

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:  
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet  
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond  
for Udvikling af Landdistrikterne

LDP 2020



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne

Case i afsnit 4 er udarbejdet på baggrund af resultater fra projektet 'Maksimering af restbeløb'.



# **Betydning af foderniveau på mælkeydelse, fodereffektivitet og økonomi ved malkekvæghold**

**Effect of feeding level on milk yield, feeding efficiency and economy in dairy cow farms**

## **Bachelorprojekt i husdyrvidenskab 15 ECTS**

Institut for klinisk veterinær og husdyrvidenskab

Udarbejdet af:

Lasse Sembach (bhw183)

Vejleder: Lektor Peder Nørgaard

Medvejleder: Nicolaj Ingemann Nielsen

Afleveret den: 16/06/2016

## Abstract

The aim of this project is to investigate the effect of level of feeding on feeding efficiency and energy corrected milk yield (ECM), with the purpose of finding an equation that can predict the amount of energy corrected milk produced to a certain level of feeding. Two definitions of level of feeding are being used: MJ ME/day and MJ/NEL/day. Previously it has been documented that a declining feeding efficiency is connected with a rising level of feeding. This is due to a declining rumen degradability and/or an increasing rate of passage of the feed with increased level of feeding. There was also found to be a higher response in milk yield to an increase in level of feeding on multiparous cows at the start of lactation compared to primiparous cows. This is due to a higher milk yield capacity, which makes the multiparous cows mobilize energy from their body reserves in the first part of the lactation, thereby increasing the amount of MJ ME/day from the feeding, that's being directed towards milk production instead of growth.

Feeding data was collected for 3 months on a farm with 200 Danish-Holstein dairy cows. The trial was split into 3 periods, with the first period acting as a control, while the composition of the feeding was changed for the 2 consecutive periods. The averaged days in milking during the 3 periods ranged from 181 – 193 and the amount of primiparous cows was 0,42. The feeding composition from each period was recreated in NorFor, using an average of data of 7 days in the first period and 10 days in the second and third. The data was used in 4 models for prediction of kg ECM/cow/day and the results were then compared to the actual energy corrected milk yield achieved in the corresponding period. The best fit model predicted an average of 0,3 kg ECM/cow/day, which is more than that actual yield over the 3 periods. The model included the factors: MJ ME<sub>(P-M)</sub>/day, AAT g/kg DM, CFat g/kg DM, non-fibre carbohydrates kg/kg DM and days in milking. The model is expected to have a bigger deviation from the achieved at the start of lactation, since it doesn't include parity as a factor and the biggest difference in milk yield between parities can be seen in start of lactation. The ECM yield is thereby not only dependent on level of feeding, but also feed fraction composition, parity and stage of lactation. Change in amount of fat and protein in the milk composition of the cows to the level of feeding and feed fraction composition will have to be included in a model used for finding the economically best feed-composition.

# Forord

Dette projekt er udarbejdet som den afsluttende del af bacheloruddannelsen Husdyrvidenskab. Projektet er udarbejdet ved Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, Frederiksberg, Institut for Klinisk Veterinær- og Husdyrvidenskab (IKVH).

I projektet er betydningen af et øget foderniveau for fodereffektiviteten og mælkeydelsen blevet undersøgt, med henblik på at finde en model, der kan prædiktere mælkeydelsen ud fra foderniveaet.

I forbindelse med udarbejdelse af projektet vil jeg gerne rette en stor tak til min vejleder lektor Peder Nørgaard fra IKVH, for god og konstruktiv vejledning, selv da tiden var knap. Der skal også lyde en tak til min medvejleder Nicolaj Ingemann Nielsen fra SEGES, for projektforslag og faglig sparring, samt for at stille data til rådighed og hjælpe med forståelsen af disse. Derudover vil jeg også gerne takke Team Foderkæden på SEGES for at stille en kontorplads og PC til rådighed. Dette gav mig mulighed for at skrive projektet hos SEGES i Skejby og indsigten i den daglige gang hos en virksomhed er meget værdsat.

Det natur- og biovidenskabelige fakultet, Københavnsuniversitet, Frederiksberg

Afleveringsdato: 16. juni 2016

---

Underskrift

Lasse Sembach, BHW183

## Indholdsfortegnelse

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ABSTRACT</b> .....                                 | <b>2</b>  |
| <b>FORORD</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>INDLEDNING</b> .....                               | <b>6</b>  |
| Baggrund .....  | 6         |
| Problemformulering .....                              | 7         |
| Hypoteser .....                                       | 8         |
| Formål .....  | 8         |
| 1.5 Afgrænsning .....                                 | 8         |
| 1.6 Metode .....                                      | 8         |
| <b>2. TEORI</b> .....                                 | <b>9</b>  |
| 2.1 Næringsstoffraktioner .....                       | 9         |
| 2.1.1 Weende .....                                    | 9         |
| 2.1.2 Van Soest .....                                 | 10        |
| 2.1.3 NIR-analyse .....                               | 10        |
| 2.1.4 NorFor .....                                    | 11        |
| 2.2 Energiomsætning .....                             | 11        |
| 2.3 Energivurderingssystemer .....                    | 13        |
| 2.3.1 NorFor .....                                    | 13        |
| 2.3.2 Feed into Milk .....                            | 14        |
| 2.3.3 Foderenhed til kvæg .....                       | 15        |
| 2.4. Fyldeværdi, substitutionsrate, foderniveau ..... | 15        |
| 2.4.1 Regulering af foderoptagelse .....              | 16        |
| 2.4.2 Fyldeværdi og Substitutionsforhold .....        | 17        |
| 2.4.3 Foderniveau .....                               | 18        |
| <b>3. EFFEKT AF FODERNIVEAU</b> .....                 | <b>19</b> |
| 3.1 Biologisk respons ved øget foderniveau .....      | 19        |
| 3.1.1 Fodereffektivitet .....                         | 19        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.2 Modeller til prædiktion af mælkeydelse .....</b>         | <b>21</b> |
| 3.2.1 Model for $FE_k$ .....                                    | 21        |
| 3.2.2 Nyere modeller til prædiktion af mælkeydelsesrespons..... | 21        |
| <br>  |           |
| <b>4. YDELSESRESPONS OG ØKONOMI PÅ BESÆTNINGSNIVEAU.....</b>    | <b>24</b> |
| 4.1 Metode .....  | 24        |
| 4.2 Sammenligning med prædiktionsmodeller .....                 | 26        |
| 4.3 Indtægt i forhold til foderpris.....                        | 27        |
| <br>  |           |
| <b>5. DISKUSSION .....</b>                                      | <b>28</b> |
| 5.1 Besætningsdata .....  | 28        |
| 5.2 Prædiktion af mælkeydelse .....                             | 29        |
| 5.3 Økonomi .....   | 30        |
| <br>  |           |
| <b>6. KONKLUSION.....</b>                                       | <b>31</b> |
| <br>  |           |
| <b>7. PERSPEKTIVERING.....</b>                                  | <b>32</b> |
| <br>  |           |
| <b>LITTERATURLISTE: .....</b>                                   | <b>33</b> |

# Indledning

## Baggrund

Foder er en af de største udgifter på danske kvægbesætninger og kan udgøre op mod 80 % af de variable omkostninger på bedriften. Dermed har foderet stor betydning for besætningernes økonomi (Thøgersen og Laursen, 2009; Volden & Gustafsson, 2011). De sidste 5 år har priserne for tilskudsfoder været svingende. F. eks. steg prisen for sojaskrå med 30,8 % fra marts 2011, til marts 2013 og derfra så faldet med 17,6 % til marts 2016. For konventionelle højprocent tilskudsfoderblandinger steg prisen med 28,8 % fra marts 2011 sammenlignet med marts 2013 og er derfra så faldet med 13,4 % til marts 2016. Samtidig har mælkeprisen også været meget svingende de sidste 5 år, hvor afregningsprisen for konventionel mælk, med 4,2 % fedt og 3,4 % protein, er steget med 27,1 % fra marts 2011 til marts 2014 og derfra igen er faldet med 32,7 % i marts 2016 (Farmtal online, 2016).

Fordi mælkeprisen og til dels også tilskudsfoderprisen har været svingende de seneste år, vil det være en fordel at kunne bestemme køernes mælkeydelsesrespons i forhold til fuldfoderniveauet udtrykt i MJ NE/ kg tørstof (TS), da man dermed kan bestemme det økonomisk optimale foderniveau i forhold til priserne. Det økonomisk optimale foderniveau er defineret som det punkt, hvor omkostningerne ved at indsætte en ekstra enhed af næringsfaktorer er lig med det herved opnåede økonomiske merudbytte. Årsagen til dette er, at det samlede økonomiske overskud vil falde, hvis værdien af merudbyttet, her defineret som den øgede mælkeydelse, er mindre end værdien af foderet, der er tildelt, for at opnå den højere mælkeydelse (Østergaard et al., 2003).

Der er før lavet undersøgelser omhandlende mælkeydelse i forhold til foderniveau, hvor det blev fundet at mælkeydelsesresponsen ikke er konstant og at der er et aftagende merudbytte af mælk i takt med at energiniveauet i foderet øges (Jensen, 1940; Broster & Broster, 1984). Mertens (1997) fandt en højere mælkeydelse ved energirigt kontra energifattigt foder og Bossen & Weisbjerg (2009) fandt, at der var en forskel på racer og køernes paritet i forhold til mælkeydelsesresponsen. Management i en besætning har også betydning for mælkeydelsen. Dette blev vist i et forsøg af Bach et al. (2008), hvor 47 besætninger fik udfodret den samme foderration til lakterende køer, og den observerede gennemsnitlige mælkeydelse pr. ko varierede med 13 kg/dag. Her kunne over 50 % af variansen forklares af ikke-fodringsrelateret faktorer,

såsom alder ved første kælvning, antal sengebåse pr. lakterende ko og om foderet blev skubbet op i fodertruget i løbet af dagen.

Der findes modeller til beregning af køernes næringsstofoptag fra en given fuldfoderblanding. To af disse modeller er 'The nordic feed evaluation system' (NorFor) (Volden, 2011) og 'The Cornell Net Carbohydrate and Protein System' (CNCPS) (Fox et al., 1992; Russel et al., 1992; Sniffen et al., 1992). Begge disse modeller tager hensyn til køernes fysiologiske mekanismer ved beregning af næringsstofomsætningen og er non-additive systemer. Dette vil sige, at der bliver taget højde for fodermidlernes indflydelse på hinanden i foderblandingen, ved beregning af næringsstofferne, der er til rådighed for koen til mælkeproduktion udtrykt som Netto Energi til Laktation (NEL) i MJ NE/kg TS (Volden, 2011). NorFor er systemet, der er blevet udbredt i Danmark, Norge, Sverige og Island (Volden & Gustafsson, 2011). Her bliver der, udover fodermidlernes karakteristika, taget højde for dyregruppens karakteristika såsom race, kropsvægt, paritet og forventet mælkeydelse (Volden, 2011). Udfra dette kan næringsstofbehovet for en dyregruppe med en given mælkeydelse beregnes og foderblandingen tilpasses derefter. Inden studierne af Jensen et al. (2015) har der ikke været data til rådighed for en model, der kunne prædiktere mælkeydelsesresponsen til et givent MJ NE/ko/dag i Norfor for moderne højtydende malkekøer. Derfor har det heller ikke været muligt at optimere foderblandingen i NorFor efter det økonomisk optimale foderniveau.

