



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp.
Fakultet for biovitenskap

Fôring av melkekyr etter en standard laktasjonskurve sammenlignet med en dynamisk tilnærming av laktasjonskurven

Feeding dairy cows after a standard lactation curve compared with a dynamic approach of the lactation curve

Kennet Solheim Lindstrøm
Husdyrvitenskap

Forord

Masteroppgaven markerer avslutningen på en 5 års høyere utdanning. De 3 første årene ble tilbragt oppe i Steinkjer, hvor jeg tok en bachelorgrad i husdyrfag, velferd og produksjon ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT). Videre gikk turen til Ås og Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet (NMBU), noe jeg ikke angrep på!

Oppgaven ble valgt grunnet stor interesse for melkekua, og fordi jeg hørte at det var et spennende prosjekt som skulle starte høsten 2016. Jeg vil derfor gi en stor takk til hovedveileder Egil Prestløykken for tips om oppgaven, veldig god veiledning og faglige samtaler! Kristin Sivertsen Storli fortjener også en stor takk for hjelp med statistikk og bearbeidelse av datamateriale.

Jobben i storfefjøsset på Senter for Husdyr Forsøk (SHF) gav god avkobling fra en teoretisk hverdag, men samtidig en større forståelse om teorien vedrørende melkeproduksjon. Takk til gjengen på SHF for mange trivelig arbeidstimer!

Jeg vil rette en spesiell takk til alle jeg satt på lesesalen med, for avkobling og faglige samtaler! Familien, venner og kollektivet fortjener også en stor takk for støtte og tålmodighet i studietiden. Jostein Mikael Hårstad fortjener en veldig stor takk for å være en god venn og studiekamerat gjennom 5 år! Tusen takk til Rakel, Ellen og Johannes for korrektur og faglig tilbakemelding på oppgaven.

Til slutt vil jeg benytte sjansen for å takke alle som har påvirket studiehverdagen til å bli så bra! Det har vært mange faglige og spennende diskusjoner i løpet av utdanningen, og disse kommer jeg til å ta med videre!

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Ås, mai, 2017

Kennet Solheim Lindstrøm

Sammendrag

Fôring av melkekyr gjøres etter valg av en fôringsstrategi, der utførelsen vil ha en direkte påvirkning på laktasjonskurvens form. Fôret utgjør ca. 70 % av de variable kostnadene i melkeproduksjonen (Tine Rådgiving 2012), og kontroll på fôringen er derfor viktig for økonomien. De mest vanlige fôringsstrategiene i Norge er normfôring og fôring etter standard laktasjonskurve. I Nederland er prinsippet dynamisk fôring som daglig beregner individuelle melkemengder som en respons av økt kraftfôrmengde ut i fra en økonomisk vurdering, tatt i bruk i senere år. Svakheten ved systemet er at det ikke tar hensyn til surfôropptak og levendevekt, og konsekvensen kan være en høy kraftfôrmengde i forhold til surfôropptaket (Meijer & Peeters 2010).

Denne masteroppgaven er basert på et fôringsforsøk ved Senter for Husdyrforsøk (SHF), gjennomført i perioden august 2016 til april 2017. Hovedformålet med oppgaven var å sammenligne fôringen etter standard laktasjonskurve etter NorFor (Volden 2011), med en dynamisk tilnærming av laktasjonskurven. Forsøket ble gjennomført med to kvaliteter av surfôr. I den dynamiske tilnærmingen ble fôringa justert ukentlig ut fra behovet for energi til vedlikehold og melkeproduksjon sett opp mot registrert opptak av surfôr og kraftfôr. Det ble undersøkt effekt av fôringsregime og høstetid på melkeproduksjon, fôropptak, vekt og vektendring. Det ble også undersøkt om kyrne konsumerte en forventet mengde fôr i forhold til deres beregnede inntakskapasitet og beregnet fylleverdi på fôret, etter NorFor (Volden 2011). Hypotesen om høstetid hadde en effekt på surfôropptaket ble bekreftet, hvor det ble observert høyest opptak for surfôr av tidlig høstetid mot surfôr av normal høstetid. NorFor sine beregninger på kyrnes inntakskapasitet og fôrets fylleverdi viste at dyrene på surfôr av tidlig høstetid konsumerte mer enn de hadde kapasitet til. Det ble observert at det dynamiske fôringsregime hadde en mindre relativ vektendring gjennom forsøket, men dette var ikke signifikant forskjellig fra statisk fôringsregime. Dynamisk fôringsregime hadde også et lavere behov for kraftfôr per 100 kg produserte EKM, men forskjellen var ikke statistisk sikre. Undersøkelsen har vist at en dynamisk tilnærming av laktasjonskurven er mulig, men at effektene ikke kom fram slik som ønsket. Det hadde vært interessant og undersøkt om effektene ble tydeligere ved en ny gjennomføring, men med en 305-dagers laktasjonsperiode.

