold.

Ensilageoptagelsen kan også være reduceret på grund af slutprodukter fra forgæring af ensilagen (Ingvarsen, 1992b). I nyere undersøgelser har Rook et al. (1990a, 1990b) antydnet, at indregningen af smørsyre fremfor NH_3 -N var i bedre overensstemmelse med videnskabelige beviser, og at smørsyre i højere grad end NH_3 -N burde måles



Figur 4 Virkningen af tørstofindhold på den relative ΔFFu_{TS} af græsensilage når der tildeles suppleringsfoder (a) og når der udelukkende tildeles ensilage (b)

Effect of dry matter content on the relative ΔFFu_{TS} of grass silage when supplements are fed (a) and when silage is fed solely (b)

rutinemæssigt i praksis. Ingvarsen (1992b) har foreslået, at FFu for ensilage korrigeres for gæringskvalitet ved hjælp af ligning (7) på basis af regressionsestimater præsenteret af Rook et al. (1990b):

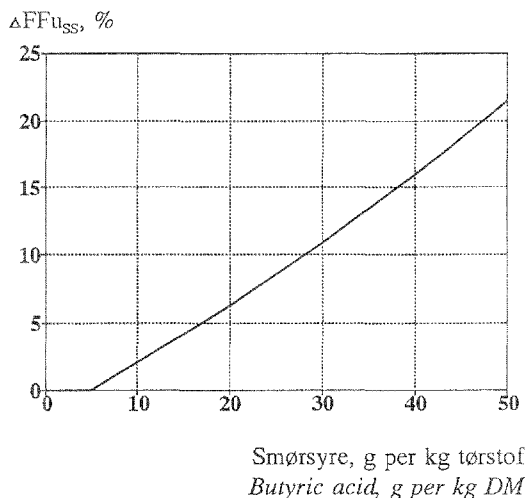
$$\Delta FFu_{SS} = FFu_{EK} / [65 - 0,256(SS - 5)] / 65 - FFu_{EK} \text{ for } SS > 5, \quad (7)$$

hvor ΔFFu_{SS} er ændring af fylden på grund af smørsyreindholdet i ensilagen, FFu_{EK} er fylden afhængig af energikoncentrationen og SS er g smørsyre per kg ensilagetørstof.

Virkningen af smørsyre på ΔFFu_{SS} er vist i figur 5.

3.1.2.3 Virkning af bælplanter

Drøvtyggere optager bælplanter i større mængder end græsser (Van Soest, 1965; Thomson, 1971, 1979; Hight et al. 1972; Demarquilly & Jarrige, 1974; Michell, 1973). Fordøjelseshastigheden er højere for bælplanter end for græsser med samme fordøjelighed på trods af et højere ligninindhold (Chenost et al., 1970; Smith et al., 1972; Demar-



Figur 5 Virkningen af forgæringskvaliteten (smørsyreindholdet) på den relative ΔFFu_{SS} for græsensilage
Effect of fermentation quality (butyric acid content) on the relative ΔFFu_{SS} of grass silage

quilly & Jarrige, 1974; Mertens, 1983; Vik-Mo, 1989).

Desværre er der kun få sammenlignende undersøgelser med ungkvæg fodret med græsser og bælglplanter. Taylor & Wilkins (1976) sammenlignede optagelsen af flerårigt rajgræs og rødkløver tildelt med eller uden et dagligt tilskud af 11,5 g tørstof valset byg per kg levende vægt. Uden tilskud var tørstofoptagelsen i rødkløverensilagen 21% højere end optagelsen af græsensilage. Med tilskud var forskellen 19%. Lignende resultater blev opnået med flerårigt rajgræs og rødkløver til kalve (Thomas et al., 1981). I overensstemmelse hermed fandt Bowman et al. (1991) en 5% stigning i optagelsen af organisk stof, når 25% græs blev erstattet af 25% rødkløver.

Fra studier, hvor optagelsen af lucerne blev sammenlignet med græsser, rapporterede Prigge et al. (1990) en meget lille fordøjelseshastighed per time på 0,154 for lucerne og 0,084 for græs med samme fordøjelighed. Tørstofoptagelsen hos tyrekalve steg lineært, når andelen af lucerne blev øget fra 0 til 25%, 50% og 100%, og der var ingen antydninger af associerede effekter på optagelsen. Tørstofoptagelsen af lucerne var 18% højere end af græs tildelt alene. I nyere sammenligninger var

optagelsen af lucerneensilage ca. 29% højere end optagelsen af græs med samme fordøjelighed (Goering et al., 1991; Thomson et al., 1991).

På baggrund af ovennævnte foreslås det, at korrigere FFu for andelen af bælglplanter i ensilagen. Den forventede ændring i FFu kan beregnes ved ligning (8):

$$\Delta FFu_{BP} = FFu_{EK} / (1 + 0,002BP) - FFu_{EK} \quad (8)$$

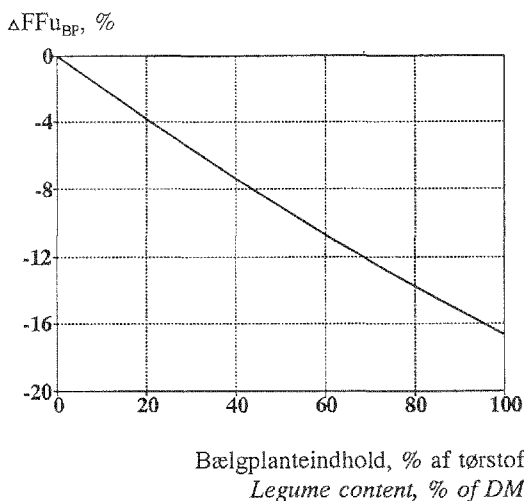
hvor BP er procent bælglplantetørstof i afgrøden.

Virkningen af bælglplanteindhold på ΔFFu_{BP} er illustreret i figur 6.

Da forskellene i fordøjelseshastigheden for græsser og bælglplanter antages at være uafhængige af konserveringsmetode, foreslås ligning (8) også anvendt til at korrigere FFu for andelen af bælglplanter i frisk græs og hø.

3.1.2.4 Helsædsensilage og roetopensilage

FFu_{EK} for helsæd og majsensilage kan beregnes med ligning (4). Derved opnås samme FFu som foreslået i 86/87-systemet for ensilager med en energikoncentration mellem 0,7 og 0,8 FE per kg tørstof. I 86/87-systemet skulle majsensilage korrigeres for tørstofindhold, hvorimod helsædsensilage af kornafgrøder ikke skulle korrigeres for tørstofkoncentrationen. I et review af 19 forsøg konkluderer



Figur 6 Virkningen af bælglplanteindholdet på den relative ΔFFu_{BP} for ensilage, hø og friske afgrøder
Effect of legume content on the relative ΔFFu_{BP} of silage, hay, and fresh herbage

derede Malterre & Lelong (1976), at optagelsen af majsensilage steg med 2 g tørstof per kg levende vægt, når ensilagetørstofindholdet steg fra 20% til 35% tørstof. Schwarz et al. (1988) rapporterede følgende regressionsligning for den totale tørstofoptagelse hos Simmental ungtyre (Y , kg tørstof) fodret med majsensilage efter ædelyst afhængig af kg levende vægt (X_1), majsensilagens tørstofindhold (X_2 , %) og mængden af tildelt kraftfoder (X_3 , kg tørstof):

$$Y = -16,977 + 3,720 \ln X_1 + 0,054 X_2 + 0,128 X_3$$

På baggrund af regressionskoefficienterne for den tildelte mængde kraftfoder kan det beregnes, at majsens fylde er $1/(1-0,128) = 1,15$ gange kraftfoders. Sammenlignet ved 30% tørstof er optagelsen i overensstemmelse med den totale tørstofoptagelse ved forskellig vægt og kraftfoderniveauer rapporteret af Ingvarsen et al. (1986). Schwartz et al. (1988) fandt under gennemsnitsforhold (400 kg levende vægt og 2 kg tørstof i kraftfoder), at tørstofoptagelsen steg med 1,1 g per kg levende vægt, når ensilagetørstofindholdet steg fra 27% til 35%. Dette er i overensstemmelse med Malterre & Lelong (1976). Ændringen i optagelse per procentenhed stigning i tørstofindholdet svarer til dem, der kan beregnes efter ligning (5) mellem 30% og 45% tørstof. Derfor foreslås, at FFu for majsensilage korrigeres i henhold til ligning (5) efter at den aktuelle tørstofprocent i majsensilagen er adderet 10 %-enheder. Optagelsen af helsædsensilage forventes at være påvirket på samme måde af tørstofindholdet, og det foreslås derfor, at korrigeret FFu for helsædsensilage på tilsvarende måde.

Roetopensilage optages også villigt af ungdyr. Kvier mellem 210 og 272 kg optog mellem 6,8 og 10,5 kg tørstof dagligt per dyr, når de blev tildelt roetopensilage (askeindhold 20%) efter ædelyst (Sørensen, 1987). Det er overraskende meget og tæt ved FEmax. Boldt & Hoffmann (1990) undersøgte effekten af at erstatte majsensilage (24,1% tørstof) med roetopensilage (17,2% tørstof) på optagelse og tilvækst i et forsøg med 160 slagte-tyre. Ved vægte fra 180 til 550 kg blev der ikke fundet forskelle i tørstofoptagelse og daglig tilvækst, når majs- eller roetopensilage blev tildelt efter ædelyst. Derfor konkluderes, at FFu for roetopensilage skal beregnes efter ligning (4) uden at korrigeres for tørstofindhold. I Boldt & Hoffmanns (1990) forsøg var askeindholdet 24,8%. Virkningen af askeindhold på FFu er ukendt, men det forventes, at et højere askeindhold kan reducere optagelsen.

3.1.3 Retningslinier for beregning af FFu

I det følgende opsummeres retningslinierne for beregning af FFu for fodermidler. Det foreslås, at FFu beregnes i forhold til energikoncentration (FE per kg tørstof), fysisk forarbejdning og fodertype som illustreret i figur 7.

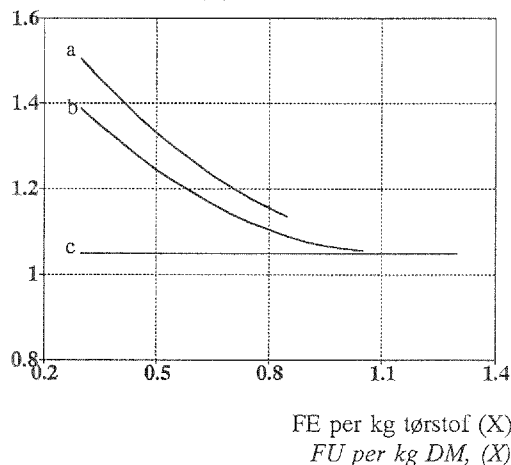
FFu for kraftfoder og formalet pelletteret grovfoder er 1,05 per kg tørstof, med mindre den er anderledes bestemt eksperimentelt. FFu for foder kan beregnes på basis af ligningerne (3) til (8). Ligning (3) og (4) beskriver FFu_{EK} afhængig af energikoncentration. Ligning (3) gælder for langt hø og halm. Ligning (4) anvendes, når FFu beregnes for snittet halm og hø, frisk høstet græs, roetopensilage og ensilage med et tørstofindhold højere end 42 til 50%. FFu justeres for indhold af bælglplanter (ΔFFu_{BP}) i frisk grønt, hø og ensilage ved brug af ligning (8). FFu for ensilage korrigeres for tørstofindhold (ΔFFu_{TS}) ved ligning (5), hvis dyrene får tilskudsfoder og ligning (6), hvis de udelukkende får ensilage, og for gæringskvalitet (ΔFFu_{SS}) efter ligning (7). FFu for majsensilage og helsædsensilage justeres for tørstofindhold (%) ved at lægge 10 til. Alle justeringer i FFu er foretaget i forhold til FFu_{EK} , og FFu kan beregnes som:

$$FFu = FFu_{EK} + \Delta FFu_{TS} + \Delta FFu_{SS} + \Delta FFu_{BP} \quad (9)$$