## **Problemformulering**

I dette bachelorprojekt undersøges sammenhængen mellem foderniveau for en foderblanding beregnet i NorFor og køers mælkeydelsesrespons, med henblik på en model, der kan bruges til prædiktation af mælkeydelsen til et givent foderniveau. Til besvarelse af problemformuleringen vil jeg tage udgangspunkt i arbejdsspørgsmålene:

- Hvordan fordeles energien i biologiske processer?
- Hvordan beregnes NEL i Norfor?
- Hvad er et foderniveau?
- Hvordan ændres et foderniveau?
- Hvad er det biologiske respons på et øget foderniveau?
- Hvilken betydning har race og paritet på mælkeydelse?
- Hvilke modeller findes der til prædiktation af mælkeydelse?
- Hvad er mælkeydelsen i specifikke besætninger til et givent foderniveau?



- Hvad er det økonomisk optimale foderniveau i specifikke besætninger?

## Hypoteser

- Ved stigende foderniveau vil der være en aftagende merværdi af mælkeydelsen.
- Race og paritet har indflydelse på mælkeydelsesresponsen til foderniveauet.

## Formål

Formålet med bachelorprojektet er at fastlægge ydelsesrespons som følge af justering af foderniveauet i specifikke besætninger og sammenligne dette med modeller til prædiktion af mælkeydelse i forhold til foderniveau, til brug ved beregning af det økonomisk optimale foderniveau.

## 1.5 Afgrænsning

Projektet afgrænses til kun at se på lakterende køer, da det er ydelsesresponsen for mælk i forhold til foderniveauet, der skal undersøges. Der vil kun indgå egne data for en enkelt besætning og der vil kun blive anvendt fodervurderingssystemet NorFor, til bestemmelse af energiindholdet i foderrationen for de pågældende besætninger. Der vil ikke blive taget højde for management skabte forskelle i behandlingen af egne data, da der ikke er data til rådighed for dette. Ej heller vil der i behandlingen af egne data blive taget højde for energi aflejret som tilvækst, da der ikke er data til rådighed for dette. De enkelte næringsstoffraktioner i foderet, vil ikke blive beskrevet nærmere, udover deres bidrag til det samlede bruttoenergiindhold i foderrationen. Projektet vil ikke betragte eventuelle følgesygdomme, som resultat af foderniveauet, eller effekten dette kan have på reproduktionen. Projektet vil tage udgangspunkt i kvægracen Dansk Holstein men Rød Dansk Malke race og Dansk Jersey vil også blive betragtet. Mælkeydelsesresponsen vil blive betragtet i form af energikorrigeret mælk (EKM), men foderrationens effekt på andelen af fedt og protein i mælken, vil ikke blive betragtet. Til sidst vil prædiktion(en) af mælkeydelsen blive undersøgt på besætningsniveau og ikke på enkelt-ko niveau.

## 1.6 Metode

Projektet udarbejdes som et litteraturstudie, med behandling og anvendelse af data fra forsøg til efterprøvning af relevante dele af litteraturen. Til litteraturstudiet anvendes der primærkilder og

reviewartikler. Søgmaskinerne Web of Science, Science Direct, Google Scholar og REX benyttes. DLBR KvægIT vil blive anvendt til at oprette foderplaner for data fra forsøg, til information omkring næringstofsammensætning i foderrationen. Når der i opgaven henvises til beregninger lavet i NorFor, er det på baggrund af dette program. Søgeord der benyttes i forbindelse med litteratursøgning: ”Dairy Cow”, ”Feed intake”, ”Feeding efficiency”, ”Lactation”, ”Milk response”, ”Milk production”, ”Prediction of milk yield”.

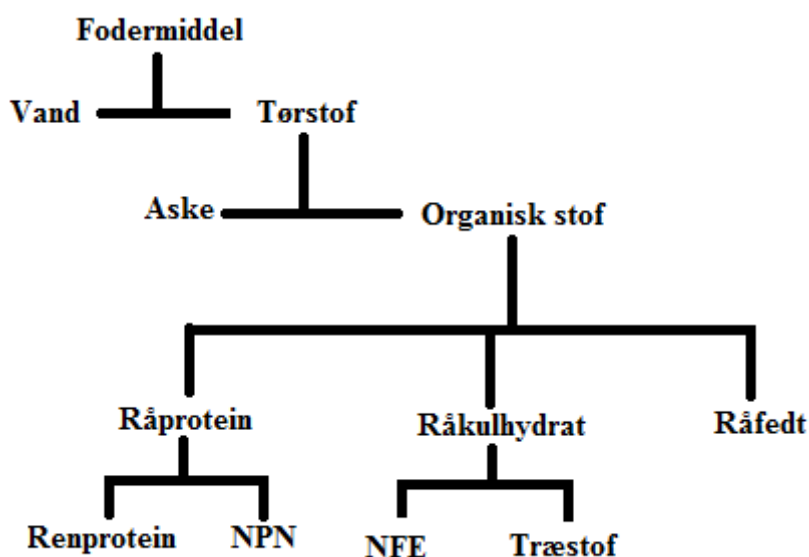
## 2. Teori

I det følgende afsnit vil der blive redegjort for opdelingen af næringsstoffraktioner i fodermidler. Desuden vil der også blive redegjort for omsætningen af energi i en organisme fra brutto, -til nettoenergi, samt redegjort for energiindholdet i en foderration, ud fra forskellige energivurderingssystemer. Teorien vil danne baggrund for forståelsen af effekten ved øget foderniveau, samt de prædiktionsmodeller, der vil blive anvendt senere i analysen. Teoriafsnittet vil også fungere som reference for de argumenter, der bliver anvendt i diskussionen.

### 2.1 Næringsstoffraktioner

#### 2.1.1 Weende

Weende er den traditionelle analysemetode, hvor et fodermiddel opdeles i en række overordnede fraktioner som råprotein, råkulhydrat og råfedt. Forstavelsen ”rå” betegner, at det ikke er et veldefineret stof, men at det er den andel, der er opnået ud fra den anvendte analyseteknik. Dette kan ses for råprotein, der yderligere opdeles i renprotein og Non-Protein Nitrogen (NPN), samt råkulhydrat, der kan opdeles

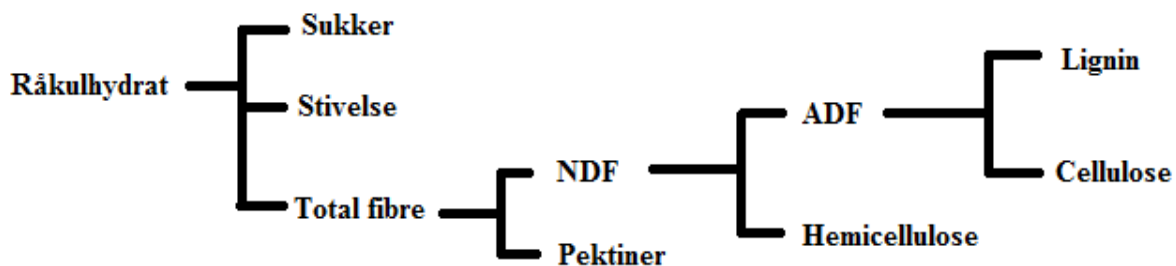


**Figur 2.1: Opdeling af fodermiddel ved foderanalyse (Chwalibog 2006)**

i træstof og kvælstofekstraktstoffer  
(NFE) (Chwalibog 2006).

### 2.1.2 Van Soest

Råkulhydrat kan opdeles i sukker (SU), stivelse (ST) og total fibre, hvor sukker og ST betegnes som let hydrolyserbare kulhydrater (LHK) og total fibre beregnes som forskellen, mellem råkulhydrat og LHK. Af de totale fibre kan Van Soest-metoden bruges til at bestemme NDF, ADF og lignin. Neutral detergent fibre (NDF) består af cellevægge, der er uopløselige ved neutral pH. Cellevæggene omfatter hemicellulose, cellulose, lignin og tungtopløseligt protein. Acid detergent fibre (ADF) findes ved at behandle NDF i en opløsning med sur pH, hvilket fjerner hemicellulosen. Herfra kan cellulose bestemmes i den uopløselige rest fra ADF, ved at gøre den opløselig efter en hydrolysering med syre. Tilbage er lignin, der betragtes som utilgængeligt for dyrs organisme (Chwalibog 2006).



**Figur 2.2: Opstilling af kulhydratanalyse (Chwalibog 2006)**

### 2.1.3 NIR-analyse

I dag er den mest almindelige metode til bestemmelse af næringsstofsammensætning, og fordøjeligheden af disse, en NIR-analyse. NIR står for nær-infrarød reflektionsspektroskopi. Selve analysen fungerer ved at de funktionelle grupper, i de organiske forbindelser i fodermidlet, der indeholder hydrogen, optager en mængde energi. Især bindingerne C-H, O-H og N-H har indflydelse på NIR-spektret (Givens *et al.* 1997). Ved at analysere på den reflekterede energi fra fodermidlet, kan man dermed få information omkring fodermidlets næringsstofsammensætning og fordøjelighed. I praksis foregår dette ved at sende lys i bølgelængden 730 – 2500 nm mod en celle af fodermidlet. Det reflekterede lys bliver så analyseret i dette spektrum og sammenlignet

med i forvejen kendte værdier. Metoden er effektiv, fordi den er billig og kan anvendes relativt hurtigt (Macdonald *et al.* 2011).

#### 2.1.4 NorFor

I NorFor tager opdelingen af næringsstoffraktioner udgangspunkt i Weende og Van Soest metoden, hvor tørstof (TS) bliver opdelt i aske og organisk stof. Herfra bliver organisk stof opdelt i råprotein, råfedt, ST, NDF, samt en restkulhydrat fraktion (RestCHO), hvor sukker indgår. Råprotein opdeles yderligere i en opløselig del, en potentielt fordøjelig del og en ufordøjelig del. Her består den opløselige del af opløselige proteiner, peptider, frie aminosyrer og ikke-amino nitrogen, mens den potentielt fordøjelige del er den del, der betragtes som uopløselig, men som kan nedbrydes af mikroorganismer i vommen. Kulhydrater kan opdeles i to fraktioner, henholdsvis strukturelle og ikke-strukturelle. De strukturelle er defineret som NDF og inddeles i potentielt opløseligt NDF og ufordøjeligt NDF, hvor det potentielt fordøjelige NDF er defineret som det totale NDF minus ufordøjeligt NDF. De ikke strukturelle kulhydrater består af ST, SU,  $\beta$ -glukaner, samt nogle pektiner. Både ST og SU kan bestemmes analytisk, men da SU indholdet ikke altid bliver bestemt, indgår det i stedet som en del af rest CHO, sammen med pektiner og  $\beta$ -glukaner. ST opdeles in en potentielt nedbrydelig del og en ufordøjelig del (Volden 2011). Fælles for potentielt opløseligt stivelse, råprotein og NDF i kraftfoder, er at nedbrydningshastigheden bestemmes *in sacco*, hvor en nylonpose med fodermidlet inkuberes i vommen. Her er nedbrydningshastigheden for stivelse foderspecifik og variabel. For grovfoder bestemmes nedbrydningshastigheden for NDF via en kombination af den organiske stoffordøjelighed *in vivo* samt uopløseligt NDF. Nylonposen inkuberes i vommen i forskellige tidslængder alt efter hvilken fraktion, der skal bestemmes. For råprotein vil indholdet af uopløseligt råprotein være bestemt efter henholdsvis 16 og 24 timer for kraftfoder og grovfoder, mens uopløseligt NDF findes efter inkubation i 288 timer (Åkerlind *et al.* 2011).