Abstract

The feed amounts to approximately 70 % of the variable cost in milk production. Control of the feeding is therefore crucial for the economy in the production. Feeding dairy cows includes choosing of a specific feeding strategy, where the result will have a direct impact on the shape of the lactation curve. In Norway, the two most common strategies is feeding the cows after monthly measurements milk yield (norm feeding) and feeding after a standard lactation curve.

In the Netherlands, the concept of dynamic feeding have been introduced. This concept calculates daily the response of increased concentrate level on milk production from an economic point of assessment. The weakness of this concept is that it do not consider the intake of roughage and live weight, which the consequently can result in to a high proportion of concentrates relative to the intake of roughage (Meijer & Peeters 2010).

This master thesis is based on a feeding trial carried out at the Animal Production Experimental Center (SHF), NMBU, ÅS, during the period of August 2016 to April 2017. The main purpose of the thesis is to examine the feeding according the standard lactation curve after NorFor (Volden 2011), whit a dynamic approach. The experiment was carried out using two qualities of roughage. In the dynamic approach, the feeding was adjusted weekly based on the energy demand for maintenance and milk production relative to recorded intake of roughage and concentrates. The effects of feeding strategy and harvest time were investigated on milk production, feed intake, weight and weight change. In addition, it was investigated whether the cows consumed the amount of feed according to the calculated intake capacity due to Norfor (Volden 2011). The hypothesis about the effect of harvest time on roughage intake was confirmed, where the highest intake of roughage was observed for the early harvested feed compared to feed harvested at a normal time point. Based on NorFor calculation of intake capacity, cows on harvest time early consumed more feed than predicted. It was observed that a dynamic feeding strategy gave a smaller relative weight change throughout the experimental period, but the effects was not significant. Moreover, dynamic feeding strategy showed a numerically lower need for concentrates per 100 kg of EKM. These findings indicate that the dynamic feeding approach is possible, but the effects are not clear. To make the results more clear, the lactation period should be increased to a full 305-days lactation period, if repeating the experiment.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning.....	1
2.0 Teori	2
2.1 Drøvtyggernes fordøyelsessystem	2
2.2 Hovednæringsstoff i fôr og fordøyelsen av dem	5
2.2.1 Karbohydrat	6
2.2.2 Protein	8
2.2.3 Fett	10
2.3 Faktorer som påvirker fôropptak	11
2.3.1 Forhold ved fôret.....	11
2.3.2. Forhold ved dyret.....	15
2.4 Fôrvurdering til drøvtyggere	17
2.4.1 Energi- og proteinvurdering.....	17
2.4.2 Fôringsstrategi.....	19
3.0 Materiale og metode.....	23
3.1 Forsøksdyr	23
3.2 Forsøksfaktorer og fôring	23
3.3 Registeringer og prøvetaking.....	26
3.4. Innhenting av data fra forsøksperioden	27
3.5 Bearbeiding av data og statistiske analyser	28
4.0 Resultat.....	34
4.1 Kjemisk innhold og næringsverdi i fôr	34
4.2 Melkeproduksjon	35
4.2.1 Energikorrigert melk etter laktasjonsgruppe.....	35
4.2.2 Energikorrigert melk etter forsøksgrupper.....	36
4.2.3 Energikorrigert melk fordelt etter laktasjonsgruppe og forsøksgruppe	38
4.3 Fôropptak.....	42
4.3.1 Surfôropptak	42
4.3.2 Kraftfôropptak.....	44
4.3.3 Totalt tørrstoffopptak	46
4.4 Vekt	48
4.4.1 Levendevekt	48
4.4.2 Vektendring.....	50
4.4.3 Energibalanse	51
4.5 Fôrutnyttelse	53
4.5.1 EKM per kg TS.....	53