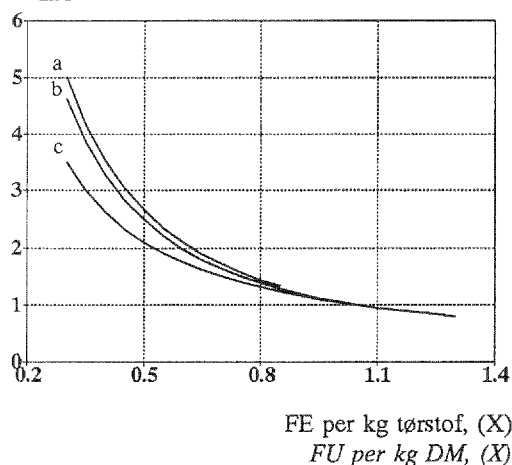
FFu per kg tørstof og per FE for forskelligt energiindhold, fysisk forarbejdning og fodertype samt tørstofindholdet i ensilage, når der tildeles tilskudsfoder, kan aflæses i henholdsvis tabel 3 og 4. FFu-værdierne for ensilage, der ses i tabel 3 og 4, gælder for ensilage af høj gæringskvalitet, uden bælglplanteindhold og med tildeling af tilskudsfoder. FFu for ensilage afhængig af gæringskvalitet (middel eller dårlig) og indhold af bælglplanter kan beregnes ved at gange FFu for ensilage indeholdende 50% tørstof eller mere (tabel 3 eller 4) med en faktor i tabel 5, hvis der tildeles tilskudsfoder, og en faktor i tabel 6, hvis der ikke tildeles tilskudsfoder. Eksempel: Kvier tildeles ensilage ad libitum indeholdende 25% tørstof, 0,7 FE per kg tørstof, 20% kløver på tørstofbasis og med 20 g smørsyre per kg tørstof. Der tildeles ikke tilskudsfoder. FFu per kg tørstof er 1,14 (ensilage med ≥ 50 tørstof, tabel 3) gange 1,21 (tabel 6) = 1,38.

Den beregnede FFu er kun gældende, hvis dyrenes behov for proteiner, mineraler og vitaminer er tilgodeset i henhold til danske anbefalinger for ungdyr (Strudsholm et al., 1992). Endvidere skal rationens struktur være tilstrækkelig til at sikre normal fordøjelsesfunktion.

FFu_{EK} per kg tørstof (Y)
FFu_{EK} per kg DM, (Y)



FFu_{EK} per FE, (Z)
FFu_{EK} per FU, (Z)



- a: Langt hø og halm: $[Y = 1,85 - 1,31X + 0,55X^2, \text{ for } 0,25 \leq X \leq 0,85; Z = Y / X]$
Long hay and straw: $[Y = 1,85 - 1,31X + 0,55X^2, \text{ for } 0,25 \leq X \leq 0,85; Z = Y / X]$
- b: Snittet (1,5-2,5 cm) halm, hø, høj kvalitet græsensilage (ts.% > 45), helsædsensilage (ts.%+10 > 45), majsensilage (ts.%+10 > 45), roetopensilage og frisk græs: $[Y = 1,68 - 1,12X + 0,50X^2, \text{ for } 0,25 \leq X \leq 1,05; Z = Y / X]$
Chopped (1.5-2.5 cm) straw, hay, high quality grass silage (DM% > 45), whole crop grain silage (DM%+10 > 45), maize silage (DM%+10 > 45), beet top silage, fresh cut grass: $[Y = 1,68 - 1,12X + 0,50X^2, \text{ for } 0,25 \leq X \leq 1,05; Z = Y / X]$
- c: Kraftfoder, formalet og pelleteret grovfoder: $[Y = 1,05; Z = Y / X]$
Concentrates, ground and pelleted roughages: $[Y = 1,05; Z = Y / X]$

Figur 7 Fyldeværdien (FFu_{EK}) per kg tørstof og per FE i forhold til energikoncentration (FE per kg tørstof), fysisk forarbejdning og grovfodertype
Fill value (FFu_{EK}) per kg dry matter and per Feed Unit (FU) in relation to energy concentration (FE per kg dry matter), physical processing, and type of forage

Tabel 3 Fyldeværdien (FFu) per kg tørstof for forskelligt energindhold, fysisk forarbejdning, grovfodertype og tørstofindhold i ensilage, når tilskudsfoder tildeles
Fill value (FFu) per kg dry matter for different energy contents, physical processing, type of forage, and dry matter content of silage when supplements are fed

Energiindhold Energy content		Kraftfoder ^A , formalet pelleteret grovfoder Concentrates ^A , ground pelleted roughages	Langt høg ^B og halm Long hay ^B and straw (3)	Snittet halm og høg ^B , frisk høstet græs og roetopensilage Chopped straw and hay ^B , fresh cut grass ^B , and beet top silage (4)	Ensilage ^C (5) Tørstofindhold, % ts Silage ^C (5) Dry matter content, % DM					
FE/kg ts FU pr. kg DM	kg ts/FE kg DM pr. FU				≥50	40	35	30	25	20
0,25	4,00	1,05	1,56	1,43						
0,30	3,33	1,05	1,51	1,39						
0,35	2,86	1,05	1,46	1,35						
0,40	2,50	1,05	1,41	1,31						
0,45	2,22	1,05	1,37	1,28						
0,50	2,00	1,05	1,33	1,25						
0,55	1,82	1,05	1,30	1,22						
0,60	1,67	1,05	1,26	1,19	1,19	1,22	1,26	1,32	1,40	1,53
0,65	1,54	1,05	1,23	1,16	1,16	1,19	1,23	1,29	1,37	1,49
0,70	1,43	1,05	1,20	1,14	1,14	1,17	1,21	1,27	1,35	1,47
0,75	1,33	1,05	1,18	1,12	1,12	1,15	1,19	1,24	1,33	1,44
0,80	1,25	1,05	1,15	1,10	1,10	1,13	1,17	1,22	1,30	1,42
0,85	1,18	1,05	1,13	1,09	1,09	1,12	1,15	1,21	1,29	1,40
0,90	1,11	1,05		1,08						
0,95	1,05	1,05		1,07						
1,00	1,00	1,05		1,06						
1,05	0,95	1,05		1,06						
1,10	0,91	1,05								
1,15	0,87	1,05								
1,20	0,83	1,05								
1,25	0,80	1,05								
1,30	0,77	1,05								
1,35	0,74	1,05								

A: Oliekager, skrå, korn, frø, biprodukter fra korn, foder af animalsk oprindelse og rodfrugter

(Nr.): Refererer til ligningsnummer i teksten

(3): $FFu = 1,85 - 1,31X + 0,55X^2$, for $0,25 \leq X \leq 0,85$

(4): $FFu = 1,68 - 1,12X + 0,50X^2$, for $0,25 \leq X \leq 1,05$

B: FFu kan korrigeres for indhold af bælgplante (BP, % af tørstof) i afgrøden ved følgende ligning:

$$FFu = FFu / (1 + 0,002BP)$$

(5): Snittet (1,5 til 2,5 cm) græsensilage af høj forgæringskvalitet (<5 g smørsyre per kg tørstof), helsædsensilage (ts = % ts. + 10), majsensilage (ts = % ts. + 10). Ensilage er korrigeret for ts-indhold ved følgende ligning under antagelse af at der tildeles tilskudsfoder:

$$FFu = \text{Ligning (4)} / (0,383 + 0,0247TS - 0,000247TS^2), \text{ for } 17 \leq TS \leq 50$$

C: FFu-værdien for ensilage kan korrigeres for indehold af bælgplanter og middel eller dårlig forgæringskvalitet ved at gange FFu-værdien for ensilage indeholdende mere end 50% tørstof med en faktor opgivet i tabel 5, når der tildeles tilskudsfoder og en faktor i tabel 6, når der udelukkende fodres med ensilage

A: Oilcakes and meals, grains, seeds, byproducts from cereals, feeds of animal origin, and roots

(No): Refers to equation no. in text

(3): $FFu = 1,85 - 1,31X + 0,55X^2$, for $0,25 \leq X \leq 0,85$

(4): $FFu = 1,68 - 1,12X + 0,50X^2$, for $0,25 \leq X \leq 1,05$

B: The FFu can be corrected for legume concentration (BP, % of dry matter) in the sward using the equation:

$$FFu = FFu / (1 + 0,002BP)$$

(5): Chopped (1.5 to 2.5 cm) grass silage of high fermentation quality (<5 g butyric acid per kg dry matter), whole crop grain silage (DM = % DM + 10), maize silage (DM = % DM + 10). Silages are corrected for DM content using the following equation assuming supplements are fed:

$$FFu = \text{Eq. (4)} / (0,383 + 0,0247DM - 0,000247DM^2), \text{ for } 17 \leq TS \leq 50$$

C: FFu for silage may be corrected for content of legumes and intermediate or poor fermentation quality by multiplying the FFu given for silage containing 50% TS with a factor given in Table 5 if supplements are fed and a factors given in Table 6 if silage is fed solely

Tabel 4 Fyldeværdien (FFu) per foderenhed (FE) for forskelligt energiindhold, fysisk forarbejdning, grovfodertype og tørstofindhold i ensilage, når tilskudsfoder tildeles
Fill value (FFu) per Scandinavian Feed Unit (FU) for different energy contents, physical processing, type of forage, and dry matter content of silage when supplements are fed

Energiindhold <i>Energy content</i>		Kraftfoder ^A , for- malet pelleteret grovfoder <i>Concentrates^A, ground pelleted roughages</i>	Langt hø ^B og halm <i>Long hay^B and straw (3)</i>	Snittet halm og hø ^B , frisk høstet græs ^B og roetopensilage (4) <i>Chopped straw and hay^B, fresh cut grass^B, and beet top silage (4)</i>	Ensilage ^C (5) Tørstofindhold, % ts <i>Silage^C (5) Dry matter content, % DM</i>					
FE/kg ts <i>FU pr. kg DM</i>	kg ts/FE <i>kg DM pr. FU</i>				≥50 40 35 30 25 20					
0,25	4,00	4,20	6,23	5,72						
0,30	3,33	3,50	5,02	4,63						
0,35	2,86	3,00	4,17	3,86						
0,40	2,50	2,62	3,54	3,28						
0,45	2,22	2,33	3,05	2,84						
0,50	2,00	2,10	2,67	2,49						
0,55	1,82	1,91	2,36	2,21						
0,60	1,67	1,75	2,11	1,98	1,98	2,03	2,10	2,20	2,34	2,55
0,65	1,54	1,62	1,90	1,79	1,79	1,84	1,90	1,99	2,12	2,30
0,70	1,43	1,50	1,72	1,63	1,63	1,67	1,73	1,81	1,93	2,10
0,75	1,33	1,40	1,57	1,49	1,49	1,53	1,58	1,65	1,76	1,92
0,80	1,25	1,31	1,44	1,38	1,38	1,41	1,46	1,53	1,63	1,77
0,85	1,18	1,24	1,34	1,29	1,29	1,32	1,36	1,43	1,52	1,65
0,90	1,11	1,17		1,20						
0,95	1,05	1,10		1,12						
1,00	1,00	1,05		1,06						
1,05	0,95	1,00		1,00						
1,10	0,91	0,96								
1,15	0,87	0,91								
1,20	0,83	0,87								
1,25	0,80	0,84								
1,30	0,77	0,81								
1,35	0,74	0,78								

A: Oliekager, skrå, korn, frø, biprodukter fra korn, foder af animalsk oprindelse og rodfrugter

(Nr.): Refererer til ligningsnummer i teksten

(3): $FFu = (1,85 - 1,31X + 0,55X^2)/FE$ per kg ts., for $0,25 \leq X \leq 0,85$

(4): $FFu = (1,68 - 1,12X + 0,50X^2)/FE$ per kg ts., for $0,25 \leq X \leq 1,05$

B: FFu kan korrigeres for indhold af bælgplante (BP, % af tørstof) i afgrøden ved følgende ligning:
 $FFu = FFu / (1 + 0,002BP)$