#### 2.2 Energiomsætning

Bruttoenergien (BE) er den grundlæggende energi, der er til rådighed i en råvare og bliver bestemt som energien, der kan udvindes i en kalorimetrisk bombe. Det er i gennemsnit 23,9kJ/g protein, 17,6 kJ/g kulhydrat og 39,8 kJ/g fedt (Chwalibog 2006)

Fordøjelig energi (FE) er den energimængde, der tilsyneladende er tilgængelig for fordøjelse i organismen. Den findes ved at bestemme energien i fæces via en kalorimetrisk bombe og trække det fra bruttoenergien. Dermed findes den tilsyneladende fordøjelige energi. For at finde den sande fordøjelige energi, skal der tages højde for de endogene stoffer, der også er blevet udskilt med fæces. De endogene stoffer bliver hovedsageligt udskilt fra tarmkanalens kirtler og slimhinde, og er meget proteinholdige, hvilket kan føre til en fejlvurdering af fordøjeligheden af protein i et fodermiddel. Herudover bliver der også udskilt mikrobielt protein, som også påvirker analysen (Chwalibog 2006).

Omsættelig energi (OM) er den energimængde, der kan omsættes til andre energiformer i organismen og er dermed den energimængde, der står til rådighed for dyrets livsytringer såsom vedligeholdelse, vækst og mælkeproduktion. Den kan findes ved at bestemme energimængden i urin, bestemt via en kalorimetrisk bombe, samt energimængden i metan, bestemt via respirationsforsøg, og trække det fra den fordøjelige energi. I dag kan ME udregnes direkte efter ligningen:

$$ME \text{ (MJ/kg TS)} = 15,2 * \text{ford. Råprotein} + 34,2 * \text{ford. Råfedt} + 12,8 * \text{ford. Træstof} + 15,9 * \text{ford. NFE}$$

Fordøjeligt råprotein-, råfedt-, træstof og NFE er alle angivet i gram og fordøjeligheden bestemmes i forvejen ud fra f.eks. en NIR-analyse. Herfra korrigeres OM ved at fratække omsætteligheden af BE til OM, der findes ved at dividere OM MJ/kg TS med 18,4 MJ/kg TS, der er den gennemsnitlige BE i et kg TS. Fra den korrigerede OM MJ/kg TS fratrækkes til sidst energibehovet til vedligehold, der er defineret som energi til varmeproduktion bestemt ved faste, samt energi til aktivitet, begge målt i OM MJ/kg TS. Tilbage er OM til produktion (OM<sub>p</sub>) og energien til en given livsytring kan herfra beregnes ud fra en udnyttelsesfaktor (Chwalibog & Hvelplund 2003).

Varmeproduktionen (VP) er et udtryk for den energimængde, der udvikles ved organismens samlede omsætning og kan inddeles i vedligeholdelsesvarme (VP<sub>v</sub>) og termisk energi (VP<sub>t</sub>). VP<sub>v</sub> er varmeproduktionen fra de livsnødvendige processer bestemt ved faste, mens VP<sub>t</sub> er varmeproduktionen, forbundet med foderets optagelse og absorption, samt syntese-, - og aflejningsprocesser af fedt, protein og kulhydrat i organismen. Da det kræver energi at fordøje og transportere foder rundt, er størrelsen af VP<sub>t</sub> i væsentlig grad bestemt af fodermængde og fodersammensætning. Ved en tilførsel af f.eks. 30 MJ ME, vil VP<sub>t</sub> udgøre 20 %, hvorimod den vil udgøre ca. 30 % ved en tilførsel af 90 MJ ME. Dog skal der tages højde for strukturen og

fordøjeligheden af foderet, da  $VP_i$  generelt ligger mellem 15-25 % for et kraftfodermiddel og mellem 35-60 % for et grovfodermiddel (Macdonald *et al.* 2011).

Aflejret energi (AE) er den mængde energi, der er aflejret i kroppen som tilvækst og/eller i form af mælk ved mælkeproduktion. Den kan beregnes som  $OM_p$  ganget med en udnyttelsesgrad for den givne aflejring. Udnyttelsesgraden er 0,6 for energi aflejret i mælk, og 0,4 for energi aflejret i kroppen som tilvækst eller fedning (Chwalibog & Hvelplund 2003).

Nettoenergi er et udtryk for den mængde energi, der er tilbage til livsytringer, når alle energitab i forbindelse med foderets fordøjelse og omsætning er trukket fra. 1 kJ nettoenergi i foderet vil dermed svare til 1 kJ nettoenergi i livsytringer, hvad enten det er aflejret som stof eller frigjort som varme under stofskifteprocesserne (Chwalibog 2006).

## 2.3 Energivurderingssystemer

### 2.3.1 NorFor

I NorFor – the nordic feed evaluation system, bliver BE i en råvare eller en foderration ikke bestemt ud fra en kalorimetrisk bombe, men i stedet beregnet på baggrund af dets indhold af næringsstoffraktioner ud fra ligningen:

$$GE = \frac{24,1 * \sum_i (DMI_i * CP_{corr_i}) + 36,6 * \sum_i (DMI_i * CFat_i) + 18,5 * \sum_i \left( DMI_i * \left( OS_i - CP_{corr_i} - CFat_i - \frac{CP_i}{6,25} * \frac{NH3N_i}{1000} \right) \right)}{1000}$$

DMI er tørstofindtaget i kg/dag for hvert enkelt fodermiddel i foderrationen. CP<sub>corr</sub> er råproteinindholdet for hvert enkelt råvare i g/kg TS, korrigeret for indholdet af ammoniak og urea. OS er indholdet af organisk stof i hver enkel råvare i g/kg TS, CP er råprotein indholdet i hver enkelt råvare i g/kg TS og NH<sub>3</sub>N er indholdet af ammoniak eller urea N i hver enkelt råvare i g/kg råprotein (Volden & Nielsen 2011).

Herfra bliver ME beregnet ud fra den tilsyneladende totale fordøjelse i fordøjelseskanaalen efter ligningen:

$$ME = \frac{18,0 * td\_CPcorr + 37,7 * td\_CFat + 14,5 * \left( td\_CHO - \sum_i DMI_i * SU_i \right) + 13,9 * \sum_i DMI_i * SU_i}{1000}$$

Hvor  $td\_CPcorr$  er det totalt fordøjede råprotein korrigeret for ammoniak og urea N i g/dag,  $td\_CFat$  er det totalt fordøjede råfedt i g/dag,  $td\_CHO$  er de totalt fordøjede kulhydrater i g/dag, mens  $SU$  er sukkerindholdet for hver enkel råvare i foderblandingen i g/kg TS.

Udnyttelsesgraden af OM varierer alt efter om energien bliver brugt til vedligeholdelse, mælkeproduktion eller vækst (Van Es 1975). Ved at beregne udnyttelsesgraden af OM som en funktion af ratioen af OM til BE, kunne det ses at kurven for udnyttelsesgraden nærmest var ens for vedligehold og laktation (Van Es 1975). Ved at justere interceptet for kurven i beregningen af NE for malkekøer, kan der kompenseres for energien, der går til vedligehold, så man ender med et udtryk for nettoenergien, der går til laktation (NEL) i MJ/dag. Dette beregnes ved ligningen:

$$NEL = 0,6 * \left( 1 + 0,004 * \left( \frac{ME}{GE} * 100 - 57 \right) \right) * ME$$

### 2.3.2 Feed into Milk

Feed into Milk er energivurderingssystemet, som bruges i Storbritannien. Det er baseret på systemet forslået af Blaxter (1961) og tager udgangspunkt i dyrets energibehov i OM til livsydelser (Agnew *et al.*, 2004). Livsydelserne er defineret som tilvækst, drægtighed efter 250 dage, aktivitet, samt energi til vedligehold og mælkeproduktion (Agnew *et al.*, 2004). OM til vedligeholdelse og mælkeproduktion bliver udregnet i MJ/kg  $KV^{0,75}$  efter ligningen:

$$M_{ml} = \frac{\log_e \left( \left( 5,06 - \frac{E_1 + (19,3 * WC * 0,78)}{LV^{0,75}} \right) / (5,06 + 0,453) \right)}{-0,1326}$$

Ligningen tager højde for koens mælkeydelse, samt mælk produceret fra kropsreserver.  $E_1$  er mælkeydelse i kg/dag,  $WC$  er væggtab i kg/dag og  $LV$  er kropsvægt.

Herudover bliver andelen af OM i MJ/kg  $LV^{0,75}$  til mælkeproduktion også vurderet i forhold til det samlede energioptag af OM i MJ/kg  $LV^{0,75}$  efter ligningen:

$$E_{1(0)} = 5,06 - (5,06 + 0,453) * e^{(-0,1326 * MEI)}$$

Hvor  $E_{l(0)}$  er energien i den producerede mælk i MJ/kg  $LV^{0,75}$  og MEI er det samlede indtag af OM i MJ/kg  $LV^{0,75}$  (Agnew *et al.*, 2004).

ME i fodermidlerne fungerer additivt i en foderration og er bestemt ud fra forsøg med får, hvor fordøjeligheden af organisk stof pr. kg TS i fodermidlerne blev målt ved fodring på vedligeholdelsesniveau. For bedre at afspejle energiindholdet af fodermidlerne på produktionsniveau blev det besluttet at korrigere ME bestemt på vedligeholdelsesniveau med en faktor på 0,98 (Agnew *et al.*, 2004).

### 2.3.3 Foderenhed til kvæg

Foderenheder til kvæg ( $FE_k$ ) er et system, der er fastsat efter foderværdien til malkekvæg i 1 kg byg. FE er et udtryk for NE og en  $FE_k$  svarer til ca. 7,89 MJ NE, hvilket svarer til energien i 2,5 kg EKM.  $FE_k$  benytter sig ikke af OM, men omregner i stedet til NE udtrykt som FE direkte fra FE (Chwalibog & Hvelplund, 2003). Før  $FE_k$  kan beregnes, udregnes derfor først FE i MJ/TS på baggrund af fordøjeligheden af organisk stof, bestemt *in vivo* ved enzymfordøjeligt organisk stof (EFOS), efter ligningen:  $DE = 24,2 * x_1 + 34,1 * x_2 + 17,3 * x_3 - 0,766 * s$

Hvor  $x_1$  er kg fordøjeligt råprotein,  $x_2$  er kg fordøjeligt råfedt,  $x_3$  er kg fordøjeligt kulhydrat og  $s$  er kg sukker, ved et sukkerindhold på over 20 % i TS.

Herfra udregnes  $FE_k$ /kg TS efter ligningen:  $FE = -0,369 + 0,0989 * DE - 0,347 * træstof$

DE er i MJ/kg TS, konstanten -0,369 udtrykker omkostningerne i termisk energi, der er pr kg TS, der er optaget, mens træstof er i kg/kg TS og udtrykker den ekstra energiske omkostning, der er ved omsætningen af træstof i forhold til de andre foderfraktioner (Weisbjerg & Hvelplund 1993). Ved den skandinaviske foderenhed bliver energien beregnet for de enkelte fodermidler, og FE i en foderration bliver dermed beregnet additivt fra de enkelte fodermidler, der indgår. Dermed tager systemet ikke højde for de enkelte fodermidlers indvirkning på hinanden i en given foderration (Chwalibog & Hvelplund 2003).