4.5.2 Kg kraftfôr/100 kg produserte EKM.....	54
4.5.3 Inntakskapasitet og fylleverdi	55
5.0 Diskusjon.....	58
5.1 Fôret.....	61
5.2 Effekt av høstetid.....	62
5.3 Effekt av fôringsregime	67
6.0 Konklusjon	69
7.0 Referanseliste	70

1.0 Innledning

Tradisjonelt har melkekyr i Norge blitt føret etter ytelse, med utgangspunkt i månedlige melkeveeiinger. Basert på et forventet grovfôropptak har mengden kraftfôr i rasjonen blitt beregnet ut fra målt produksjon av energikorrigert melk (EKM) og behov til vedlikehold (Tine Rådgiving 2012). En annen måte å styre fôringa er etter en standard laktasjonskurve, der kraftfôrmengden vil være forutbestemt etter en planlagt laktasjonsavdrått. Styring av kraftfôrmengde på disse måtene, kan gjøre at dyrene i perioder overfôres eller underfôres med kraftfôr. Ved overfôring vil kyrne bli feite, mens de ved underfôring vil tape hold. I tillegg kan underfôring av energi påvirke laktasjonskurven negativt, slik at kuas genetiske potensiale ikke kommer frem, eller det kan oppstå laktasjonssykdommer som ketose. Automatiske system for fôring og melking av kyr vil gi en bedre mulighet til å styre fôringa for hvert enkelt individ etter faktisk avdrått (André et al. 2011). Dersom denne fôringa relateres til respons i melkeytelse vil beregning av individuelle fôrrasjoner kunne ha en positiv effekt på lønnsomheten i produksjonen (André et al. 2010).

«Precision Livestock Farming» (PLU) er et nytt fôringskonsept som søker å oppnå dette ved å optimalisere dyras produksjon ved hjelp av sanntidsdata for produksjonen (Cox 2002). Basert på daglige registreringer av melkemengder har det blitt utviklet en adaptiv modell (dynamisk fôring) for å beregne individuelle melkemengder som en respons av kraftfôrinntak og melkingsintervall (Meijer & Peeters 2010). I et pågående prosjekt ved NMBU (Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, Ås, Norge) er en av målsettingene å utvikle et slikt system for dynamisk fôring i automatiske melkingssystem (AMS), hvor grovfôropptak og vekt benyttes i systemet. Denne masteroppgaven er en del av det arbeidet.

Hovedmålet med oppgaven er å sammenligne fôring etter standard laktasjonskurve basert på NorFor sin anbefaling (Volden 2011), med en dynamisk tilnærming av laktasjonskurven. I den dynamiske tilnærmingen ble fôringa justert ukentlig ut fra vedlikeholdsbehovet, produksjonen av EKM og registrert opptak fra surfôr og kraftfôr. Dette ble gjennomført med to ulike kvaliteter av surfôr gjennom forsøksperioden.