(5): Snittet (1,5 til 2,5 cm) græsensilage af høj forgæringskvalitet (<5 g smørsyre per kg tørstof), helsædsensilage (ts = % ts. + 10), majsensilage (ts = % ts. + 10). Ensilage er korrigeret for ts-indhold ved følgende ligning under antagelse af at der tildeles tilskudsfoder:
 $FFu = \text{Ligning (4)} / (0,383 + 0,0247TS - 0,000247TS^2)$, for $17 \leq TS \leq 50$

C: FFu-værdien for ensilage kan korrigeres for indehold af bælgplanter og middel eller dårlig forgæringskvalitet ved at gange FFu-værdien for ensilage indeholdende mere end 50% tørstof med en faktor opgivet i tabel 5, når der tildeles tilskudsfoder og en faktor i tabel 6, når der udelukkende fodres med ensilage

A: Oilcakes and meals, grains, seeds, byproducts from cereals, feeds of animal origin, and roots

(No): Refers to equation no. in text

(3): $FFu = (1,85 - 1,31X + 0,55X^2)/FU$ per kg DM, for $0,25 \leq X \leq 0,85$

(4): $FFu = (1,68 - 1,12X + 0,50X^2)/FU$ per kg DM, for $0,25 \leq X \leq 1,05$

B: The FFu can be corrected for legume concentration (BP, % of dry matter) in the sward using the equation:
 $FFu = FFu / (1 + 0,002BP)$

(5): Chopped (1.5 to 2.5 cm) grass silage of high fermentation quality (<5 g butyric acid per kg dry matter), whole crop grain silage (DM = % DM + 10), maize silage (DM = % DM + 10). Silages are corrected for DM content using the following equation assuming supplements are fed:
 $FFu = \text{Eq. (4)} / (0,383 + 0,0247DM - 0,000247DM^2)$, for $17 \leq TS \leq 50$

C: FFu for silage may be corrected for content of legumes and intermediate or poor fermentation quality by multiplying the FFu given for silage containing 50% TS with a factor given in Table 5 if supplements are fed and a factors given in Table 6 if silage is fed solely

Tabel 5 Multiplikationsfaktor¹ til korrektion af FFu for effekten af bælglpanteindhold, forgæringskvalitet og tørstofindhold i ensilagen, når tilskudsfoder tildeles
Multiplication factor¹ for correcting FFu for the effects of legume content, fermentation quality, and dry matter content of the silage when supplements are fed

Bælglplanter, % tørstof <i>Legumes, % of DM</i>	ts-indhold, % <i>DM content, %</i>	Førgæringskvalitet ^A , g smørsyre per kg ts <i>Fermentation quality^A, g butyric acid per kg DM</i>							
		Høj ≤ 5 <i>High ≤ 5</i>	Middel <i>Intermediate</i>			Dårlig <i>Poor</i>			
			10	15	20	25	30	40	50
0	17	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,48	1,53	1,58
	20	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,44	1,50
	25	1,18	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,34	1,40
	30	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,27	1,32
	35	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,22	1,27
	40	1,02	1,04	1,07	1,09	1,11	1,13	1,18	1,24
	45	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,17	1,22
	≥ 50	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,16	1,21
20	17	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,44	1,49	1,54
	20	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,36	1,41	1,46
	25	1,14	1,16	1,18	1,21	1,23	1,25	1,30	1,36
	30	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18	1,23	1,29
	35	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,18	1,24
	40	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,10	1,15	1,20
	45	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,08	1,13	1,18
	≥ 50	0,96	0,98	1,00	1,08	1,05	1,07	1,13	1,18
40	17	1,29	1,31	1,33	1,36	1,38	1,40	1,45	1,51
	20	1,21	1,23	1,25	1,27	1,30	1,32	1,37	1,43
	25	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,27	1,32
	30	1,03	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,19	1,25
	35	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,09	1,14	1,20
	40	0,95	0,97	0,99	1,01	1,04	1,06	1,11	1,17
	45	0,93	0,95	0,97	0,99	1,02	1,04	1,09	1,15
	≥ 50	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,09	1,14
60	17	1,26	1,28	1,30	1,32	1,35	1,37	1,42	1,48
	20	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,29	1,34	1,39
	25	1,07	1,09	1,12	1,14	1,16	1,18	1,23	1,29
	30	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,16	1,22
	35	0,95	0,97	0,99	1,01	1,04	1,06	1,11	1,17
	40	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,03	1,08	1,13
	45	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,01	1,06	1,11
	≥ 50	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,05	1,11

1: Baseret på ligning (5), (6), (7) og (8) i teksten

A: Høj, når smørsyreindholdet per kg tørstof er ≤ 5 g

Middel, når smørsyreindholdet per kg tørstof er >5 og ≤ 20 g

Dårlig, når smørsyreindholdet per kg tørstof er >20 g

1: Based on Equations (5), (6), (7), and (8) in text

A: High when butyric acid content per kg dry matter is ≤ 5 g

Intermediate when butyric acid content per kg dry matter is >5 and ≤ 20 g

Poor when butyric acid content per kg dry matter is >20 g

Tabel 6 Multiplikationsfaktor¹ til korrektion af FFu for effekten af bælplanteindhold, forgæringskvalitet og tørstofindhold i ensilage, når tilskudsfoder tildeles

Multiplication factor¹ for correcting FFu for the effects of legume content, fermentation quality and dry matter content of the silage when silage is fed solely

Bælplanter, % tørstof Legumes, % of DM	ts-indhold, % DM content, %	Fergæringskvalitet ^A , g smørsyre per kg ts Fermentation quality ^A , g butyric acid per kg DM							
		Høj ≤ 5 High ≤ 5	Middel Intermediate			Dårlig Poor			
			10	15	20	25	30	40	50
0	17	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,64	1,69	1,74
	20	1,36	1,38	1,40	1,43	1,45	1,47	1,52	1,58
	25	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,30	1,35	1,40
	30	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,19	1,24	1,30
	35	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,14	1,19	1,24
	40	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,16	1,22
	≥ 42	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,16	1,22
20	17	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60	1,65	1,70
	20	1,32	1,34	1,37	1,39	1,41	1,43	1,48	1,54
	25	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,26	1,31	1,36
	30	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,21	1,26
	35	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,10	1,15	1,20
	40	0,96	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,12	1,18
	≥ 42	0,96	0,98	1,00	1,02	1,05	1,07	1,12	1,18
40	17	1,45	1,47	1,49	1,52	1,54	1,56	1,61	1,67
	20	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,40	1,45	1,50
	25	1,11	1,13	1,15	1,18	1,20	1,22	1,27	1,33
	30	1,01	1,03	1,05	1,07	1,10	1,12	1,17	1,23
	35	0,95	0,97	0,99	1,02	1,04	1,06	1,11	1,17
	40	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,04	1,09	1,14
	≥ 42	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,04	1,09	1,14
60	17	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,58	1,63
	20	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,37	1,42	1,47
	25	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,24	1,30
	30	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,14	1,19
	35	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,03	1,08	1,13
	40	0,89	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00	1,05	1,11
	≥ 42	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,05	1,11

1: Baseret på ligning (5), (6), (7) og (8) i teksten

A: Høj, når smørsyreindholdet per kg tørstof er ≤ 5 g

Middel, når smørsyreindholdet per kg tørstof er >5 og ≤ 20 g

Dårlig, når smørsyreindholdet per kg tørstof er >20 g

1: Based on Equations (5), (6), (7), and (8) in text

A: High when butyric acid content per kg dry matter is ≤ 5 g

Intermediate when butyric acid content per kg dry matter is >5 and ≤ 20 g

Poor when butyric acid content per kg dry matter is >20 g

3.2 Foderoptagelseskapa­citet for energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku)

I 86/87-systemet blev foderoptagelseskapa­citeten for energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku) kun kvantificeret i forhold til race og dyrenes vægt. Det var ikke muligt at dokumentere sikre forskelle mellem køn i foderoptagelsen, og følgelig blev det antaget, at FEmax og Ku for kvier og stude har samme værdi som for tyre ved samme vægt (Ing­vartsen et al., 1986). Imidlertid er tidligere sam­menligninger af kønsforskelle kritisable og der er behov for yderligere analyse af kønsvirkninger for at fastlægge, om kønnet påvirker foderoptagelses­kapa­citeten.

Foderoptagelseskapa­citeten for dansk Jersey blev bestemt ud fra et begrænset datamateriale (Ingvartsen et al., 1986), og migration og selektion kan gennem de senere år have ændret foderoptagel­seskapa­citeten hos ungdyr.

En række faktorer ved dyr, miljø og manage­ment, udover dem, der var medregnet i 86/87-systemet, såsom drægtighed, daglængde og opstald­ningsforhold, kan også påvirke foderoptagelses­kapa­citeten (se figur 1). Virkningen af disse fak­torer samt virkningen af race og køn på FEmax og Ku diskuteres i det følgende.

3.2.1 Virkning af race

FEmax bestemt af Ingvartsen et al. (1986) var baseret på ungtyre i afkomsprøverne fra 1979 til 1983. Alle dyrene fik kraftfoder efter ædelyst indtil slagtning ved ca. 360 kg. FEmax for RDM, SDM og DRK blev fastlagt på basis af foderoptagelses­data fra henholdsvis 500, 727 og 95 ungtyre, mens FEmax for dansk Jersey var fastlagt på kun 23 ungtyre (Ingvartsen et al., 1986).

Ingvartsen (1992c) fandt, at FEmax for af­kommet af 19 uselektede RDM-tyre, 19 uselek­terede SDM-tyre og 16 uselektede Jersey-tyre var steget i forhold til gennemsnitsniveauerne rappor­teret af Ingvartsen et al. (1986). Ved 100 og 450 kg (350 kg for Jersey) var FEmax steget henholds­vis 0,23 og 0,51 for RDM, 0,45 og 0,21 for SDM og 0,11 og 0,47 for Jersey. Forskellene skyldes sandsynligvis for en stor dels vedkommende en ændring i det genetiske niveau for foderoptagelses­kapa­citet (Andersen et al., 1991). Den gennemsnit­lige forskel i FEmax mellem SDM og RDM var kun 0,09 FE ved 100 kg levende vægt, og den blev mindre ved højere vægte. FEmax var ens for Jersey, SDM og RDM ved en vægt på ca. 150 kg.

Ved vægte under og over 150 kg var FEmax for Jersey henholdsvis højere og lavere sammenlignet med FEmax for de tunge malke­racer.

På trods af, at FEmax for DRK var lavere end FEmax for RDM og SDM, foreslog Ingvartsen et al. (1986) kun en værdi for FEmax for tunge racer (RDM, SDM, DRK og Charolais x Jersey kryds­ninger). Andersen et al. (1991) fandt, at det ge­netiske niveau for foderoptagelseskapa­citet er øget relativt mest for DRK, og at det er tæt på niveauet for SDM. Det foreslås derfor, at FEmax for tunge racer er lig med FEmax for SDM. FEmax for tunge racer og Jersey kan beregnes afhængig af dyrenes vægt (W) ved hjælp af ligningerne (10) og (11) (Ingvartsen, 1992c).

Tunge racer:

$$FEmax_w = 3,700 \ln(W) - 13,93 \quad (10)$$

Jersey:

$$FEmax_w = 2,663 \ln(W) - 8,80 \quad (11)$$

Ingvartsen (1988b) fandt, at den observerede optagelse af FE for dyr på mellem 100 og 600 kg fra adskillige forsøg svarer til FEmax angivet af Ingvartsen et al. (1986). Det antages derfor, at ligningerne (10) og (11) er gældende for vægte mellem 100 og mindst 600 kg for tunge racer og mellem 75 og 450 kg for Jersey. Estimer for FEmax i forhold til race og kg vægt ses i tabel 7.