## 2.4. Fyldeværdi, substitutionsrate, foderniveau

Fodermidler inddeles normalt i kategorierne kraftfoder og grovfoder, hvor kraftfoder er meget energirigt, mens grovfoder er mere strukturrigt (Søegaard *et al.* 2003). I NorFor bliver de inddelt



efter partikellængde, hvor kraftfoder har en partikellængde under 6 mm, mens grovfoder har en partikellængde over 6 mm (Volden 2011). I det følgende afsnit vil der blive redegjort for reguleringen af køernes foderoptagelse, samt fodermidlernes indvirkning på hinanden i forhold til dette. Redegørelsen vil danne baggrund for forståelsen af foderniveau og hvordan dette kan påvirkes.

#### **2.4.1 Regulering af foderoptagelse**

Som udgangspunkt er reguleringen af foderoptagelsen for kvæg baseret på, at organismen til hver en tid vil forsøge at få opfyldt sit energibehov til vedligeholdelse og eventuel produktion. Drøvtyggere bliver dog ofte fodret med fodermidler, der har en grov struktur og en lav energikoncentration i forhold til foderets fysiske fylde. Det betyder, at kvægs foderoptag kan begrænses af foderets fylde i fordøjelseskanalen, selvom organismens energibehov ikke er opfyldt (Ingvarsen & Kristensen 2003). Denne begrænsning kaldes fysisk regulering og den antages at fungere ved at vomvæggens udspænding, som bestemmes af vægten og volumen af vomindholdet (Allen 2000), registreres af mekanoreceptorer i vomvæggen, som derefter sender impulser til centralnervesystemet (CNS), der stimulerer mæthedfølelsen (Harding & Leek 1972). Den fysiske regulering sker i formaverne, fordi de er udformet på en måde, så store partikler tilbageholdes. Årsagen til dette er, at den mikrobielle omsætning hovedsageligt foregår der og ved at tilbageholde partiklerne, til de er helt findelte, kan mest muligt af dem, nå at blive nedbrudt. Passagehastigheden ud af vommen varierer dog imellem grovfodermidlerne (Allen 1996), hvilket betyder, at tilbageholdelsestiden i vommen er bestemt af både nedbrydningshastigheden og passagehastigheden (Ingvarsen & Kristensen 2003). På den måde er den fysiske regulering af foderindtag sammenhængende med størrelsen af NDF puljen i vommen (Bosch *et al.*, 1992; Rinne *et al.*, 2002).

Køer kan stoppe med at spise, selv inden vommen er fyldt op. Dette skyldes en metabolisk regulering, som der også skal tages hensyn til under planlægningen af foderoptag (Rinne *et al.*, 2002). Den metaboliske regulering sker på basis af signaler fra væv og stofskifte, herunder hormoner, næringsstoffer og metabolitter. Den metaboliske regulering er meget kompleks, da reguleringen sker på baggrund af næringsstofforbruget til vækst, fosterproduktion, mælkeproduktion og vedligehold, samtidig med at koens egne kropsreserver, og mobiliseringen af disse, også spiller ind (Ingvarsen & Kristensen 2003).

Herudover er der også en række ydre faktorer, der påvirker foderoptaget, som f.eks. foderets lugt smag og udseende (Nombekela et al. 1994). Varmestress kan få foderoptaget og produktionen til at falde (Kadzere *et al.* 2002; De Rensis & Scaramuzzi 2003), mens kuldestress kan få foderoptaget til at stige, antageligt som følge af et større energibehov til varmeproduktion (Young 1983). Appetit og ædelyst er altså styret af en lang række signaler fra dyret selv, samt fra foderet og miljøet, som samles i centralnervesystemet. Dermed er fysisk-, og metabolisk regulering ikke to mekanismer, der virker adskilt (Forbes 1996; Ingvarsen & Andersen 2000).

#### 2.4.2 Fyldeværdi og Substitutionsforhold

Med udgangspunkt i reguleringen af foderoptagelsen, er der blevet lavet systemer til forudsigelse af tørstofindtaget (TSI) (Kristensen & Ingvarsen 2003; Volden *et al.* 2011). I FE<sub>k</sub> er der af hensyn til den fysiske regulering opfundet en enhed kaldet fyldeværdi (FV), som angiver den kapacitet, koen har for foder i vommen. Værdien er afhængig af faktorer som størrelse, stadie i laktationen, mælkeydelse, huld og race. Herefter blev der, via fodringsforsøg med ad libitum fodring, fastsat en fyldefaktor (FF) pr. kg TS, for hvert fodermiddel. Af hensyn til den metaboliske regulering af foderoptagelsen, blev der først sat en FF for kraftfoder, hvorefter grovfodermidlerne kunne beregnes ud fra et substitutionsforhold (Kristensen & Ingvarsen 2003). Det er nemlig påvist, at TSI falder kurvelineært med energiindholdet i foderrationen, efterhånden som foderoptagelsen går fra fysisk til metabolisk regulering (Mertens 1994). Dette sker, fordi kraftfoder selv bidrager med en FF, samtidig med at det mindsker vomfordøjeligheden af NDF (Khalili & Huhtanen 1991). Substitutionsforholdet er den absolutte værdi af ændringen i ad libitum TS optagelsen af et givent grovfodermiddel (G), når kraftfodermængden (K) i en foderration øges med en enhed (Faverdin *et al.* 1991). Substitutionsforholdet udregnes dermed som:  $Substitutionsforhold = |\Delta G / \Delta K|$

Substitutionsforholdet er både afhængigt af grovfodertypen, grovfoderets fordøjelighed og mængden af kraftfoder (Faverdin *et al.*, 1991). Substitutionsforholdet ligger typisk på 0,47 mellem 2 – 4 kg TS kraftfoder og 0,67 mellem 4 – 6 kg TS kraftfoder (Faverdin *et al.*, 1991). I systemet af Kristensen (1983) er FF for fodermidlerne additive. I NorFor bliver TSI også beregnet på baggrund af en FV (Volden *et al.*, 2011). Her er hvert fodermiddel tildelt en FF pr. kg TS, baseret på fodringsforsøg, mens substitutionsforholdet bliver anvendt på hele foderblandingen, fremfor det enkelte fodermiddel. Substitutionsforholdet bliver her beregnet på

baggrund af indholdet af ST og SU indholdet i foderrationen. Herudover anvendes der også en beregning for den metaboliske regulering, som indgår i udregning af FV i foderrationen (Volden *et al.*, 2011).

### 2.4.3 Foderniveau

Foderniveau er et udtryk for den energimængde, som koen indtager pr. dag. Dette kan udtrykkes på flere måder alt efter energivurderingssystemet, f.eks. som FE/dag, MJ OM/dag eller MJ NE/dag (Ingvarsen & Kristensen 2003). I NorFor udtrykkes energikoncentrationen i foderrationen som MJ NEL/kg TS. Ud fra FV i foderrationen, kan det daglig tørstofoptag beregnes og dermed kan foderniveauet bestemmes som MJ NEL/dag (Volden *et al.*, 2011). Ved ønsket ændring af foderniveauet, skal der dermed både tages højde for foderrationens energikoncentration og FV ud fra fodermidlerne i rationen.

**Tabel 2.1: Sammenligning af grov- og kraftfodermidler (NorFor fodermiddeltabel 2016)**

| Fodermiddel      | Enhed       | Grovfoder    |                     |                     | Kraftfoder |          |          |          |
|------------------|-------------|--------------|---------------------|---------------------|------------|----------|----------|----------|
|                  |             | Majsensilage | Kløvergræs-ensilage | Byghelsæds-ensilage | Sojaskrå   | Rapskage | Vårbyg   | Hvede    |
| Foderkode        |             | 006-0308     | 006-0227            | 006-0293            | 002-0053   | 002-0044 | 001-0008 | 001-0013 |
| Tørstofindhold   | g/kg        | 340          | 378                 | 373                 | 876        | 885      | 850      | 850      |
| <u>Råprotein</u> | g/kg<br>TS  | 75           | 161                 | 97                  | 487        | 344      | 106      | 105      |
| <u>Råfedt</u>    | g/kg<br>TS  | 22           | 44                  | 20                  | 29         | 112      | 28       | 23       |
| NDF              | g/kg<br>TS  | 374          | 404                 | 398                 | 135        | 257      | 180      | 117      |
| Stivelse         | g/kg<br>TS  | 318          | 10                  | 228                 | 62         | 21       | 609      | 680      |
| Sukker           | g/kg<br>TS  | 14           | 66                  | 28                  | 121        | 101      | 20       | 32       |
| Fyldeværdi       | fv/kg<br>TS | 0,42         | 0,44                | 0,47                | 0,22       | 0,22     | 0,22     | 0,22     |
| AAT20            | g/kg<br>TS  | 84           | 77                  | 76                  | 218        | 126      | 102      | 111      |
| NEL20            | MJ/kg<br>TS | 6,28         | 6,03                | 5,33                | 8,3        | 7,37     | 7,21     | 7,82     |

## 3. Effekt af foderniveau

I de følgende afsnit vil der blive redegjort for den biologisk betydning af et øget foderniveau samt de modeller der findes til prædiktion af mælkeydelse i forhold til foderniveau. Redegørelsen vil skabe grundlag for forståelsen af den praktiske anvendelse af prædiktionsmodellerne.

### 3.1 Biologisk respons ved øget foderniveau

#### 3.1.1 Fodereffektivitet

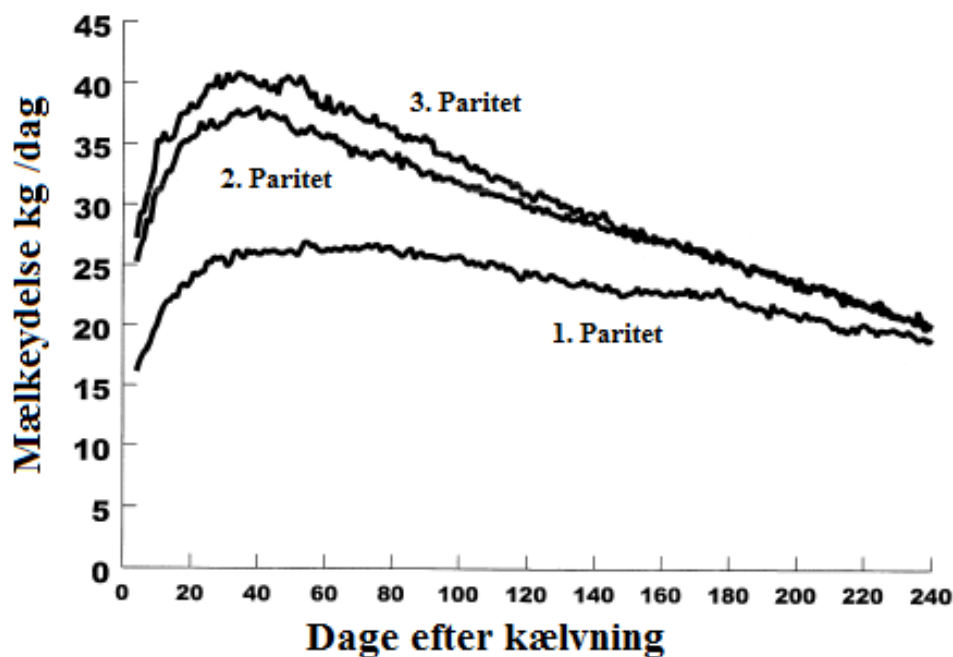
I Danmark defineres fodereffektivitet som summen af energi, der er udnyttet i samtlige af dyrets livsytninger, divideret med BE i det optagede foder (Kristensen *et al.*, 2003). Der kan ses et fald i fodereffektiviteten, når foderniveauet øges fra det tredobbelte af vedligeholdelsesenergien og opefter (Robinson *et al.*, 1987). Dette skyldes blandt andet en lavere vomfordøjelighed af NDF, grundet et forringet vommiljø (Stensig *et al.* 1998). Forringelsen af vommiljøet sker som følge af et fald i pH i vommen, som hænger sammen med forøgelsen af kraftfoderandelen i foderrationen (Colucci *et al.* 1982). Hvis foderniveauet hæves ved at øge grovfoderrationen, vil vomfordøjeligheden af NDF falde, grundet en kortere tilbageholdelsestid i vommen (Kristensen *et al.*, 2003).