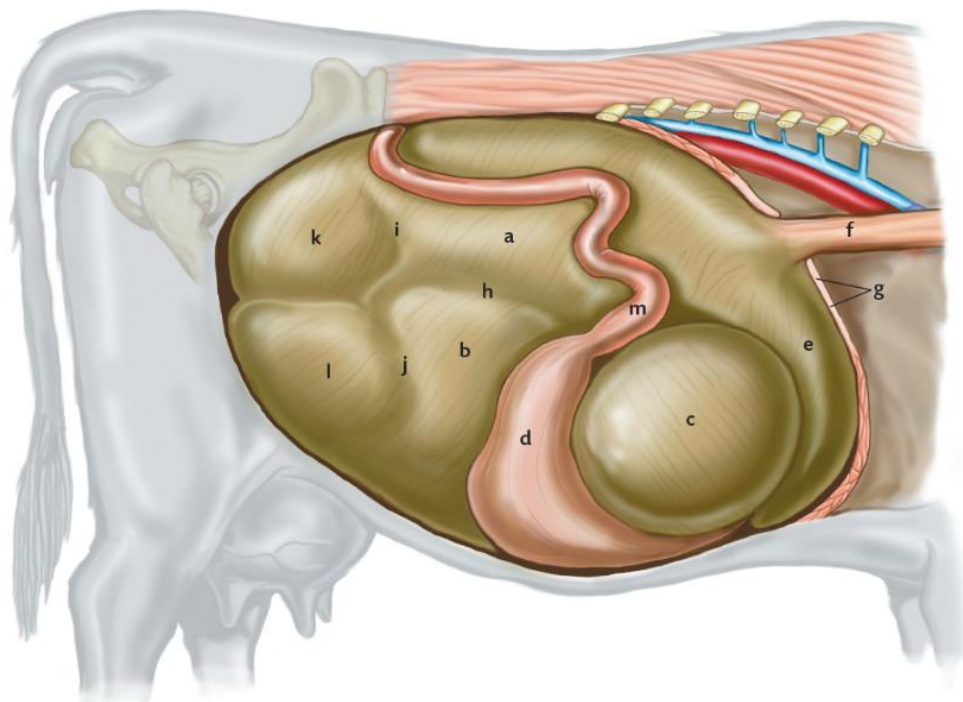
Hypotesene var som følger:

- Gruppen på høstetid tidlig vil ha større surfôropptak enn gruppen på høstetid normal.
- Dynamisk fôring vil gi en mindre relativ vektendring enn ved statisk.
- Dynamisk fôring gir en bedre tilpassing mellom surfôropptak og ytelse enn statisk.

2.0 Teori

2.1 Drøvtyggenes fordøyelsessystem

Drøvtyggenes fordøyelseskanal består av de samme hovedelementene som enmaga dyr, med munnhule, spiserør, mage og tarm. Drøvtyggeren er imidlertid særegne med at de før magen (løpen) har tre for-mager. De tre for-magene (Figur 1) er vom, nettmage (e) og bladmage (f). Vomma og nettmagen utgjør en funksjonell enhet som til sammen utgjør 85 % av magekapasiteten. I vomma og nettmagen skjer det en omfattende mikrobiell fordøying av fôret, hvor en rekke næringsstoff blir produsert og absorbert gjennom vomveggen (McDonald et al. 2011; Van Soest 1994).