Ku-værdierne foreslået af Ingvartsen et al. (1986) var udledt af en model, der forudsiger daglig tørstofoptagelse afhængig af dyrenes vægt og andel af hø i rationen. Ingvartsen (1992c) analyserede Ku hos forskellige racer, der fik rationer med store mængder halm og majs- eller græsensilage. Når tyre fik en fuldfoderration med 52% snittet ammoniakbehandlet halm, 22% roeme­lasse og 26% kraftfoder samt mineraler og vitami­ner, var optagelsen af FFu-enheder signifikant højere end FFu-optagelsen hos dyr, der fik majs- og græsensilage. Dette var ventet, da Andersen et al. (1987) konkluderede, at systemet ikke kunne forudsige optagelsen af rationer sammensat af 20-50% snittet NH_3 eller NaOH behandlet halm og 20-30% melasse, og at optagelsen af sådanne rationer var 10-30% højere end forventet. Disse data blev derfor udeladt ved estimeringen af Ku for for­skellige racer og det konkluderes, at Ku kan beregnes efter ligningerne (12) og (13) (Ingvartsen, 1992c):

Tunge racer:

$$Ku_w = 4,740 \ln(W) - 18,75 \quad (12)$$

Jersey:

$$Ku_w = 3,737 \ln(W) - 13,50 \quad (13)$$

Forskellene i optagelseskapa­citet mellem Jersey og tunge racer svarer til forskellene mellem tidligt og sent udviklede racer (Ingvar­tsen et al, 1986; Jarrige et al., 1986). I tabel 7 ses Ku-værdier beregnet efter ligningerne (12) og (13). Det er vigtigt at bemærke, at Ku-værdierne kun gælder for dyr, der er tilvænnet rationen, og Ku kan indtil da være lavere.

3.2.2 Virkning af køn

Nogle konkluderer, at køn har forholdsvis lille indflydelse på foderoptagelsen (Beranger & Micol, 1980; ARC, 1984). NRC (1987) antyder, at kvier har en højere optagelse per vægtenhed^{0,75} end stude ved samme huld. Ingvar­tsen et al. (1992a) har i et forsøg tildelt kvier, stude og tyre en ration, hvor optagelsen var begrænset af fysiske faktorer og fandt, at kvierne har en højere optagelse end tyre og stude ved vægte op til 250 kg. Forskellene i optagelsen var små, når dyrene vejede over 250 kg. Da kvier må anses for tidligt udviklede sammen­lignet med tyre, er disse resultater i overensstemmelse med, at tidligt udviklede racer har højere optagelseskapa­citet ved lav vægt sammen­lignet med sent udviklede racer, mens det modsatte er tilfældet ved højere vægt (Ingvar­tsen et al. 1986; Jarrige et al., 1986; Ingvar­tsen et al., 1992b). Baseret på forskellene i optagelseskapa­citet fundet af Ingvar­tsen et al. (1992a) kan Ku for kvier af tunge malkeracer beregnes ud fra optagelseskapa­citeten for tyre efter følgende modificering af ligning (12):

$$Ku_w = [4,740 \ln(W) - 18,75] [3,125 - 0,6056 \ln(W) + 0,0420 \ln(W)^2] \quad (14)$$

Der findes ingen data for Jersey vedrørende kønsforskelle. Det antages imidlertid, at der er tilsvarende forskelle mellem kvier og tyre hos Jersey, og det foreslås derfor, at Ku for Jersey-kvier beregnes ud fra Ku for Jersey-tyre efter følgende modificering af ligning (13):

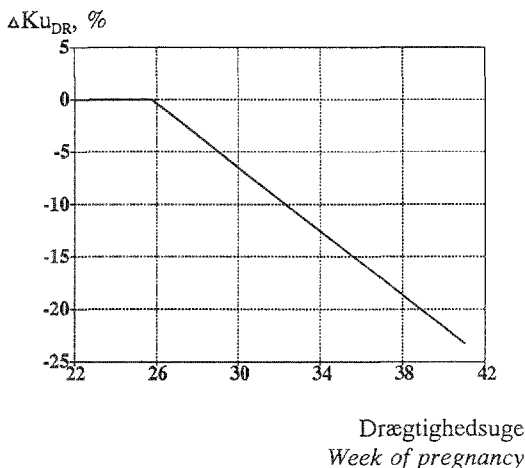
$$Ku_w = [3,737 \ln(W) - 13,50] [3,125 - 0,6056 \ln(W/0,75) + 0,0420 \ln(W/0,75)^2] \quad (15)$$

Bereg­nede Ku_w-værdier for kvier, tyre og stude er vist i tabel 7. Der er tilsyneladende ingen forskelle i optagelseskapa­citet mellem tyre og stude uanset rationen (Ingvar­tsen et al., 1992a). Endvi­dere fandt Andersen & Ingvar­tsen (1984) samme optagelseskapa­citet i slutfedningsperioden hos dyr, hvis foderoptagelse i vækstperioden har været begrænset til ca. 70% af ad libitum optagelsen, når de blev sammen­lignet ved samme vægt med dyr der var fodret ad libitum gennem hele fednings­perioden. I modsætning hertil påstår Jarrige et al. (1986), at to år gamle stude havde en højere optagelseskapa­citet end 12 til 15 måneder gamle tyre på omkring 500 kg. Dette kan forekomme, fordi stude har et lavere fedtindhold, når slutfedning påbegyndes ved denne vægt, hvorimod tyre fodret efter ædelyst har nået den optimale fednings­grad til slagtning. Hvorvidt FEmax-værdier for kvier adskiller sig fra FEmax-værdierne for tyre og stude eller ej er endnu ikke undersøgt.

3.2.3 Virkning af drægtighed

Drægtighed kan påvirke foderoptagelsen hos kvæg (Journet & Remond, 1976; Forbes, 1985, 1986; Ingvar­tsen et al., 1992a). De fleste af forsøgene er gennemført med drægtige køer i de sidste seks til otte uger før kælvning (Ingvar­tsen et al., 1992a). Imidlertid viste forsøget af Ingvar­tsen et al. (1992a) at ad libitum tørstofoptagelsen blev reduceret med 1,53% per uge eller med ca. 0,17 kg tørstof per uge fra 26. til 36. drægtighedsuge. Rationen indeholdt 0,65 FE per kg tørstof. Energi­optagelsen faldt altså 0,11 FE per uge fra 14 til 4 uger før kælvning. Optagelsen blev ikke registreret de sidste fire uger før kælvning. Et gennemsnitligt fald i tørstofoptagelsen på 1,53% per uge i de resterende fire uger ville være i overensstemmelse med faldet rapporteret fra adskillige andre undersøgelser i de sidste seks drægtighedsuger (for referencer se Ingvar­tsen et al., 1992a). Faldet i optagelse kan imidlertid være endnu mere udtalt, da en reduktion på op til 10% gennem de sidste 1-2 uger før kælvning er rapporteret (Ingvar­tsen et al., 1992a). På trods af det noget høje fald de sidste uger, konkluderes det, at ændringen i fylde­kapa­citeten (ΔKu_{DR}) for drægtige kvier bør korrigeres i henhold til følgende ligning fra 26. til 40. drægtighedsuge (DR):

$$\Delta Ku_{DR} = Ku_w (-0,0153 DR + 1,394) - Ku_w \quad (16)$$



Figur 8 Virkningen af drægtighed på den relative ΔKu_{DR} afhængig af drægtighedsuge
Effect of pregnancy on the relative ΔKu_{DR} dependent on the week of pregnancy

Ændringen i ΔKu_{DR} i løbet af drægtighedsperioden fremgår af figur 8.

Det anbefales, at kvier af tunge og lette racer har en daglig tilvækst på henholdsvis 600 og 420 g indtil puberteten (Ingvarsen et al., 1988; Foldager & Sejrsen, 1991). Kvier tildeles derfor normalt grovfoder med lav energikoncentration ad libitum, og optagelsen er således oftest reguleret af fysiske faktorer. Store mængder kraftfoder kan imidlertid tildeles fra midten af drægtighedsperioden og frem til kælvning for at forberede kvierne til laktationsperioden. Det er ikke undersøgt om FEmax reduceres gennem de sidste 14 drægtighedsuger.

3.2.4 Virkning af daglængde eller fotoperiode

Baseret på en gennemgang af litteraturen konkluderede Ingvarsen et al. (1992a), at kunstig forlængelse af fotoperioden fremmer tørstofoptagelse, daglig tilvækst og foderudnyttelsen hos tidligt kønsmodne kvier. Resultaterne for stude og tyre er mere varierende, men hos tyre ser det ud til at en forlænget fotoperiode øger foderoptagelsen og den daglige tilvækst.

Naturlig daglængde kan også påvirke foderoptagelsen hos opstaldet kvæg. Ingvarsen et al. (1992a) fandt en stigning i tørstofoptagelsen på 0,32% for hver time, dagen blev længere, når foderoptagelsen var begrænset af fysiske faktorer. I Danmark, hvor daglængden varierer fra 6,5 til

17,5 time, svarer det til ca. 3,5% lavere tørstofoptagelse i den mørkeste periode af året sammenlignet med den lyseste periode af året. Baseret på resultaterne af Ingvarsen et al. (1992a) kan den forventede ændring i foderoptagelseskapaaciteten (ΔKu_{DL}) afhængig af daglængde (DL) beregnes efter ligning (17):

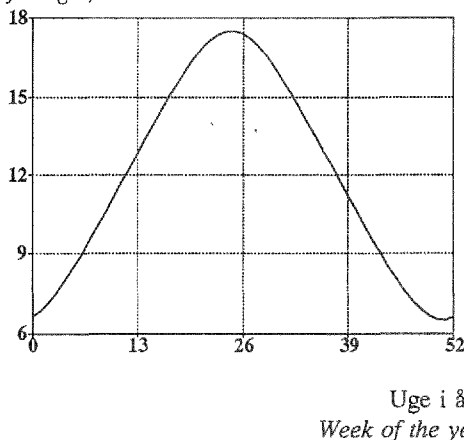
$$\Delta Ku_{DL} = Ku_w [0,0032 (DL - 12)] \quad (17)$$

I Danmark kan daglængden (DL) beregnes efter dag i året (i) ved brug af følgende ligning (modificeret efter Thompson et al., 1981):

$$DL = 7,6394 \arccos[-1,5108 \tan\{0,4102 \cos [6,283(i - 172) / 365]\}] \quad (18)$$

Den gennemsnitlige daglængde i Danmark afhængig af uge i året fremgår af figur 9.

Daglængde, timer
 Day length, hours



Figur 9 Daglængden i Danmark i forhold til uge i året

Natural photoperiod in Denmark dependent on week of the year

Fotoperioden kan også øge optagelsen, når stofskiftefaktorer er fremherskende i reguleringen af foderoptagelsen. Tyre, der fik kraftfoder efter ædelyst havde 4-5% højere optagelse, når den naturlige fotoperiode blev forlænget med 8 timers kunstigt lys (Roche & Boland, 1980; Sørensen & Andersen, 1983). FEmax synes således, at være påvirket af daglængden på samme måde som Ku.

Det foreslås derfor, at ændringen i FEmax med daglængde ($\Delta FEmax_{DL}$) beregnes ved en tilsvarende ligning:

$$\Delta FEmax_{DL} = FEmax_w [0,0032 (DL - 12)] \quad (19)$$

Virkningen af ovennævnte variationer i naturlig daglængde på foderoptagelse er i overensstemmelse med resultater fra litteraturen, hvor ændringer i kunstig fotoperiode ændrede foderoptagelsen fra 0,6% to 1,5% per times forlængelse af den lyse periode (Ingvarsen et al., 1992a). Det foreslås derfor, at ligning (17) og (19) også anvendes til justering af foderoptagelseskapaleteten, hvis fotoperioden ændres kunstigt.