Til gengæld fandt Benchaar *et al.* (1998) i en opgørelse af forskellige undersøgelser af metanudledning i forhold til foderniveau, at der sker et fald på 0,7 % af GE pr. multiplum af energi til vedligehold, som foderniveauet ligger på. Dette stemmer også overens med en undersøgelse af Yan *et al.* (2000), der kom frem til et fald 0,78 % af GE. Metanen dannes af mikroorganismene i vommen, som en del af processen i at fjerne overskydende brint fra forgæringen af NDF til acetat og butyrat og udledningen ligger normalt på mellem 5,6 og 6,8 % af GE (Yan *et al.*, 2000). Faldet i metanudledningen pr. kg TS ved øget foderniveau skyldes, at metanproduktionen følger forgæringen til acetat og butyrat. Hvis foderniveauet øges ved at øge kraftfoder/grovfoderforholdet vil fedtsyreforholdene blive skubbet imod en større andel proprionat og dermed en lavere andel af acetat og butyrat (Sutton *et al.*, 1988).

Der vil være et fald i udnyttelsen af ME, hvis et øget foderniveau medfører en øget proteintildeling. En øget proteintildeling kan betyde en øget udskillelse af urea i urinen og der vil være et energitab både i udskillelsen og syntesen af dette (Kristensen *et al.* 2003).

### 3.1.2.Mælkeydelse

Køers mælkeydelse følger en laktationskurve, hvor mælkeydelsen toppes mellem 42 og 68 dage inde i laktationen (DEK) (Jago *et al.* 2010; Kessler *et al.* 2014). Mælkeydelsespotentialet er både afhængigt af race og paritet (Nielsen *et al.* 2003; Lehmann *et al.* 2016) og potentialet er højere for køer i 2. paritet eller mere (Friggens *et al.* 1999). Ofte er foderoptagelseskapaciteten dog ikke øget nok, til at kunne dække energibehovet for det højere ydelsespotentiale. Derfor vil den optagne energi fra foderet, blive forskudt med mere til mælkeproduktion og mindre til kropsreserver (Gordon *et al.* 1995). Dette betyder også, at køer med højere ydelsespotentiale vil have en større mobilisering af kropsreserver, for at dække det øgede energibehov i den tidlige laktation (Nielsen *et al.* 2003). Dermed giver det også mening, at køer med højt mælkeydelsespotentiale, i den tidlige laktation, har et højere mælkeydelsesrespons på et øget foderniveau, end køer med lavere ydelsespotentiale (Bossen 2009). Senere i laktationen vil et øget foderniveau dog betyde, at en større andel af ME bliver lagret som kropsreserver og dette, samt den lavere fordøjelighed af foderet ved øget foderniveau, vil betyde et faldende merudbytte i mælkeydelse i forhold til foderniveauet (Moe & Tyrrel 1975). Til gengæld er udnyttelsesgraden af ME til mælkeproduktion uafhængig af både foderniveau og ydelsespotentiale og ligger på mellem 0,6 – 0,65 (Yan *et al.* 2006; Dong *et al.* 2015).



Figur 3.1: Laktationskurve i forhold til paritet (mod. e. Friggens *et al.* 1999)

## 3.2 Modeller til prædiktion af mælkeydelse

### 3.2.1 Model for $FE_k$

Den danske model til forudsigelse af mælkeydelsesrespons blev lavet på baggrund af foderenheder til kvæg og tog udgangspunkt i  $FE_k$  indholdet i en foderration. Den er siden blevet videreudviklet af Kristensen *et al* (2003) til at medtage betydningen af grovfoderfordøjeligheden og køernes ydelsespotentiale, så modellen for mælkeydelsesrespons i kg EKM er kommet til at hedde:

$$EKM = -30,56 + (3,472 - 0,006 * FK) * (1,37 - 0,00005 * Y) * FE - (0,1243 - 0,0007 * FK) * ((1,37 - 0,00005 * Y) * FE)^2 + 0,0034 * Y$$

Mens modellen for det marginale mælkeydelsesrespons i kg EKM er:

$$EKM = ((3,472 - 0,006 * FK) * (1,37 - 0,00005 * Y) - 2 * (0,1243 - 0,0007 * FK) * FE * (1,37 - 0,00005 * Y))^2$$

For begge modeller udtrykker FK fordøjeligheden af grovfoder i procent, Y udtrykker ydelsespotentialet i kg/år, mens FE udtrykker foderniveauet i  $FE_k$ /dag. Modellen tager højde for en øget foderoptagelseskapacitet, ved et højere ydelsespotentiale og definerer det som en 5 % stigning i foderoptagelsen, for hver 1000 kg EKM forskel, der er i ydelsespotentialet. Til gengæld tager modellen ikke højde for dyrenes paritet eller deres stadie i laktationen. Da modellen er bygget på antagelser, findes der dog ikke statistik for signifikansen af værdierne (Kristensen *et al.* 2003).

### 3.2.2 Nyere modeller til prædiktion af mælkeydelsesrespons

I en meta-analyse af Huhtanen & Nousiainen (2012), blev der udviklet en model til forudsigelse af kg EKM, på baggrund af data for 1125 foderrationer fra 245 produktionsstudier. Modellen tager udgangspunkt i energienheden ME og det udtrykkes her som  $MEI_{(P-V)}$ , der er foderniveauet beregnet på produktionsniveau minus energien, der går til vedligeholdelse i MJ/dag. Udover foderniveauet indgår faktorerne: AAT i g/kg TS, råfedt i g/kg TS, DEK og NFE i kg/kg TS, der udregnes som:  $NFE = 1000 - Aske - råprotein - råfedt - NDF$  hvor alt er udtrykt i g/kg TS. I modsætning til den danske model, bliver der her taget højde for næringsstoffraktionerne i

foderrationen, men til gengæld indgår hverken ydelsespotentiale eller paritet. Det er dog angivet at andelen af køer i 1. paritet er ca. 0,24 på tværs af studierne.

En meta-analyse blev også foretaget af Jensen *et al.* (2015), på baggrund af observationer fra 195 behandlinger, fordelt på 13 forsøg. Her blev data inddelt i 4 grupper efter paritet og laktationsstadiet. Paritet blev opdelt i 1. paritet eller 2. paritet og højere, mens laktationsstadiet blev opdelt i tidlig laktation (1-100 DEK) og midt laktation (101-200 DEK). Foderrationerne, der blev brugt i de forskellige behandlinger, blev genskabt i NorFor enten ud fra analyser af de enkelte fodermidler, eller ved at erstatte et fodermiddel med noget tilsvarende, der allerede eksisterede i NorFor. De fandt frem til, at køer i 2. paritet eller derover havde et højere, ikke-lineært respons i mælkeydelse ved en forøgelse af foderniveauet, sammenlignet med køer i 1. paritet, der havde et mere lineært respons. Den bedst passende model tager udgangspunkt i NEL i MJ/dag, men indeholder også næringsværdierne råfedt, NDF og AAT alle i g/MJ NEL. Ydelsesresponsen var parallelt racerne i mellem og derfor kan modellen tilpasses racen, ved at korrigerer i interceptet. I alt kom de frem til 4 modeller, alt efter paritet og laktationsstadiet

**Tabel 3.1: Oversigt over faktorer i modeller til prædiktion af mælkeydelse**

| Model                             |            | Huhtanen & Nousiainen (2012)    | Jensen <i>et al.</i> (2015), 1. paritet, tidlig laktation | Jensen <i>et al.</i> (2015), ≥2. paritet, tidlig laktation | Jensen <i>et al.</i> (2015), 1. paritet, midt laktation | Jensen <i>et al.</i> (2015), ≥2. paritet, midt laktation |
|-----------------------------------|------------|---------------------------------|---|--|---|--|
|                                   | Enhed      |                                 |   |  |   |  |
| Intercept                         |            | 1,8 ± 1,33 <sup>a</sup>         | -22,4 ± 55 <sup>a</sup>                                   | -224 ± 84 <sup>c</sup>                                     | -0,038 ± 79 <sup>a</sup>                                | -254 ± 105 <sup>c</sup>                                  |
| OM <sub>(p.v)</sub> <sup>e</sup>  | MJ OM/dag  | 0,175 ± 0,016 <sup>d</sup>      |   |  |   |  |
| OM <sub>(p.v)</sub> <sup>2e</sup> | MJ OM/dag  | -0,0002 ± 0,0001 <sup>d</sup>   |   |  |   |  |
| NEL <sup>f</sup>                  | MJ NEL/dag |                                 | 0,111 ± 0,13 <sup>a</sup>                                 | -0,247 ± 0,15 <sup>a</sup>                                 | -0,070 ± 0,16 <sup>a</sup>                              | -0,384 ± 0,19 <sup>b</sup>                               |
| ln(NEL)                           | MJ NEL/dag |                                 | 6,6 ± 15 <sup>a</sup>                                     | 56,2 ± 21 <sup>c</sup>                                     | 7,7 ± 21 <sup>a</sup>                                   | 67,5 ± 27 <sup>c</sup>                                   |
| AAT                               | g/kg TS    | 0,071 ± 0,009 <sup>d</sup>      |   |  |   |  |
| AAT                               | g/MJ NEL   |                                 | 0,036 ± 0,27 <sup>a</sup>                                 | 0,402 ± 0,23 <sup>c</sup>                                  | 1,08 ± 0,84 <sup>a</sup>                                | 0,654 ± 0,68 <sup>a</sup>                                |
| NFE <sup>g</sup>                  | kg/kg TS   | 28,3 ± 4,64 <sup>d</sup>        |   |  |   |  |
| NFE <sup>2g</sup>                 | kg/kg TS   | -51,7 ± 7,44 <sup>d</sup>       |   |  |   |  |
| NDF                               | g/MJ NEL   |                                 | 0,041 ± 0,05 <sup>a</sup>                                 | 0,106 ± 0,05 <sup>b</sup>                                  | -0,173 ± 0,10 <sup>a</sup>                              | 0,031 ± 0,09 <sup>a</sup>                                |
| Råfedt                            | g/kg TS    | 0,047 ± 0,0136 <sup>d</sup>     |   |  |   |  |
| Råfedt <sup>2</sup>               | g/kg TS    | -0,00067 ± 0,00024 <sup>d</sup> |   |  |   |  |
| Råfedt                            | g/MJ NEL   |                                 | 0,544 ± 0,44 <sup>a</sup>                                 | 0,760 ± 0,40 <sup>b</sup>                                  | -1,07 ± 0,93 <sup>a</sup>                               | -1,03 ± 0,71 <sup>a</sup>                                |
| DEK                               |            | -0,015 ± 0,004 <sup>d</sup>     |   |  |   |  |