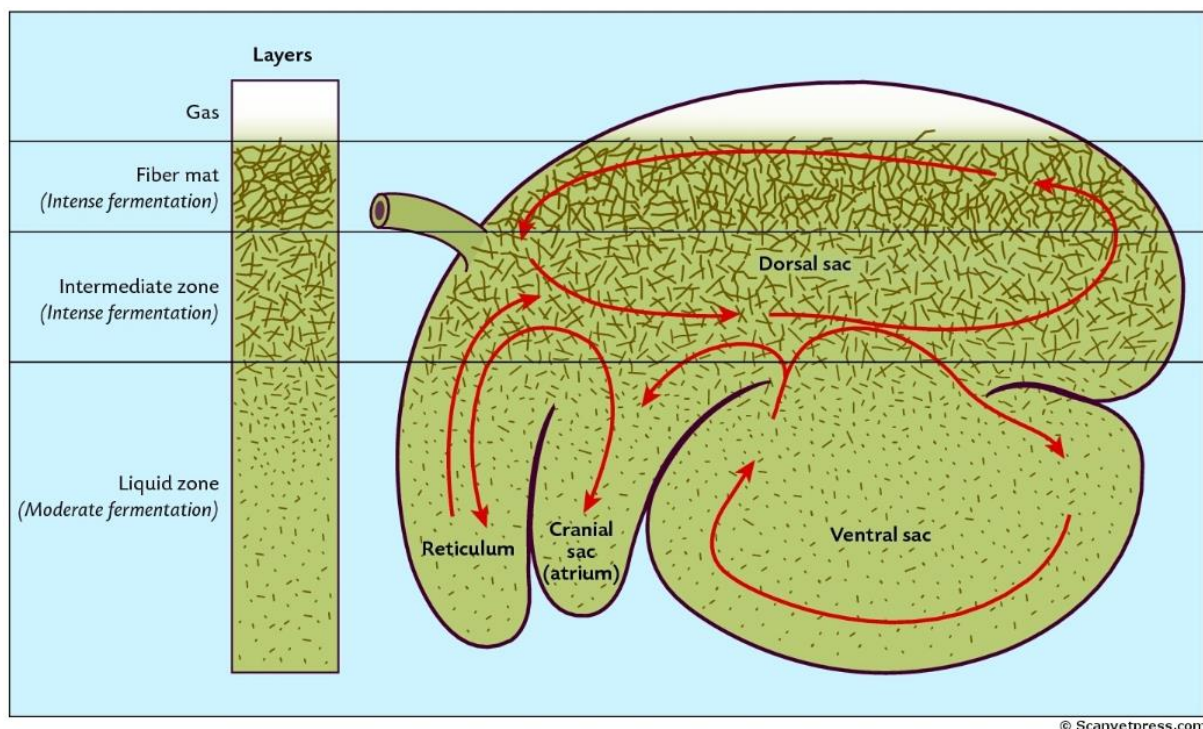


© scanvetpress.com

Figur 1: Illustrasjon av høyre side av ei ku, som viser f) spiserør e) nettmage, c) bladmage, d) løypemage, m) tolvfingertarm, samt ulike deler av vomma. Etter Sjaastad et al. (2010).

I normale fôrsituasjoner utgjør kortkjeda flyktige fettsyrer (VFA), som er produsert av mikrobene i vomma, om lag tre firedeler av energien som drøvtyggeren bruker daglig (Gjefsen 2007; McDonald et al. 2011). Energien mikrobene får tak i ved omsetting av næringsstoffene i fôret bruker de til å bygge opp sin egen kroppsmasse, som i stor grad består av protein. Mikrobene blir deretter ført ut av vomma og fordøyd som protein i tynntarmen. Dette mikrobeproteinet står for omkring tre firedeler av proteinet drøvtyggeren bruker daglig. For-magene (vom, nett- og bladmagen) og den mikrobielle omsetningen har derfor en sentral rolle i omsetningen av næringsstoff hos drøvtyggere.

Vom-mikrobene består av bakterier, protozoer og sopp. Av disse er bakteriene mest dominerende i antall, og det finnes mellom 10^9 - 10^{10} bakterier per ml. vominnhold (McDonald et al. 2011). Det er identifisert over 200 arter av bakterier, hvor de vanligste er ikke sporedannede-anaerobe-bakterier. Protozoer utgjør et mindre antall enn bakteriene (10^5 - 10^6 per ml. vominnhold), og har færre observerte arter (over 100), men de er betydelig større i masse. Sopp er ikke så dominerende, men det er blitt funnet minst 12 ulike arter eller stammer i vomma (McDonald et al. 2011). Vominnholdet består av 85-95 % vann, og følgelig 5-15 % tørrstoff per kg, og kan deles inn i to faser (Figur 2).