3.2.5 Virkning af belægningsgrad og opstaldningstype

Optagelseskapaleteterne i tabel 7 blev bestemt på ungvæg opstaldet i bindestalde. Andre opstaldningstyper kan påvirke optagelse og produktion, sandsynligvis gennem stressreaktioner (Andersen & Ingvarsen, 1991; Ingvarsen & Andersen, 1992).

3.2.5.1 Bindestalde kontra løsdrift

Dyr i bindestald æder mere end bundne dyr, forudsat at belægningsgraden er tilstrækkelig stor til at undgå socialt stress. Ingvarsen & Andersen (1992) konkluderede, at dyr i løsdrift optager 4% mere foder og har et 4% større foderforbrug end bundne dyr, forudsat at belægningsgraden i løsdriftssystemet er tilstrækkelig ($>4,7 \text{ m}^2$ per dyr) til at sikre maksimal produktion. Ændringen i foderoptagelse og foderforbrug skyldes sandsynligvis mere motion. Det foreslås, at FEmax og Ku justeres i overensstemmelse med disse resultater. Ændringen i optagelseskapaleteten ved løsdrift (ΔKu_L , $\Delta FEmax_L$) kan beregnes efter følgende ligninger:

$$\Delta FEmax_L = 0,04 FEmax_w \quad (20)$$

$$\Delta Ku_L = 0,04 Ku_w \quad (21)$$

3.2.5.2 Belægningsgrad

Ingvarsen & Andersen (1992) undersøgte virkningen af belægningsgrad (m^2 per dyr) på foderoptagelsen hos dyr i løsdrift og hovedsageligt tildelt kraftfoder efter ædelyst. Når belægningsgraden øges fra $1,3 \text{ m}^2$ til $4,7 \text{ m}^2$, stiger den relative optagelse hos dyr, der vejede over 250 kg. En belægningsgrad på over $4,7 \text{ m}^2$ per dyr forventes at

tillade maksimal foderoptagelseskapaletet. Baseret på ligningen for relativ optagelse afhængig af belægningsgrad (Ingvarsen & Andersen, 1992) kan ændringen i FEmax og Ku ($\Delta FEmax_B$, ΔKu_B) beregnes efter ligning (22) og (23) for belægningsgrad (X) $\leq 4,7 \text{ m}^2$ per dyr:

$$\Delta FEmax_B = FEmax_w [(0,55X - 0,059X^2 + 6,36) / 7,64] - FEmax_w \quad (22)$$

$$\Delta Ku_B = Ku_w [(0,55X - 0,059X^2 + 6,36) / 7,64] - Ku_w \quad (23)$$

De fleste af forsøgene gennemgået af Ingvarsen & Andersen (1992) blev gennemført med tyre og stude. Da de neuroendokrine mekanismer involveret i nedreguleringen af foderoptagelsen på grund af stress sandsynligvis er uafhængige af køn, kan ligning (22) og (23) anvendes for begge køn. Der findes for få oplysninger til at kvantificere effekten af belægningsgrad på foderoptagelse hos kvæg, der vejer mindre end 250 kg.

3.2.5.3 Plads ved foderbordet

Pladsen per dyr ved foderbordet kan påvirke produktionen hos ungdyr (Ingvarsen & Andersen, 1992). De rapporterede virkninger er imidlertid varierende. Virkningen er ofte lille, når der er mere end 20 cm per dyr (Keys et al., 1978; Morrison & Zinn, 1985; Hanekamp et al., 1990). Der mangler mere information på dette område. Virkningen af foderautomater til forskellig antal dyr på optagelse og produktion bør også undersøges yderligere.

3.2.6 Retningslinier til beregning af FEmax og Ku

I det følgende opsummeres retningslinierne til beregning af foderoptagelseskapaletet.

FEmax og Ku bestemmes hovedsageligt på baggrund af dyrenes vægt (W), race og køn, men kan modificeres afhængig af drægtighedsuge (DR), løsdrift (L), belægningsgrad (B) og daglængde (DL). FEmax og Ku beregnes efter henholdsvis ligning (24) og (25):

$$FEmax = FEmax_w + \Delta FEmax_L + \Delta FEmax_B + \Delta FEmax_{DL} \quad (24)$$

$$Ku = Ku_w + \Delta Ku_{DR} + \Delta Ku_L + \Delta Ku_B + \Delta Ku_{DL} \quad (25)$$

FEmax_w og Ku_w værdierne afhængig af dyre-

nes vægt, race og køn gælder for dyr opstaldet i bindestalde med dagslys eller kunstigt lys i 12 timer. FE_{max_w} og Ku_w fremgår af tabel 7 med henvisning til ligningerne på baggrund af hvilke, værdierne kan beregnes. Optagelseskapa- citeten kan justeres for afvigelser i daglængde eller kunstig fotoperiode (figur 8) ved brug af ligning (20) og (21).

Hvis dyrene holdes i løsdrift, skal ΔFE_{max_L} ,

ΔFE_{max_B} og $\Delta FE_{max_{DL}}$ eller ΔKu_L , ΔKu_B og ΔKu_{DL} tages i betragtning. Som vist i ligning (25) er disse faktorer additive. De relative virkninger af løsdrift, belægningsgrad og fotoperiode er imid- lertid opsummeret i tabel 8. Optagelseskapa- citeten for dyr i løsdrift kan derfor beregnes ved at gange FE_{max_w} og Ku_w fra tabel 7 med en faktor af- hængig af belægningsgrad og daglængde fra tabel 8.

Tabel 7 Foderoptagelseskapa- citet af energi (FE_{max_w}) og fylde (Ku_w) for ungtyre (T), stude (S) og kvier (K) afhængig af race og vægt
Feed intake capacity of energy (FE_{max_w}) and fill (Ku_w) for bulls (T), steers (S), and heifers (K) dependent on breed and live weight

Vægt (W), kg <i>Live weight (W), kg</i>	Tunge racer ^a - <i>Large breeds^a</i>			Jersey - <i>Jersey</i>		
	FE_{max_w} , T, S, K	Ku_w , T, S	Ku_w , K	FE_{max_w} , T, S, K	Ku_w , T, S	Ku_w , K
	(10)	(12)	(14)	(11)	(13)	(15)
75	-	-	-	2,70	2,63	3,23
100	3,11	3,08	3,78	3,46	3,71	4,33
125	3,93	4,14	4,88	4,06	4,54	5,12
150	4,61	5,00	5,73	4,54	5,22	5,72
175	5,18	5,73	6,40	4,95	5,80	6,22
200	5,67	6,36	6,97	5,31	6,30	6,63
225	6,11	6,92	7,46	5,62	6,74	6,99
250	6,50	7,42	7,88	5,90	7,13	7,31
275	6,85	7,87	8,26	6,16	7,49	7,59
300	7,17	8,29	8,59	6,39	7,82	7,85
325	7,47	8,67	8,90	6,60	8,11	8,08
350	7,74	9,02	9,19	6,80	8,39	8,30
375	8,00	9,34	9,45	6,98	8,65	8,51
400	8,24	9,65	9,69	7,16	8,89	8,70
425	8,46	9,94	9,92	7,32	9,12	8,88
450	8,67	10,21	10,13	7,47	9,33	9,05
475	8,87	10,46	10,34	7,61	9,53	9,21
500	9,06	10,71	10,53	-	-	-
525	9,24	10,94	10,71	-	-	-
550	9,42	11,16	10,89	-	-	-
575	9,58	11,37	11,06	-	-	-
600	9,74	11,57	11,22	-	-	-

(Nr.): Henviser til ligningsnr. i teksten

a: RDM, SDM og DRK

(10): $FE_{max_w} = 3,747 \ln(W) - 14,23$

(11): $FE_{max_w} = 2,663 \ln(W) - 8,80$

(12): $Ku_w = 4,740 \ln(W) - 18,75$

(13): $Ku_w = 3,737 \ln(W) - 13,50$

(14): $Ku_w = \text{Ligning (12)} [3,125 - 0,6056 \ln(W) + 0,0420 \ln(W)^2]$

(15): $Ku_w = \text{Ligning (13)} [3,125 - 0,6056 \ln(W / 0,75) + 0,0420 \ln(W / 0,75)^2]$

(No.): Refers to equation no. in text

a: Danish Red (RDM); Danish Friesian (SDM); Danish Red and White (DRK)

(10): $FE_{max_w} = 3,747 \ln(W) - 14,23$

(11): $FE_{max_w} = 2,663 \ln(W) - 8,80$

(12): $Ku_w = 4,740 \ln(W) - 18,75$

(13): $Ku_w = 3,737 \ln(W) - 13,50$

(14): $Ku_w = \text{Ligning (12)} [3,125 - 0,6056 \ln(W) + 0,0420 \ln(W)^2]$

(15): $Ku_w = \text{Ligning (13)} [3,125 - 0,6056 \ln(W / 0,75) + 0,0420 \ln(W / 0,75)^2]$

Tabel 8 Multiplikationsfaktor¹ for konvertering af foderoptagelseskapaciteter for bundne voksende kvæg med en daglig fotoperiode på 12 timer (værdier anført i tabel 5) til den forventede optagelseskapacitet for løs-stalds dyr afhængig af belægningsgrad og fotoperiode

Multiplication factor¹ for converting feed intake capacities for tethered growing cattle given a daily photoperiod of 12 hours (values given in Table 5) to the expected feed intake capacity of loose-housed animals dependent on space allowance and photoperiod

Belægningsgrad, m ² per dyr <i>Space allowance, m² per animal</i>	Fotoperiode, timer <i>Photoperiod, hours</i>				
	6	9	12	15	18
1,2	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
1,4	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
1,6	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
1,8	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
2,0	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01
2,4	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02
2,8	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03
3,2	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04
3,6	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
≥4	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06

1: Baseret på ligning (17), (19), (20)-(23) i teksten - *Based on Equations (17), (19), (20)-(23) in text*

4 Systemets begrænsninger og behovet for yderligere undersøgelser

4.1 Systemets begrænsninger i forudsigelse af foderoptagelsen

For at bevare systemet til forudsigelse af foderoptagelsen hos ungdyr simpelt og anvendeligt til brug i praksis uden hjælp af computere har det ikke været muligt at inddrage den fulde kompleksitet af drøvtyggernes regulering af foderoptagelsen. En forudsætning for systemets nøjagtighed er at dyrenes behov for protein, mineraler og vitaminer tilgodeses i henhold til danske anbefalinger for kvæg (Strudsholm et al., 1992). Rationens struktur skal også være tilstrækkelig til at sikre normal fordøjelsesfunktion. Selv når de ernæringsmæssige behov er tilgodeset, kan systemet imidlertid ikke tage højde for vekselvirkninger mellem fodermidler, der kan påvirke optagelsen.

Det er en simplificering at antage, at den marginale optagelse af grovfoder er konstant uafhængig af kraftfoder/grovfoder forholdet, især når grovfoderet har en lav energikoncentration, da flere undersøgelser har vist ændret marginal grovfoderoptagelse ved stigende kraftfoderniveau (Forbes, 1986; Jarrige et al., 1979, 1986; Ingvarsen et al., 1986). Dette er der taget højde for i det franske fyldeenhedssystem til forudsigelse af optagelsen af grovfoderbaserede rationer (Jarrige et al., 1979), hvor den marginale grovfoderoptagelse kan ændres afhængig af grovfoderkvaliteten og kraftfoderandelen i det tildelte foder. Det betyder, at fyldeværdien for kraftfoder beregnes afhængig af fyldeværdien for grovfoder og andelen af kraftfoder i rationen. Som følge heraf kan den maksimale grovfoderoptagelse og den nødvendige mængde kraftfoder til at forsyne dyrene med en bestemt mængde energi kun findes ved iteration. I nærværende system, såvel som i 86/87-systemet, er det besluttet at undgå ulemperne ved en iterativ metode, da forskellene i marginal grovfoderoptagelse synes små eller endog ikke-eksisterende ved relevante kraftfoder/grovfoder forhold (figur 10).