<sup>a</sup> P>0,1

<sup>b</sup> 0,05<P≤ 0,1

<sup>c</sup> 0,01<P≤ 0,05

<sup>d</sup> P<0,005

<sup>e</sup> Omsættelig energi i MJ på produktionsniveau minus energi til vedligeholdelse

<sup>f</sup> Netto energi til laktation

<sup>g</sup> NFE = 1000 – aske – råprotein – NDF - råfedt



## 4. Ydelsesrespons og økonomi på besætningsniveau

### 4.1 Metode

I en konventionel besætning med 200 køer af racen Dansk Holstein blev ydelsesrespons undersøgt i forhold til foderniveau. Besætningen gik i løsdrift, køerne blev malket 2 gange i døgnet og fodret *ad libitum* via TMR. Forsøget forløb fra januar til marts og blev inddelt i 3 perioder. 1. periode var en kontrolperiode og i de to efterfølgende perioder blev foderplanen ændret til at indeholde en stigende energikoncentration i MJ NEL/kg TS. NorFor blev anvendt til dannelse og analyser af foderplanerne. I slutningen af hver periode blev der lavet en foderkontrol, som beskrev fodersammensætningen, næringsstoffraktioner, mængde foder optaget af de malkende køer samt EKM/ko via en ydelseskontrol, for de malkende køer på dagen. Derudover noterede landmanden dagligt de anvendte mængder af hvert fodermiddel i foderrationen i kg, ud fra vægten på blandevognen, samt den mængde foder, der ikke blev ædt. Antal malkende køer og liter mælk frataget til kalve blev også noteret. Ud fra de noterede data, blev der beregnet et gennemsnit for de sidste 7 dage i periode 1, samt de sidste 10 dage i periode 2 og 3. En foderplan blev lavet i NorFor for hver periode, på baggrund af gennemsnittet for den pågældende periode, til beregning af den reelle energi- og næringsstoffoptagelse. Grovfodermidler fra besætningen blev oprettet i NorFor, på baggrund af data fra grovfoderanalyser, mens der for kraftfoder blev anvendt lignende fodermidler fra NorFor fodermiddeltabellen. Ydermere blev EKM/ko også beregnet ud fra den noterede mængde mælk frataget til kalve, sammenlagt med tankmælken til mejeriet. Sammenligning af relevante data fra de noterede mængder og foderkontrollen, kan ses i tabel 4.1.

**Tabel 4.1: Opgørelse af ydelses, besætnings og foderrationsdata ud fra foderkontrol og værdier noteret af landmanden**

|                                     | Enhed           | Periode 1            |              | Periode 2            |              | Periode 3            |              |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|
|                                     |                 | Noteret <sup>a</sup> | Foderkontrol | Noteret <sup>b</sup> | Foderkontrol | Noteret <sup>b</sup> | Foderkontrol |
| EKM                                 | Kg/ko/dag       | 32,6 <sup>c</sup>    | 34           | 33,1 <sup>d</sup>    | 33,7         | 33 <sup>d</sup>      | 32,8         |
| Foderoptagelse                      | Kg TS/dag       | 23,2                 | 23,3         | 23,1                 | 23,9         | 23,5                 | 23           |
| Energioptagelse                     | MJ<br>NEL/dag   | 156,7                | 155          | 155,9                | 159          | 156,6                | 154          |
| Energi                              | MJ<br>NEL/kg TS | 6,76                 | 6,68         | 6,73                 | 6,67         | 6,7                  | 6,69         |
| AAT til mælk                        | g/MJ            | 15,8                 | 16,53        | 15,3                 | 16,1         | 15,6                 | 15,92        |
| NDF                                 | g/kg TS         | 314                  | 310          | 315                  | 310          | 319                  | 311          |
| Grovfoderandel                      | % af TS         | 50,6                 | 51,8         | 54,7                 | 55,7         | 55,9                 | 55,5         |
| Råfedt                              | g/kg TS         | 49                   | 50           | 46                   | 47           | 47                   | 48           |
| Råprotein                           | g/kg TS         | 184                  | 174          | 180                  | 171          | 181                  | 175          |
| Aske                                | g/kg TS         | 80                   | 84           | 78                   | 84           | 79                   | 83           |
| Pris                                | kr/dag          | 34,46 <sup>e</sup>   | 30,66        | 32,54 <sup>e</sup>   | 28,96        | 32,83 <sup>e</sup>   | 28,25        |
| Grovfoderfordøjelighed <sup>f</sup> | %               | 77,4                 | 77,4         | 77,4                 | 77,4         | 77,5                 | 77,5         |
| NFE <sup>g</sup>                    | g/kg TS         | 373                  | 382          | 381                  | 388          | 374                  | 383          |
| Antal malkende køer                 |                 | 177                  | 174          | 170                  | 170          | 171                  | 172          |
| DEK <sup>h</sup>                    |                 | 180,9                |              | 187,8                |              | 192,6                |              |
| Andel 1. kalvs køer                 |                 | 0,42                 |              | 0,43                 |              | 0,42                 |              |
| Paritet                             |                 | 2,1                  |              | 2,1                  |              | 2,1                  |              |

<sup>a</sup> Data beregnet i NorFor ud fra gennemsnittet af 7 dages noteringer af fodermængde og foderrations sammensætning og antal malkende køer

<sup>b</sup> Data beregnet i NorFor fra gennemsnittet af 10 dages noteringer af fodermængde og foderrations sammensætning og antal malkende køer

<sup>c</sup> og <sup>d</sup> Beregnet ud fra henholdsvis 7 og 10 dages gennemsnit af EKM leveret til mejeri og mælk frataget til kalve divideret med antal malkende køer

<sup>e</sup> Beregnet ud fra et vægtet gennemsnit af fordøjeligheden af hvert grovfodermiddel i foderrationen

<sup>f</sup> Grovfoderprisen er sat til 15 øre/MJ (Farmtal online 2016)

<sup>g</sup> Udregnet som 1000 – aske – råprotein – råfedt – NDF

<sup>h</sup> DEK = Dage Efter Kælvning

## 4.2 Sammenligning med prædiktionsmodeller

Ud fra data i tabel 3, vil den opnåede kg EKM/ko blive sammenlignet med den forventede ydelsesrespons i modellerne af Kristensen *et al.* (2003), Huhtanen & Nouisainen (2012) og Jensen *et al.* (2015). Den gennemsnitlige DEK i hele forsøgsperiode, strækker sig fra 181 – 193 og andelen af køer i 1. paritet er 0,42. Derfor vil der både blive anvendt modeller af Jensen *et al.* (2015), for køer i 1. paritet i midt laktation, samt køer i 2. paritet eller højere i midt laktation, til sammenligning med opnåede EKM/ko.

**Tabel 4.2: Sammenligning af opnået med prædikteret mælkeydelse i kg EKM/ko/dag**

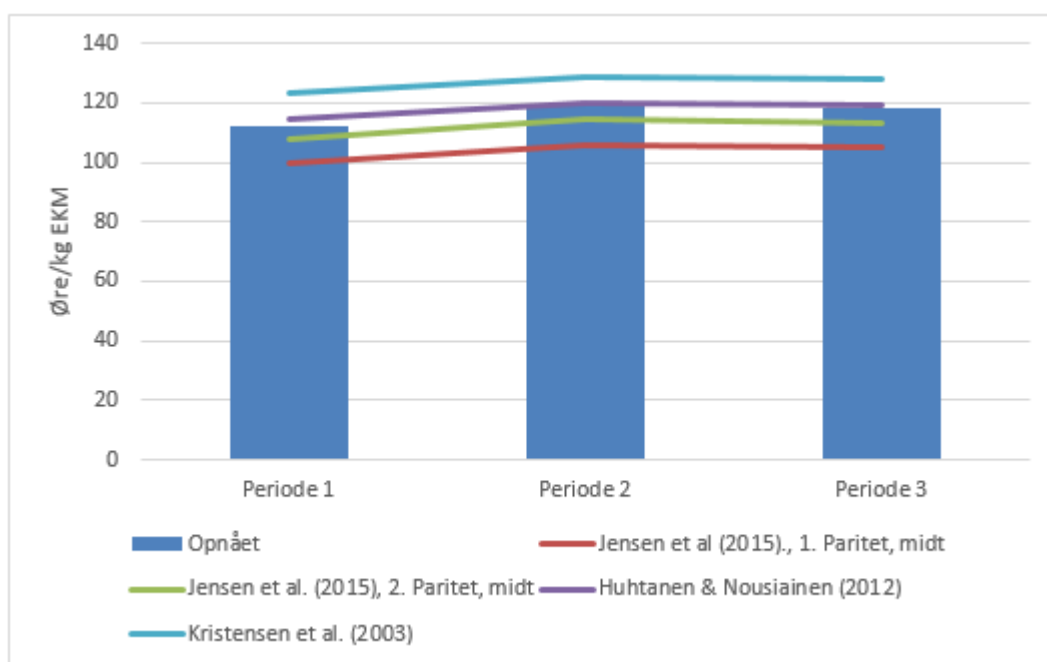
|   | Periode 1 | Periode 2 | Periode 3 | Afvigelse fra opnået, kg EKM |
|---|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| Opnået  | 32,6      | 33,1      | 33        |                              |
| Jensen et al., (2015) 1. Paritet, midt <sup>a</sup> | 29,2      | 29        | 29        | -3,8                         |
| Jensen et al., (2015) 2. Paritet, midt <sup>a</sup> | 31,3      | 31,4      | 31,4      | -1,5                         |
| Huhtanen & Nouisainen (2012) <sup>a,b</sup>         | 33,3      | 33,1      | 33,2      | 0,3                          |
| Kristensen et al (2003) <sup>a</sup>                | 36,5      | 36,4      | 36,5      | 3,6                          |

<sup>a</sup> Beregnet ud fra noteret data i tabel 4.1

<sup>b</sup>  $MEI_{(P-M)}$  for modellen er beregnet som MJ NEL/dag divideret med 0,6

### 4.3 Indtægt i forhold til foderpris

Foderplanen for hver periode har en daglig pris pr. ko, som angivet i Tabel 3. Prisen for konventionel mælk med 4,2 % fedt og 3,4 %, svarende til 1,02 kg EKM (Landbrugsinfo, 2016), var 2,14 kr/kg i maj 2016 (Arla, 2016). Omregnet bliver det 2,10 kr/kg EKM. Ved at trække den daglige foderpris, fra den daglige indtægt pr. ko og dividere med kg EKM/ko/dag og gange med 100, kan det ses at den højeste opnåede fortjeneste var i periode 2, hvor den gennemsnitlige daglige fortjeneste var 119,7 øre/kg EKM. Samlet oversigt omkring opnået daglig fortjeneste pr kg EKM, for hver periode, sammenlignet med prædiktionsmodellerne, kan ses i figur 4.1.