På basis af figur 10 ser det ud til, at stigende kraftfoderniveauer formindsker grovfoderoptagelsen lineært, når dyrene fodres med græsensilage af høj kvalitet (figur 10a), majs- eller byghelsædsensilage

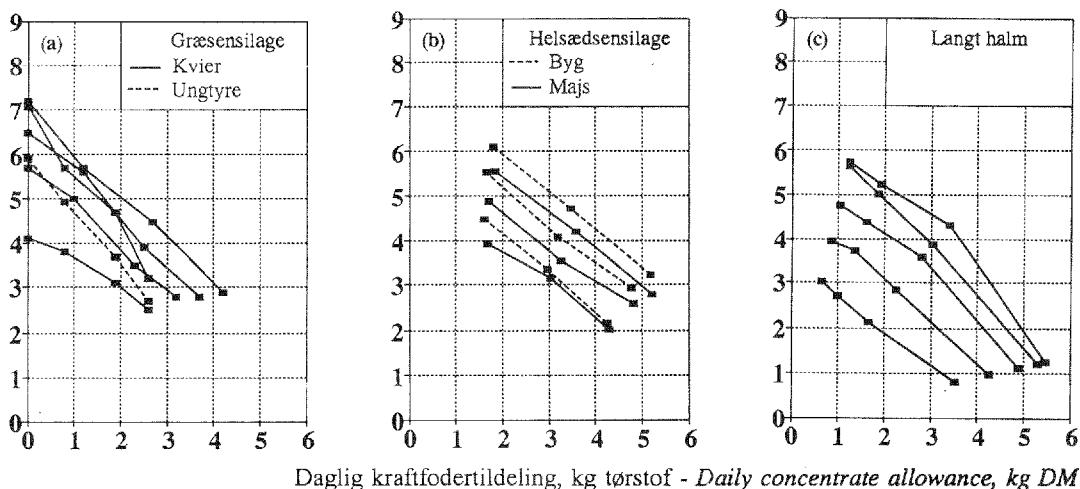
(figur 10b) eller lang bygghalm (figur 10c) ad libitum. Dette er i overensstemmelse med tidligere resultater, hvor der er rapporteret små forskelle i marginal grovfoderoptagelse, når optagelsen hovedsageligt var begrænset af fysiske faktorer (McCullough, 1980; Ingvarsen et al., 1986). Den marginale grovfoderoptagelse kan imidlertid ændres, hvis rationen ikke tilgodeser de ernæringsmæssige behov til en effektiv mikrobiel aktivitet i vommen (Doyle, 1987; Durand, 1989). Fejlen i forudsigelsen af energioptagelsen er imidlertid ofte lille og uden praktisk betydning under danske fodringsforhold, når det forudsættes, at næringsbehovet er tilgodeset.

86/87-systemet kunne ikke forudsige foderoptagelsen, når dyrene fik en ration med 20-50% snittet kemisk behandlet halm og 20-30% melasse. Optagelsen af sådanne rationer var 10-30% højere end forventet. De foreslåede ændringer af FFu har desværre ikke løst dette problem (Ingvarsen, 1992c).

Forarbejdning af korn og andet kraftfoder kan medføre en mere fordelagtig partikelstørrelse, vægtfylde og reducere forekomsten af støv/smuld, hvilket kan forbedre appetitligheden og foderoptagelsen (Church, 1991). Ved forarbejdning af kraftfoder er det muligt at øge optagelsen hos ungdyr, selv om optagelsen begrænses af stofskiftefaktorer. Forarbejdning kan også påvirke FFu for kraftfoder gennem effekten på vommiljøet og følgelig på forgæringen, nedbrydningen og passagehastigheden af det tildelte grovfoder. Disse virkninger bør undersøges under veldefinerede forhold.

Det er vanskeligere, at bestemme FFu for nogle fodermidler end for andre. Fodermidler som sukkerroer, pulp og melasse kan have forskellige FFu-værdier afhængig af den tildelte mængde. Hvis pulp gives som tilskud i stedet for byg til dyr fodret med byghelsædsensilage efter ædelyst, er FFu for pulp lavere end FFu for byg (Ingvarsen, 1992a). På den anden side er energioptagelsen lavere end FEmax, hvis pulp tildeles ad libitum, og FFu per kg tørstof kan derfor være højere for pulp end for byg. FFu for sådanne fodermidler bør

Daglig grovfoderoptagelse, kg tørstof - *Daily roughage intake, kg DM*



- (a): Baseret på data fra Andersen et al. (1977) og Sejrsen & Larsen (1978). Forskellige optrukne linier viser forskellige vægtintervaller mellem 150 og 450 kg
Based on data from Andersen et al. (1977) and Sejrsen & Larsen (1978). Different solid lines represent different live weight intervals between 150 and 450 kg
- (b): Baseret på data fra Andersen et al. (1981) og Strudsholm et al. (1982). Forskellige linier repræsenterer forskellige vægtintervaller (200-340, 200-470, 200-600)
Based on data from Andersen et al. (1981) and Strudsholm et al. (1982). Different lines represent different live weight intervals (200-340, 200-470, 200-600)
- (c): Baseret på data fra Foldager et al. (1988). Forskellige linier repræsenterer forskellige vægtintervaller mellem 150 og 450 kg
Based on data from Foldager et al. (1988). Different lines represent different live weight intervals between 150 and 450 kg

Figur 10 Virkningen af kraftfoderniveau på den marginale optagelse af grovfoder hos ungdyr
Effect of the level of supplement on marginal intake of roughage in growing cattle

bestemmes under forhold svarende til de hyppigst forekommende i praksis.

Der er ikke gennemført systematiske forsøg i Danmark med det specifikke formål at fastlægge fylde af grovfoder til ungdyr og lakterende køer. For såvel ungdyr og køer er fylden primært beregnet efter grovfodermidlernes energikoncentration. Fylde påvirkes imidlertid af en række andre faktorer (se figur 1 og diskussionen i afsnit 3.1). Derfor er der behov for en systematisk metode til at fastlægge fylden af vigtige grovfodermidler i forsøg med ungdyr og køer.

I Danmark anvendes et sæt fyldeværdier (FFu) for ungdyr og et andet sæt (FFk) for køer. Af hensyn til fremtidige forbedringer af systemet er det nødvendigt, at undersøge forskellene i reguleringen af foderoptagelsen hos ungdyr og køer.

I det foreslåede system er FFu afhængig af fodermidlets energikoncentration. Det er en ulempe, at en fejl i fastlæggelsen af foderværdien også

kan forårsage fejl i forudsigelse af foderoptagelsen.

4.2 Behov for system til bestemmelse af fodermidlers FFu in vivo

Som nævnt er der behov for eksperimentel fastlæggelse af FFu for visse fodermidler. I fyldestemmet til forudsigelse af foderoptagelsen hos køer foreslået af Kristensen (1983) er der tilsvarende behov for bestemmelse af fodermidlers fyldeværdi (FFk). Det ville være værdifuldt, at sammenligne optagelsen og fylden af forskellige fodermidler hos både ungdyr og lakterende køer, da der er store forskelle i fyldeværdierne og foderoptagelseskapa-citeten, men man ved kun lidt om baggrunden for disse forskelle (Ingvarsen & Kristensen, 1987). Endelig er der behov for at fastlægge den marginale grovfoderoptagelse, når kraftfoderoptagelsen stiger.

Der er gennemført en række danske forsøg med dyr, der er fodret med forskellige kraftfoderniveau-

er og tildelt grovfoder ad libitum. Disse forsøg var ikke planlagt med det formål, at danne baggrund for et system til forudsigelse af foderoptagelse, men fyldeværdierne i 86/87-systemet er imidlertid i vid udstrækning bestemt på baggrund af disse forsøg. Sådanne forsøg kan også i fremtiden være basis for bestemmelse af FFu-værdier og dermed forbedringer af det reviderede system. Der er imidlertid også behov for forsøg, hvor FFu for grovfoder og kraftfoder samt marginal grovfoderoptagelse ved forskellige kraftfoder/grovfoder forhold kan bestemmes, når ressourcerne (foder, dyr, antal prøver osv.) er begrænsede. Ud over bestemmelse af fyldeværdier og marginal grovfoderoptagelse er der behov for at undersøge de mekanismer, der forårsager forskelle i optagelse og fordøjelighed, såsom vommiljø, forgærmønstre og -hastighed, passagehastighed og mave-tarm-hormoner. Yderligere kendskab til sådanne faktorer er vigtig for udviklingen og forbedring af mekanistiske modeller til forudsigelse af foderoptagelse og foderværdi.

Ingvartsen (1992d) har foreslået en metode til bestemmelse af fylden for grovfoder og kraftfoder samt den marginale grovfoderoptagelse afhængig af kraftfoderniveau. Metoden er også anvendelig ved undersøgelse af mekanismerne involveret i reguleringen af foderoptagelsen. Det er foreslået, at teste fyldeværdierne og den marginale grovfoderoptagelse i et romer kvadrat design med "standard-dyr", "standardkraftfoder" og "standardgrovfoder". Formålet med at bruge standarddyr og standardfodermidler i et romer kvadrat design er, at reducere variationen i optagelse forårsaget af forskelle i dyrenes fysiologiske status og dermed det nødvendige antal dyr, samt at gøre det muligt at sammenligne resultater imellem forsøg. For yderligere information henvises til Ingvartsen (1992d).

4.3 Foderoptagelseskapacitet

Ku og FEmax er bestemt for Jersey, SDM og RDM. Systemet er også anvendeligt for andre racer, men andre racer kan have forskellige optagelseskapaciteter, sandsynligvis afhængig af energibehovet for maksimal vækst og racens størrelse, når den er fuldt udvokset. Der er derfor behov for at fastlægge optagelseskapaciteten hos andre racer, f.eks. kødracerne.

Optagelseskapaciteten for energi er blevet bestemt på et stort antal ungtyre. Der er ikke publiceret forsøgsdata for kvier af danske racer. Kønsforskellene for Ku er imidlertid små (Ing-

vartsen, 1992a), og derfor antages det, at der ikke er forskelle i FEmax, men eksperimentelle beviser for dette er sparsomme.

Korrektionen i optagelseskapacitet for drægtighedsuge blev bestemt på en ration, hvor fysiske faktorer begrænsede optagelsen. Det vides ikke om FEmax påvirkes på tilsvarende måde.

Der er ingen tvivl om, at fedme mindsker optagelsen. Baseret på resultater med rotter foreslog Kennedy (1953) den lipostatisk teori til kontrol af optagelse. Denne teori blev bekræftet af Liebelt et al. (1965). Virkningen af fedme på optagelseskapaciteten er ikke inkluderet i det reviderede system. FEmax blev bestemt for dyr, der fik kraftfoderrigt foder fra fødslen, og følgelig tager optagelseskapaciteten højde for den hæmmende virkning fedtvæv kan have på energioptagelseskapaciteten.

Fedtvæv påvirker ikke kun optagelseskapaciteten på grund af stofskiftet faktorer, men sandsynligvis også på grund af den plads, det optager i bughulen. Negative korrelationer mellem vægt af bughulefedt og græsoptagelse hos kvæg er rapporteret (Mäkelä, 1956; Tayler, 1959). Effekten af fedme på Ku er ikke behandlet i denne beretning. Der er behov for en kvantificering af fedtvævs virkninger på optagelseskapaciteten. Endvidere er der behov for en kvantificering af kompensatorisk foderoptagelse og for at kvantificere virkningerne af f.eks. forudgående fodring på den efterfølgende optagelseskapacitet.

4.4 Perspektiver og alternative modeller til forudsigelse af foderoptagelse

86/87-systemet er anvendt i Danmark, siden det blev introduceret af Landskontoret for Kvæg i computersystemer til planlægning af fodring og produktion. Justeringen af nogle faktorer og udvidelse med andre har øget nøjagtigheden af FFu-værdier for fodermidler og dyrenes FEmax og Ku værdier. Systemet til forudsigelse af foderoptagelse anses derfor forbedret betydeligt.