Figur 4.1: Sammenligning af opnået og prædikteret fortjeneste i øre/kg EKM

## 5. Diskussion

### 5.1 Besætningsdata

I tabel 4.1 ses der tydelige afvigelser i besætningsdata for det beregnede, på baggrund af landmandens noteringer, i forhold til foderkontrollen. Foderkontrollen viser et fald i energikoncentrationen på 0,01 MJ NEL/kg TS fra periode 1 til periode 2 og en stigning på 0,2 MJ NEL/kg TS fra periode 2 til 3. I samme de perioder henholdsvis stiger og falder grovfoderandelen i % af kg TS. Dermed er der sammenhæng imellem grovfoderandelen og energikoncentrationen (Søgaard *et al.* 2003). Dog stiger grovfoderandelen mere fra periode 1 til periode 2, end hvad der kan forklare faldet i energikoncentrationen (Kristensen & Ingvartsen 2003). Dette tyder på en mere generel ændring i sammensætningen af foderrationen, hvilket hænger sammen med at målet, i bestemmelse med landmanden, for periode 2 var at gøre foderrationen billigere og ikke at ændre foderniveauet (Nielsen 2016, personlig kommunikation). På trods af forøgelsen af grovfoderandelen, er foderniveauet stadig større i periode 2, end i periode 1, hvilket tyder på en påvirkning fra eksterne faktorer såsom fald i temperatur eller ændring i foderets smag og fremtoning (Forbes, 1996). Mælkeydelsen i kg EKM/kg falder igennem alle 3 perioder, hvilket kan hænge sammen med, at det gennemsnitlige antal DEK stiger igennem alle 3 perioder og mælkeydelsen derfor følger en almindelig laktationskurve (Friggens *et al.* 1999). Dette betyder, at det højere foderniveau i periode 2 i stedet må være aflejret som tilvækst (Kristensen *et al.* 2003). Da ingen af kørerne blev vejede, er der dog ikke data for dette.

For data omkring foderrationerne, beregnet ud fra et gennemsnit af landmandens noteringer, ser tallene ganske anderledes ud. Her falder energikoncentrationen igennem alle 3 perioder, samtidig med at grovfoderandelen stiger. Foderniveauet falder med 0,7 MJ NEL/dag fra periode 1 til periode 2, men stiger igen med 0,7 MJ NEL/dag fra periode 2 til periode 3. Samtidig stiger mælkeydelsen med 0,5 kg EKM/ko fra periode 1 til periode 2. En forklaring for dette kunne være at organiskstoffordøjeligheden for grovfodermidlerne er blevet underestimeret. Grovfoderfordøjeligheden er beregnet ud fra et vægtet gennemsnit af andelen af hvert grovfodermiddel i foderrationen, samt en organiskstoffordøjelighed af hver grovfodermiddel bestemt ved et gennemsnit af 3 foderanalyser. Yderligere prøver af hvert grovfoder ville dermed give en mere korrekt fordøjelighed, da en foderprøve kun er anvendelig, hvis den repræsenterer hele foderpartiet (Duchweider & Kristensen 2012). Da energikoncentrationen i NorFor bliver

beregnet på baggrund af fordøjeligheden af organisk stof (Volden *et al.* 2011), vil en øget fordøjelighed kunne betyde en øget energikoncentration og dermed et reelt foderniveau, der er højere i periode 2 end i periode 1. Det reelle foderniveau i periode 3 ville også være større end angivet og dermed ville faldet på 0,1 kg EKM/ko fra periode 2 til periode 3 kunne forklares via en faldende fodereffektivitet ved forøget foderniveau (Robinson *et al.* 1987). Derudover kan der også ligge en fejl i forhold til beregning af foderrationerne i de 3 perioder, i form af fejlnoteringer fra landmanden. Eksempelvis er data fra periode 1 kun baseret på et gennemsnit for 7 dage, grundet manglende noteringer, hvor gennemsnittet for de 2 andre perioder er 10 dage.

## 5.2 Prædiktion af mælkeydelse

I prædiktionen af mælkeydelsen i kg EKM/ko/dag var det modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), der kom tættest på den opnåede mælkeydelse, med en gennemsnitlig overestimering på kun 0,3 kg EKM. Kigges der over alle 3 perioder, kan det dog ses at den prædikterede mælkeydelse ikke ændrer sig meget, og derfor ligger længst fra den opnåede mælkeydelse i periode 1. En forklaring kunne være, at modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012) medregner DEK, men ikke paritet, samt at andelen af 1. kalvs køer var 0,40 i besætningen, mens den var 0,24 på tværs af studierne i meta-analysen af Huhtanen & Nousiainen (2012). Forskellen i mælkeydelsen imellem pariteterne bliver mindre i takt med, at antal DEK stiger som følge af en hurtigere aftagende mælkeydelse for køer i 2. paritet eller højere (Friggens *et al.* 1999). Derfor må det forventes at være en fordel for modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), at gennemsnitligt antal DEK for forsøgsbesætningen stiger fra 181 til 193 igennem de 3 perioder. Havde det gennemsnitlige antal DEK været lavere, må der antages en større afvigelse for den opnåede mælkeydelse sammenlignet med modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012).

Begge modeller af Jensen *et al.* (2015) underprædikterede i mælkeydelsen i forhold til den opnåede. Modellen for køer i 1. paritet, midt laktation, havde den største afvigelse af alle modellerne, med en gennemsnitlig afvigelse 3,8 kg EKM mindre end det opnåede. Det var forventeligt for modellen, at den ville underprædiktere, da andelen af 1. kalvs køer var 0,42 i forsøgsbesætningen, mens den gennemsnitlige paritet var 2,1. Af samme årsag var det dog forventeligt at modellen for køer i 2. paritet eller højere, ville overestimere kg EKM/ko/dag i forhold til den opnåede, da den opnåede var et gennemsnit af alle de i perioden malkende køer.

Dette tyder også på, at den angivet grovfoderfordøjelighed har været lavere, end den reelle værdi.

Sammenlignet med modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), må modellerne af Jensen *et al.* (2015) forventes at være mere korrekte på enkelt ko-niveau, ved det at de tager højde for paritet. Til gengæld må modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012) forventes at være mere præcis på besætningsniveau, idet DEK indgår på dagsbasis på baggrund af data fra 1125 behandlinger, mens modellerne af Jensen *et al.* (2012) kun opdeler DEK i 2 perioder, på baggrund af data fra 195 behandlinger. Modellerne af Jensen *et al.* (2015) er lavet på baggrund af foderrationsdata fra NorFor, hvor foderrationerne i de 195 behandlinger blev genskabt. Dermed burde Jensen *et al.* (2015) have et bedre udgangspunkt end modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), som er baseret på omsættelig energi. Da NorFor ikke beregner en foderration additivt ud fra fodermidlerne (Volden 2011), kan der ligge en forskel, i forhold til beregningen af de foderrationer som modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), er lavet ud fra. Dermed kan der også ligge en forskel, når enhederne til brug ved deres model, bliver tilbageregnet fra NorFor, som de er blevet det ved forsøgsbesætningen i denne opgave. Det samme gælder for modellen af Kristensen *et al.* (2003), der er baseret på  $FE_k$ , som er et additivt NE system. Modellen havde en gennemsnitlig overprædiktering på 3,6 kg EKM sammenlignet med det opnåede. Da modellen tager hensyn til årlig ydelseskapaicitet i kg EKM og ikke stadie i laktationen, kan en del af forklaringen på afvigelsen også her ligge i besætningens gennemsnitlige antal DEK, grundet den lavere daglige ydelse senere i laktationen (Friggens *et al.* 1999).

### 5.3 Økonomi

Foderprisen var 2 kr billigere pr. ko i periode 2 sammenlignet med periode 1. Forholdet for foderprisen imellem perioderne vil være korrekt, men den reelle foderpris i hver enkelt periode vil være en smule højere. Dette skyldes, at køer fodret ad libitum altid skal have foder til rådighed og dermed kan der forventes et foderspild på 10 – 20 % (Nørgaard 2003), som ikke er medregnet i foderprisen. Eftersom periode 1 var en kontrolperiode for den oprindelige foderplan og energikoncentrationen i MJ NEL/kg TS kun faldt med 0,03 MJ NEL/ kg TS fra periode 1 til periode 2, mens foderprisen faldt med 2 kr/ko/dag, tyder det på, at den oprindelige foderplan var lavet forkert, ud fra et økonomisk optimalt synspunkt (Østergaard *et al.* 2003). Den benyttede indtægt pr kg EKM er heller ikke retvisende for virkeligheden, da mælkeprisen ikke er fastsat pr

kg EKM, men pr kg mælk, med en forskellig merværdi for procentindholdet i mælken af henholdsvis protein og fedt (Arla, 2016). Dermed er bestemmelsen af det økonomisk optimale foderniveau også afhængig af procentdelen af fedt og protein i mælken, hvilket ikke er blevet betragtet her.

## 6. Konklusion

Ud fra analysen kan det konkluderes, at mælkeydelsen i kg EKM/ko/dag ikke kun kan prædikeres på baggrund af foderniveauet. Der er også en effekt af foderrationens næringsstofsammensætning, samt koens paritet og stadie i laktationen. Foderniveauet er påvirket af foderrationens sammensætning, samt koens mælkeydelse, paritet og stadie i laktationen. Energikoncentrationen i en foderration kan hæves, ved at øge andelen af kraftfoder, ud fra et substitutionsforhold på 0,5 mellem grovfoder og kraftfoder. Fodereffektiviteten falder, så snart foderniveauet øges fra 3 gange behovet til vedligeholdelse, mens udnyttelsesgraden af ME til mælkeproduktion ligger på 0,6 – 0,65 uafhængigt af foderniveauet. Køer i 2. paritet eller højere responderer mere på et øget foderniveau i starten af laktationen, sammenlignet med køer i 1. paritet. Dette sker fordi foderoptagelseskapaciteten ikke øges nok, til at kunne dække energibehovet for det højere ydelsespotentiale og derfor bliver den optagne energi fra foderet, forskudt mod mælkeproduktion.

Forsøget viste ingen entydig sammenhæng imellem foderniveauet og kg EKM/ko. I forsøget blev foderniveauet og kg EKM/ko, både påvirket af en ændret foderrationssammensætning, et ændret G:K, samt et ændret gennemsnitligt antal DEK. Den mest korrekte prædikering af mælkeydelse i kg EKM på besætningsniveau, var modellen af Huhtanen & Nousiainen (2012), der gennemsnitligt afveg med 0,3 kg EKM i forhold til det opnåede. Modellen forventes dog at være mere misvisende i starten af laktationen og fungerer kun på besætningsniveau, da den ikke tager hensyn til paritet. Den største mælkeydelse var 33,1 kg EKM/ko/dag og blev fundet ved et foderniveau på 156 MJ NEL/dag og en grovfoder andel på 54,7 % af TS. I forsøget var dette også det mest økonomisk optimale foderniveau, med en fortjeneste på 119,7 øre/kg EKM. For den præcise fortjeneste, skal der dog tages hensyn til foderspild, samt andelen af fedt og protein i mælken.



## 7. Perspektivering

Prædiktion af mælkeydelsen er et rigtig vigtigt værktøj for at kunne finde det økonomisk optimale foderniveau. I dette bachelorprojekt er der kun blevet undersøgt kg EKM produceret i forhold til foderniveauet, men det ville være mere korrekt også at kunne medtage et forventet indhold af fedt og protein i mælken. Det er igennem bachelorprojektet blevet klart, at der ikke findes særlig mange prædiktionsmodeller for mælkeydelse, baseret på foderniveauet og foderrationens sammensætning. De modeller der findes, er lavet på baggrund af meta-analyser og derfor vil yderligere undersøgelser være nødvendige, hvor modellerne bliver testet i praksis, både på enkelt ko- og besætningsniveau. Modellerne skal desuden også testes ved forskellige pariteter og forskellige stadier i laktationen. Indtil da vil det være risikabelt at implementere modellerne, da det endnu ikke vides, hvor retvisende de er for hele laktationsperioden.

## Litteraturliste:

Agnew, R.E., Yan, T., France, J., Kebreab, E., Thomas, C. (2004): Energy requirement and supply. I: Thomas, C., 2004: *Feed into milk: An Advisory Manual*. Nottingham university press, United Kingdom, p. 11- 20

Allen, M.S. (1996): Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 74, p. 3063-3075

Allen, M.S. (2000): Effect of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 83, p. 1598-1624

Arla (2016): *Arlapris maj 2016*. [Citeret 8. juni 2016]. Tilgængelig på internet: <<http://www.arla.dk/om-arla/ejere/arlapris/2016/>>

Bach, A., Valls, N., Solans, A., Torrent, T. (2008): Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *Journal of Dairy Science* 91, p. 3259-3267

Benchaar, C., Rivest, J., Pomar, C. & Chiquette, J. (1998): Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. *Journal of Animal Science* 76, p. 617-627.

Blaxter, K.L. (1962): The energy metabolism in ruminants. Hutchingson, London, 329 pp.

Bosch, M.W., Lammers-Wienhoven, S.C.W., Bangma, G.A., Boer, H., Van Adrichem, P.W.M. (1992): Influence of stage of maturity of grass silages on digestion processes in dairy cows. 2. Rumen contents, passage rates, distribution of rumen and faecal particles and mastication activity. *Livestock Production Science* 32, p. 265-281

Bossen, D., Weisbjerg, M.R. (2009): Allocation of feed based on individual dairy cow live weight changes II: Effect on milk production. *Livestock Science* 126, p. 273-285

Broster, W.H., Broster, V.J. (1984): Reviews of the progress of Dairy Science: Long term effects of plane of nutrition on the performance of the dairy cow. *Journal of Dairy Research* 51, p. 149-196

Chwalibog, A. (2006): *Næringsværdi Og Næringsbehov*. 7. Udgave. (ed.) Samfundslitteratur. *KVL-Bogladen*, Frederiksberg.

Chwalibog, A., Hvelplund, T., 2003. Energivurdering. I: Hvelplund, T., Kristensen, V. F. (2003): *Kvægets ernæring og fysiologi: Bind 1: Næringsstofomsætning og fodervurdering*. Husdyrbrug nr. 53. Danmarks JordbrugsForskning. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmark, p. 565-581

- Colucci, P.E., Chase, L.E., Van Soest, P.J. (1982): Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 65, p. 1445-1456
- De Rensis, F. & Scaramuzzi, R.J. (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - a review. *Theriogenology* 60, p. 1139-1151
- Dong, L.F., Ferris, C.P., McDowell, D.A., Yan, T. (2015): Effects of diet forage proportion on maintenance energy requirement and the efficiency of metabolizable energy use for lactation by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98, p. 8846-8855.
- Duchwaider, V., Kristensen, N.B. (2012): Prøveudtagning i grovfoder – anbefalinger. *Videncentret for Landbrug, kvæg*. Danmark.
- Farmtal Online, (2016): [Citeret 27. april 2016] Tilgængelig på internettet: <<https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>>
- Faverdin, P., Dulphy, J.P., Coulon, J.B., Vérité, R., Garel, J.P., Rouel, J. and Marquis, B. (1991): Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science* 27, p. 137–156.
- Forbes, J.M. (1996). Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *Journal of Animal Science* 74, p. 3029-3035
- Fox, D.G., Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Russell, J.B., Van Soest, P.J. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science* 70, p. 3578-3596
- Friggens, N.C., Emmans, G.C., Veerkamp, R.F. (1999): On the use of simple ratios between lactation curve coefficients to describe parity effects on milk production. *Livestock Production Science* 62, p. 1-13.
- Givens, D.I., De Boever, J.L. & Deaville, E.R. (1997): The principles, practices and some future applications of near infrared spectroscopy for predicting the nutritive value of foods for animals and humans. *Nutrition Research Reviews* 10, p. 83-114
- Gordon, F.J., Patterson, D.C., Yan, T., Porter, M.G., Mayne, C.S. & Unsworth, E.F. (1995): The influence of genetic index for milk production on the response to complete diet feeding and the utilization of energy and nitrogen. *Animal Science* 61, p. 199-210
- Harding, R., Leek, B. (1972): Gastro-duodenal receptor responses to chemical and mechanical stimuli, investigated by a 'single fibre' technique. *Journal of physiology* 222, p. 139-140
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. (2012): Production responses of lactating dairy cows fed silage-based diets to changes in nutrient supply. *Livestock Science* 148, p. 146–158.
- Ingvartsen, K.L. & Andersen, J.B. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science* 83, p. 1573-1597.

- Ingvarthsen, K. L., Kristensen, V. F. (2003): Regulering af foderoptagelsen. I: Hvelplund, T & Kristensen, V. F. 2003: *Kvægets ernæring og fysiologi: Bind 1: Næringsstofomsætning og fodervurdering*. Husdyrbrug nr. 53. Danmarks JordbrugsForskning. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmark, p. 147-210
- Jago, J.G., McGowan, J.E., Williamson, J.H. (2010): Effect of setting a maximum milking time, from peak lactation, on production, milking time and udder health. *New Zealand Veterinary Journal* 58:5, p. 246-252
- Jensen, C., Østergaard, S., Schei, I., Bertilsson, J., Weisbjerg, M.R. (2015): A meta-analysis of milk production responses to increased net energy intake in Scandinavian dairy cows. *Livestock Science* 175, p. 59-69
- Jensen, E. (1940): Determining Input-Output Relationships in Milk Production. *Journal of Farm Economics* 22, p. 249-258
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77, p. 59-91
- Kessler, E.C., Bruckmaier, R.M., Gross, J.J. (2014): Milk production during the colostrum period is not related to the later lactational performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97, p. 2186 -2192.
- Khalili, H., Huhtanen, P. (1991): Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. *Animal Feed Science and Technology* 33, p. 263-273.
- Kristensen, V.F., Weisbjerg, M.R., Børsting, C.F., Aaes, O., Nørgaard, P. (2003): Malkekoens energiforsyning af produktion. I: Hvelplund, T, Kristensen, V.F., 2003: *Kvægets Ernæring og Fysiologi, Bind 1, Næringsstofomsætning og Fodervurdering*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmark, p. 73–112
- Landbrugsinfo (2016): *Beregning af kg EKM*. [Citeret 8. juni 2016]. Tilgængelig på internet: <<https://www.landbrugsinfo.dk/itvaerktoejer/kvaeg/sider/beregningafkgekkm.aspx>>
- Lehmann, J.O., Fadel, J.G, Mogensen, L., Kristensen, T., Gaillard, C., Kebrea, E. (2016): Effect of calving interval and parity on milk yield per feeding day in Danish commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science* 99, p. 621 – 633.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenlagh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. (2011): *Animal Nutrition*. 7. udgave. ed. Prentice Hall, Harlow
- Mertens, D.R. (1994): Regulation of Forage Intake. I: Fahey Jr. G.C., M. Collins, D.R. Mertens and L.E. Moser (1994). Forage quality, evaluation, and utilization. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc. and Soil Science Society in America, Inc., Madison, WI, USA, p. 450-493
- Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 80, p. 1463-1481

Moe, P.W., Tyrrell, H.F. (1975): Efficiency of conversion of digested energy to milk. *Journal of Dairy Science* 58, p. 602-610

Nielsen, H.M., Friggens, N.C., Løvendahl, P., Jensen, J., Ingvarsten, K.L. (2003): Influence of breed, parity and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and live weight. *Livestock Production Science* 79, p. 119–133

Nombekela, S.W., Murphy, M.R., Gonyou, H.W., Marden, J.I. (1994): Dietary preferences in early lactation cows as affected by primary tastes and some common feed flavors. *Journal of Dairy Science* 77, p. 2393-2399

NorFor 2016: *NorFor feedstuff*. [citeret 1. juni 2016]. Tilgængelig på internet: <<http://feedstuffs.norfor.info/>>

Rinne M., P. Huhtanen and S. Jaakkola. (2002): Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science* 80, p. 1986-1998

Robinson, P., Tamminga, S., Van Vuuren, A.M. (1987): Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows. *Livestock Production Science* 17, p. 37-62.

Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., Sniffen, C.J. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science* 70, p. 3551-3561

Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70, p. 3562-3577

Stensig, T., Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. (1998): Digestion and passage kinetics of fibre in dairy cows as affected by the proportion of wheat starch or sucrose in the diet. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A. Animal Science* 48, p. 129-140.

Sutton, J.D., Broster, W.H., Schuller, E., Napper, D.J., Broster, V.J., Bines, J.A. (1988): Influence of plane of nutrition and diet composition on rumen fermentation and energy utilization by dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 110, p. 261-270

Søgaard, K., Hansen, H.H., Weisbjerg, M.R. (2003): Fodermidlernes karakteristika. I: Hvelplund, T, Kristensen, V.F., 2003: *Kvægets Ernæring Og Fysiologi, Bind 1, Næringsstofomsætning og Fodervurdering*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmark, p. 39 - 68

Thøgersen, R., Laursen, P.H. (2009): Se altid kritisk på foderøkonomien. I: Jensen, E.B. (Ed.), *Produktionsøkonomi Kvæg 2009*, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Dansk Kvæg, Aarhus N, Denmark, p. 14-19.

- Van Es, A.J.H. (1975): Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science* 2, p. 95-107
- Volden, H. (2011): NorFor - The Nordic feed evaluation system. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 180 pp.
- Volden, H., Gustafsson, A.H. (2011): Introduction. I: Volden, H. (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers, Netherlands, p. 21-22.
- Volden, H., Nielsen, N.I. (2011): Energy and metabolizable protein supply. I: Volden, H. (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers, Netherlands, p. 81-84.
- Volden, H., Nielsen, N.I., Åkerlind, M., Larsen, M., Havrevoll, Ø., Rygh, A.J. (2011): Prediction of voluntary feed intake. I: Volden, H. (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers, Netherlands, p. 113 - 126
- Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. (1993): Bestemmelse af nettoenergiindhold (FEk) i råvarer og kraftfoderblandinger. Forskningsrapport nr. 3, Statens Husdyrbrugsforsøg, 39 pp.
- Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J. & Porter, M.G. (2000): Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science* 64, p. 253-263
- Yan, T., Mayne, C.S., Keady, T.W.J., Agnew, R.E. (2006): Effects of Dairy Cow Genotype with Two Planes of Nutrition on Energy Partitioning Between Milk and Body Tissue. *Journal of Dairy Science* 89, p. 1031-1042.
- Young, B.A. (1983): Ruminant cold stress - effect on production. *Journal of Animal Science* 57, p. 1601-1607
- Østergaard, S., Kristensen, T., Aaes, O., Kristensen, V.F., Jensen, M., Clausen, S. (2003): Planlægning af økonomisk optimal fodring malkekøer. I: Strudsholm, F., Sejrsen, K. (Ed.), *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 2, Fodring og produktion*. Aarhus Universitet, Denmark, DJF rapport, Husdyr nr. 54, p. 371-406.
- Østergaard, V. (1979): Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. *Landhusholdningsselskabets forlag*, Copenhagen, 138 pp.
- Åkerlind, M., Weisbjerg, T., Tøgersen, R., Udén, P., Ólafsson, B.L., Harstad, O.M., Volden, H., (2011): Feed analysis and digestion methods. I: Volden, H. (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers, Netherlands, p. 41-53