Systemets begrænsninger er diskuteret i tidligere afsnit. Hovedfordelen ved systemet er, at det integrerer faktorer ved såvel foder, dyr og produktionssystem i forudsigelsen af optagelsen. Endvidere gør introduktionen af to kapaciteter, en for fylde og en for energi, det muligt at forudsige optagelsen af såvel kraftfoder- som grovfoderbaserede rationer på en enkel måde. En anden fordel er, at ny viden let kan inkluderes i systemet ved at introducere nye ΔKu -værdier og $\Delta FEmax$ -værdier.

Dette er muligt, fordi alle Δ -værdier er angivet som relative forskelle i forhold til hovedfaktorerne, der bestemmer optagelseskapa- citet, nemlig race, le- ven- de vægt og køn. På samme måde kan nye Δ FFu- værdier introduceres.

Et lignende fyldesystem til forudsigelse af op- tagelsen af grovfoderbaserede rationer hos får og kvæg er udviklet i Frankrig (Jarrige et al., 1979; 1986). En fuldstændig sammenligning af de to systemer vil ikke blive foretaget her, men nogle umiddelbare ligheder og forskelle nævnes. Som i det danske system får fodermidlerne forskellige fyldeværdier. I 1979 introduceredes to "fyldeen- heder", en for får (SFU) og en for kvæg (CFU), og for nylig er der foreslået en tredje for lakterende køer (LFU) (Dulphy et al., 1987). Mens fyldevær- dierne i det danske ungdyrssystem var afledt af tilgængelig litteratur, hvor dyrenes optagelses- kapacitet er antaget at være kendt, blev fyldevær- dierne i det franske system bestemt hos får på en lang række friske (2400) og konserverede afgrøder (1300) (Dulphy et al., 1989). CFU og LFU for friske afgrøder er afledt af SFU, og optagelsen af konserverede afgrøder hos ungdyr og lakterende køer er anslået ud fra optagelsen af friske afgrøder efter korrektion for forskelle forårsaget af for- skellige konserveringsmetoder. I det franske system afhænger fyldeværdien af kraftfoder af andelen af kraftfoder i rationen, og fyldeværdien af det tildelte grovfoder. Kvæg tilskrives kun een optagelses- kapacitet i det franske system, mens ungvæg i det danske system tilskrives to (Ku, FEmax).

NRC (1987) har omtalt en række modeller til forudsigelse af foderoptagelsen hos ungdyr i USA.

De er alle baseret på simple eller multiple regres- sioner, og de fleste modeller indeholder kun få af de faktorer, der påvirker optagelsen. Ingen af de rapporterede modeller synes anvendelige under danske fodrings- og opstaldningsforhold.

Rook et al. (1991) sammenlignede to modeller, som har været brugt i vid udstrækning i England i det seneste årti, til forudsigelse af optagelsen af ensilagebaserede rationer hos ungvæg af kødrace (ARC, 1980; Lewis, 1981) med nye modeller (Rook et al., 1990a). De konkluderede, at reducere- de mindste kvadraters modeller og afledte modeller med "ridge regression" forudsagde optagelsen bedre end den "bedste" mindste kvadraters model. I modellerne regnedes hovedsageligt med dyrenes vægt, kraftfodertildeling, fordøjeligt organisk materiale i tørstoffet og ensilagens gæringskvalitet (en eller flere af følgende: pH, smørsyre, $\text{NH}_3\text{-N}$ og total N) i forudsigelsen af optagelsen.

Adskillige mekanistiske simuleringsmodeller er blevet udviklet til at integrere kendskabet til for- døjelsesprocesser såsom nedbrydelighed og for- gæring af foderet i vommen, næringsstofabsorption og passage af ufordøjede foderpartikler for at kunne forudsige optagelse, fordøjelse og absorption af næringsstoffer (Mertens & Ely, 1979; Forbes, 1980; Fisher et al., 1987; Danfær, 1990). For at opnå en tilfredsstillende metode til forudsigelse af foderoptagelsen hos kvæg er yderligere justering og forbedring af disse modeller påkrævet.

For yderligere detaljer om alternative modeller, deres fordele og begrænsninger, henvises til en nyere oversigtsartikel (Ingvarsen, 1993).

Litteratur

- Agricultural Research Council. 1984 (1980). The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England. 351 pp.
- Andersen, B.B., Madsen, P., Klastrup, S. & Ovesen, E. 1991. Avlsstationer for kødproduktion. Rapport 692 (English summary and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 60 pp.
- Andersen, H.R. & Sørensen, M. 1972. Formalet halm som bestanddel af fuldfoder til fedekalve. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. København, Danmark. 356-370.
- Andersen, H.R. & Sørensen, M. 1974. Formalet halm i foderblandinger til ungtyre. Meddelelse 19. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 4 pp.
- Andersen, H.R., Konggaard, S.P. & Kousgaard, K. 1977. Kløvergræssensilage plus varierende mængder roefoder eller byg til ungtyre i binde- og løsdriftstald. Meddelelse 205. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 4 pp.
- Andersen, H.R. & Andersen, B.B., Møller, E. & Kousgaard, K. & Klastrup, S. 1981. Kombineret avls- og fodringforsøg på avlsstationen "Egtved". c. Fodring med majsensilage til ungtyre. Meddelelse 366. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 4 pp.
- Andersen, H.R. & Ingvartsen, K.L. 1984. The influence of energy level, weight at slaughter and castration on growth and feed efficiency in cattle. *Livest. Prod. Sci.* 11, 559-569.
- Andersen, H.R., Foldager, J. & Ingvartsen, K.L. 1987. Foderoptagelsessystem for ungkvæg. Meddelelse 683. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 4 pp.
- Andersen, H.R. & Ingvartsen, K.L. 1987. Effect of energy level, weight and castration on growth, feed conversion and carcass composition of cattle. In: Andersen, B.B., Andersen, E., Jensen, B., Petersen, P.H. & Østergaard, V. (eds.), *Research in Cattle Production. Danish Status and Perspectives*. Landhusholdningsselskabets Forlag, Frederiksberg, Danmark, 92-101.
- Andersen, H.R. 1990. Ammekoens energibehov og foderoptagelseskapacitet. Rapport 669. Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 64 pp.
- Andersen, H.R. & Ingvartsen, K.L. 1991. Performance of fattening bulls dependent on housing system and stocking density. Rapport 686 (In Danish with English abstract). Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 31 pp.
- Belyea, R.L., Marin, P.J. & Sedgwick, H.T. 1985. Utilization of chopped and long alfalfa by dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 68, 1297-1301.
- Beranger, C. & Micol, D. 1980. Intake in relation to the animal. *Ann. Zootech.* 29, 209-226.
- Boldt, E. & Hoffmann, M. 1990. Zur Beeinflussung von Futteraufnahme und Lebendmassenzunahme von Mastbullen durch den Austausch von Maissilage durch Zuckerrübenblattsilage in der Futterration. *Tierzucht* 44, 58-60.
- Bowman, J.G.P., Hunt, C.W., Kerley, M.S. & Paterson, J.A. 1991. Effect of grass maturity and legume substitution on large particle size reduction and small particle flow from the rumen of cattle. *J. Anim. Sci.* 69, 369-378.
- Chenost, M., Grenet, E., Demarquilly, C. & Jarrige, R. 1970. The use of nylon bag technique for the study of digestion in the rumen and the predicting feed value. *Proc. 11th Int. Grassl. Congress*, 697-701.

- Church, D.C. 1991. Livestock feeds and feeding. 3rd edn. Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA. 546 pp.
- Cottyn, B.G., Boucqué, C.V., Buysse, F.X. 1969. Physical form and growth stage of Italian ryegrass hay on bull performance, digestibility and characteristics of rumen fermentation. Paper presented at the 4th Int. Symp. of Zootech., Milano, 358-367.
- Danfær, A. 1990. A dynamic model of nutrient digestion and metabolism in lactating dairy cows. Rapport 671. Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 511 pp.
- Demarquilly, C. 1970. Influence de la déshydratation à basse température sur la valeur alimentaire des fourrages. Ann. Zootech. 19, 45-51.
- Demarquilly, C. 1973. Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages: modifications par rapport au fourrage vert initial. Ann. Zootech. 22, 1-35.
- Demarquilly, C. & Jarrige, R. 1974. The comparative value of grasses and legumes. Växtodling 28, 33-41.
- Doyle, P.T. 1987. Supplements other than forage. In: Hacker, J.B. & Ternouth, J.H. (eds.), The Nutrition of Herbivores. Academic Press, London, 429-464.
- Dulphy, J.P., Faverdin, P., Micol, D. & Bocquier, F. 1987. Révision du système des Unités d'Encombrement (UE). Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 70, 35-48.
- Dulphy, J.P. & Rouel, J. 1988. Modifications d'ingestibilité entraînées par la fenaison chez les bovins. Comparaison avec les ovins. Ann. Zootech. 37, 31-42.
- Dulphy, J.P., Faverdin, P. & Jarrige, R. 1989. Feed intake: the Fill Unit systems. In: Jarrige, R. (ed.), Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables. INRA, Paris, 61-71.
- Durand, M. 1989. Conditions for optimizing cellulolytic activity in the rumen. In: Chenost, M. & Reiniger, P. (eds.), Evaluation of Straws in Ruminant Feeding. Elsevier Applied Science, London, 3-18.
- Fisher, D.S., Burns, J.C. & Pond, K.R. 1987. Modelling ad libitum dry matter intake by ruminants as regulated by distension and chemostatic feedbacks. J. Theor. Biol. 126, 407-418.
- Foldager, J. & Sejrsen, K. 1987. Mammary gland development and milk production in dairy cows in relation to feeding and hormone manipulation during rearing. In: Andersen, B.B., Andresen, E., Jensen, B., Petersen, P.H. & Østergaard, V. (eds.), Research in Cattle Production. Danish Status and Perspectives. Landhusholdnings-selskabets Forlag, Frederiksberg, Danmark, 102-116.
- Foldager, J., Sejrsen, K. & Sørensen, J.T. 1988. The effect of plane of nutrition on growth and feed utilization in RDM and SDM heifers - Revision of energy requirements for growth. Rapport 648 (English summary and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 121 pp.
- Foldager, J. & Sejrsen, K. 1991. Rearing intensity in dairy heifers and the effect on subsequent milk production. Rapport 693 (English summary and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 131 pp.
- Forbes, J.M. 1980. A model of the short term control of feeding in the ruminant: effects of changing animal or feed characteristics. Appetite 1, 21-41.
- Forbes, J.M. 1985. The effect of sex hormones, pregnancy and lactation on digestion, metabolism and voluntary food intake. In: Milligan, L.P., Grovum, W.L. & Dobson, A. (eds.), Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 420-435.
- Forbes, J.M. 1986. The voluntary food intake of farm animals. Butterworth, London. 206 pp.

- Goering, H.K., Waldo, D.R., Tyrrel, H.F. & Thomson, D.J. 1991. Composition of formaldehyde- and formic acid-treated alfalfa and orchardgrass silages harvested at two maturities and their effects on intake and growth by Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 69, 4634-4643.
- Greenhalgh, J.D.F. & Wainman, F.W. 1972. The nutritive value of processed roughages for fattening cattle and sheep. *Proc. Brit. Soc. Anim. Prod.* 61-72.
- Greenhalgh, J.D.F. & Reid, G.W. 1973. The effects of pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. *Anim. Prod.* 16, 223-233.
- Hanekamp, W.J.A., Smits, A.C. & Wierenga, H. 1990. Huisversting vleesstieren vanaf 6 maanden. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Lelystad. Publication no. 66, 20 pp.
- Hight, G.H., Kirton, A.H., Browning, H.A. & Duganzich, D.H. 1972. The autumn growth and carcass composition of hoggets grazed on lucerne, perennial ryegrass plus white clover, and white clover pastures. *New Zealand J. Agric. Res.* 15, 527-537.
- Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1986. Feed intake of growing cattle. Rapport 614 (English abstract, summary and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 115 pp.
- Ingvartsen, K.L. & Kristensen, V.F. 1987. Opbygning af foderoptagelsessystem til malkekøer og ungdyr. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde. 3 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1988a. Økonomien i slagtekalveproduktionen - modelberegninger. Unpublished, 19 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1988b. A model for prediction of daily gain of young bulls for beef production. In: Korver, S. & Van Arendonk, J.A.M. (eds.), *Modelling of Livestock Production Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 22-31.
- Ingvartsen, K.L., Foldager, J., Larsen, J.B. & Østergaard, V. 1988. Growth and milk yield by Jersey reared at different planes of nutrition. Rapport 645 (English abstract, summary and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 72 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1992a. Fylden af kartoffelpulp, sukkerroer og roemelasse til ungdyr. Meddelelse 818. Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 5 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1992b. Effect of conservation and dry matter concentration of forage from grassland on feed intake, growth and feed conversion ratio of growing cattle: A review. Rapport 711 (English abstract and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum, Danmark. 44 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1992c. Effect of breed on feed intake capacity in growing Danish cattle. Unpublished, 23 pp.
- Ingvartsen, K.L. 1992d. A system for prediction of voluntary feed intake in growing cattle and use of feed intake to monitor performance. Ph.d. afhandling. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 210 pp.
- Ingvartsen, K.L. & Andersen, H.R. 1992. Space allowance and type of housing for growing cattle. A review of performance and possible relation to neuroendocrine function. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 43, 65-80.
- Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1992a. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 40-46.
- Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1992b. Random variation in voluntary dry matter intake and effect of day length on feed intake capacity in growing cattle. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 121-126.
- Ingvartsen, K.L. 1993. Models of voluntary food intake in cattle. *Livest. Prod. Sci.* Under trykning. 37 pp.

- Jarrige, R., Demarquilly, C. & Dulphy, J.P. 1974. The voluntary intake of forages. *Växtodling* 28, 98-106.
- Jarrige, R., Demarquilly, C., Dulphy, J.P., Hoden, A., Journet, M., Beranger, C., Geay, Y., Malterre, C., Micol, D., Petit, M. & Robelin, J. 1979. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. Techn. C.R.Z.V., Theix* 38, 57-79.
- Jarrige, R., Demarquilly, C. & Dulphy, J.P. 1982. Forage conservation. In: Hacker, J.B. (ed.), *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. Commonwealth Agric. Bureaux, Farnham Royal, 363-387.
- Jarrige, R., Demarquilly, C., Dulphy, J.P., Hoden, A., Robelin, J., Beranger, C., Geay, Y., Journet, M., Malterre, C., Micol, D. & Petit, M. 1986. The INRA "fill unit" system for predicting the voluntary intake of forage-based diets in ruminants: A review. *J. Anim. Sci.* 63, 1737-1758.
- Jaster, E.H. & Murphy, M.R. 1983. Effects of particle size of forage on digestion and chewing behaviour of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 66, 802-810.
- Journet, M. & Remond, B. 1976. Physiological factors effecting the voluntary intake of feed by cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 3, 129-146.
- Kay, M., MacDermid, A. & Massie, R. 1970. Intensive beef production. 11. Replacement of cereals with ground straw. *Anim. Prod.* 12, 419-424.
- Kennedy, G.C. 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proc. Royal Soc., B* 140, 578-592.
- Kercher, C.J., Smith, W. & Paules, L. 1971. *Proc. West. Sect. Amer. Soc. Animal Sci.* 22, 33.
- Keys, J.E., Pearson, R.E. & Thompson, P.D. 1978. Effect of feedbunk stocking density on weight gains and feeding behaviour of yearling Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 61, 448-454.
- Kristensen, V.F. 1983. Styring af foderoptagelsen ved hjælp af foderrationens sammensætning og valg af fodringsprincip. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.), *Optimum Feeding of the Dairy Cow. Feed Composition, Feed Intake, Metabolism and Production. Rapport 551* (English summary). Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark, 7.1-7.35.
- Levy, D., Amir, S., Holzer, Z. & Neumark, H. 1972. Ground and pelleted straw and hay for fattening Israeli-Friesian male calves. *Anim. Prod.* 15, 157-165.
- Lewis, M. 1981. Equations for predicting silage intake by beef and dairy cattle. *Proceedings of the VI Silage Conference, Edinburgh*, pp. 35-36.
- Liebelt, R.A., Ichinoe, S. & Nicholson, N. 1965. Regulatory influences of adipose tissue on food intake and body weight. *Annals of the New York Acad. Sci.* 131, 559-582.
- Malterre, C. & Lelong, C. 1976. Utilizing the maize crop in various forms for beef production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1, 412-427.
- Marsh, R. 1975. Intake and live-weight gain by British Friesian calves offered different ratios of dried grass and concentrates. *Anim. Prod.* 20, 345-353.
- Marsh, R. 1979. The effect of wilting on fermentation in the silo and on nutritive value of silage. *Grass and Forage Sci.* 34, 1-10.
- McCullough, T.A. 1974. The effect of different proportions of dried grass and concentrates in the diet on voluntary intake and performance of calves. *Anim. Prod.* 18, 49-58.
- McCullough, T.A. 1980. Intake as dependent on feed. *Ann. Zootech.* 29, 197-204.
- Mertens, D.R. & Ely, L.O. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *J. Anim. Sci.* 49, 1085-1095.

- Mertens, D.R. 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of feeds. *Cornell Nutr. Conf.* 60-68.
- Michell, P.J. 1973. Digestibility and voluntary intake measurements on regrowth of six Tasmanian pasture species. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry* 13, 158-164.
- Minson, D.J. 1963. The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughages - a review. *J. Brit. Grassland Soc.* 18, 39-44.
- Montgomery, M.J. & Baumgardt, B.R. 1965. Regulation of food intake in ruminants. 1. Pelleted rations varying in energy concentration. *J. Dairy Sci.* 48, 569-574.
- Morrison, S.R. & Zinn, R.A. 1985. Beef cattle performance on slotted floors: manger space allotment. *Am. Soc. of Agric. Eng., paper no.* 85-4522. 5 pp.
- Mäkelä, A. 1956. Studies on the question of bulk in the nutrition of farm animals with special reference to cattle. *Acta Agralia Fennica*, 85. 130 pp.
- Møller, P.D., Andersen, P.E., Hvelplund, T., Madsen, J. & Thomsen, K.V. 1983. A new method of calculating the energetic value of feedstuffs for ruminants. Rapport 555 (English summary and subtitles). *Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark.* 60 pp.
- National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th revised edn. National Academy Press, Washington DC, USA. 90 pp.
- National Research Council. 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy Press, Washington DC, USA. 85 pp.
- Prigge, E.C., Stuthers, B.A. & Jacquement, N.A. 1990. Influence of forage diets on ruminal particle size, passage of digesta, feed intake and digestibility by steers. *J. Anim. Sci.* 68, 4352-4360.
- Roche, J.F. & Boland, M.P. 1980. Effect of photoperiod on growth rate of Friesian male cattle. *Ir. J. Agric. Res.* 19, 85-90.
- Rook, A.J., Dhanoa, M.S. & Gill, M. 1990a. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 2. Principal component and ridge regression analyses. *Anim. Prod.* 50, 439-454.
- Rook, A.J., Dhanoa, M.S. & Gill, M. 1990b. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 3. Precision of alternative prediction models. *Anim. Prod.* 50, 455-466.
- Rook, A.J., Greenhalg, J.F.D., Gill, M., Adamson, A.H., Holmes, W. & Lewis, M. 1991. AFRC technical committee on responses to nutrients. Report number 8. Voluntary intake of cattle. *Nutr. Abst. Reviews (Series B)*. 61, 815-823.
- Schwarz, F.J., Kirchgessner, M. & Carmanns, R. 1988. Zur Schätzung der Futteraufnahme von Fleckviehbullen bei Mastverfahren mit Mais-silage. *Züchtungskunde* 60, 135-142.
- Sejrsen, K. 1978. Mammary development and milk yield in relation to growth rate in dairy and dual purpose heifers. *Acta Agric. Scand.* 28, 41-46.
- Sejrsen, K. & Larsen, J.B. 1978. Effect of silage-concentrate ratio on feed intake, growth rate and subsequent milk yield of early calving heifers. Rapport 465 (English summary and subtitles). *Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark.* 74 pp.
- Smith, L.W., Goering, H.K. & Gordon, C.H. 1972. Relationship of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *J. Dairy Sci.* 55, 1140-1147.
- Stanhope, D.L., Hinman, D.D., Everson, D.O. & Bull, R.C. 1980. Digestibility of potato processing residue in beef cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.* 51, 202-206.

- Strudsholm, F., Andersen, H.R. & Andersen, B.B., Møller, E. & Sørensen, S.E. 1982. Kombineret avls- og fodringsforsøg på avisstationen "Egtved". d. Fodring med byghelsædsensilage til ungtyre. Meddelelse 426. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 4 pp.
- Strudsholm, F., Nielsen, E.S., Madsen, J., Foldager, J., Hermansen, J., Kristensen, V.F., Aaes, O. & Hvelplund, T. 1992. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 18. Landsudvalget for kvæg, Skejby, Danmark. 52 pp.
- Swan, H. & Lamming, G.E. 1970. Studies in the nutrition of ruminants. 5. The effect of diets containing up to 70% ground barley straw on the live-weight gain and carcass composition of yearling Friesian cattle. *Anim. Prod.* 12, 63-70.
- Sørensen, J.T. 1987. Performance of group-fed replacement heifers in harmonic versus inharmonic groups according to weight and with two feed rations. In: Østergaard, V. & Hindhede, J. (eds.), *Research in cattle production systems. Rapport 628* (English abstract and subtitles). Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark, 172-185.
- Sørensen, M.T. & Andersen, B.B. 1983. Kunstig forlænget daglængde til ungtyre. Meddelelse 525. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Danmark. 3 pp.
- Taylor, J.C. 1959. A relationship between weight of internal fat, 'fill', and the herbage intake of grazing cattle. *Nature* 184, 2021-2022.
- Taylor, J.C. & Wilkins, R.J. 1976. Conserved forage-complement on competition to concentrates. In: Swan, H. & Broster, W.H. (eds.), *Principles of Cattle Production*. Butterworth, London, 343-364.
- Thomas, C., Gibbs, B.G. & Taylor, J.C. 1981. Beef production from silages. 2. The performance of beef cattle given silages of either perennial ryegrass or red clover. *Anim. Prod.* 32, 149-153.
- Thompson, N., Barnie, I.A. & Ayles, M. 1981. The meteorological office rainfall and evaporation calculation system: MORECS (July 1981). Hydrological Memorandum No. 45. Meteorological Office, Bracknell, Berkshire, England. 69 pp.
- Thomson, D.J. 1971. The voluntary intake of diploid (S.22) and tetraploid (Tetile tetrone) Italian ryegrass and white clover by sheep. *J. Brit. Grassl. Soc.* 16, 149-155.
- Thomson, D.J. 1979. Effect of the proportion of legumes in the sward on animal output. In: Charles, A.H. & Hagger, R.J. (eds.), *Changes in Sward Composition and Productivity*. Brit. Grassl. Soc. Occasional Symp. 10, 101-106.
- Thomson, D.J., Waldo, D.R., Goering, H.K. & Tyrrell, H.F. 1991. Voluntary intake, growth rate, and tissue retention by Holstein steers fed formaldehyde- and formic acid-treated alfalfa and orchardgrass silages. *J. Anim. Sci.* 69, 4644-4659.
- Van Soest, P.J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24, 834-843.
- Van Soest, P.J., Mertens, D.R. & Denum, B. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47, 712-720.
- Vik-Mo, L. 1989. Degradability of forages in sacco. 2. Silages and grasses and red clover at two cutting times, with formic acid and without additives. *Acta Agric. Scand.* 39, 53-64.
- Wallace, J.D., Raleigh, R.J. & Sawyer, W.A. 1961. Utilization of chopped, wafered, and pelleted native meadow hay by weaned Hereford calves. *J. Anim. Sci.* 20, 778-781.