Figur 2: Illustrasjon av fasene i vomma, som viser en gassfase øverst, deretter en partikkelfase, og nederst en væskefase. Pilene i figuren illustrer vominnholdets bevegelse ved kontraksjoner. Etter Sjaastad et al. (2010).

I vomma vil det være en væskefase, bestående av fine fôrpartikler som kan forlate vomma for videre fordøyelse (*liquid zone* i Figur 2), og en partikkelfase i øvre toppsjikt av vomma (*fiber mat* og *intermediate zone* i Figur 2), bestående av større fôrpartikler som er for store til å forlate vomma. Nedbryting og bearbeiding av disse forpartiklene er nødvendig før de kan forlate vomma. Hvordan det skjer avhenger av fysiske og kjemiske forhold ved fôret og samspillet med dyret, hvor drøvtyggingen er en sentral rolle. Innholdet i vomma vil under normale situasjoner bli blandet sammen grunnet kontraksjoner i vomveggen. Ved drøvtyggingen vil vominnholdet fra toppsjiktet blir presset/sugd tilbake opp gjennom spiserøret til munnen, hvor fôrpartiklene vil bli grundig tygd før de svelges igjen. Dette foregår i 12-16 perioder, med en 0,5 time til 1,5 timers varighet gjennom døgnet (Hveplund &

Nørsgaard 2003; Van Soest 1982). I munnen tilføres spytt fra de ulike spyttkjertlene, og daglig produksjon av spytt er ca. 150-180 liter (McDonald et al. 2011; Van Soest 1994).

Hovedbestanddelen i spytt er vann, men inneholder i tillegg natrium, bikarbonat, fosfat, kalium, klorid, urea, kalsium, magnesium, samt noe mykoprotein. Spytt har dermed en viktig funksjon i å tilføre vomma næringsstoffer, i tillegg til å bufre produksjonen av syrer i vom. Drøvtygging og produksjonen av spytt er derfor viktig med hensyn på gode vekstvilkår for mikrobene og dermed utnyttningen av fôret i vomma. Drøvtygging vil være avhengig av rasjonens fiberinnhold, og i rasjoner med lite grovfôr kan drøvtyggingsaktiviteten være redusert.

Fra nettmage vil ufordøyde fôrpartikler og mikrober bli porsjonert over til bladmagen og videre til løypemagen (Figur 1). Bladmagens funksjoner er antatt å sortere ut væske og fine fôrpartikler til løypemagen. Det er antatt at 30-60 % av væskevolumet, samt en stor del av de flyktige fettsyrene som ikke ble absorbert i vomma absorberes i bladmagen, sammen med natrium, kalium og andre mineraler (Van Soest 1994). Passasje av flyktige fettsyrer ut av vom har blitt observert til å være 20-40 % av totalt flyktige fettsyrer produsert ved fermentering av fôr.

Løypemagen hos drøvtyggere kan sammenlignes med kjertelmagen hos enmaga dyr. I løypemagen er det kjertler som produserer slim, saltsyre og pepsin som forsurer fôrmassen til pH omkring 2,5. Etter løypemagen vil massen komme over i tolvfingertarmen hvor det utskilles galle og bukspytt, som vil heve pH. I tillegg tilføres fordøyelsesenzymene og emulgatorer som hjelper til med fordøyelse og absorpsjon av næringsstoffer i tynntarmen. I tynntarmen er det en videre utskillelse av enzymene som bryter ned fôret til enkle forbindelser og det er her absorpsjonen av næringsstoffer i form av aminosyrer, fettsyrer og glukose foregår. Fra tynntarmen passerer ufordøyde fôrpartikler og mikrobemasse til tykktarm, hvor det vil være en mikrobiell fermentering på linje med den som er i vomma. Fermenteringsproduktene i form av VFA vil bli absorbert, mens mikrobeceller og ufordøyd fôr vil bli utskilt i gjødselen.

2.2 Hovednæringsstoff i fôr og fordøyelsen av dem

Fôret inneholder tørrstoff og vann, hvor tørrstoffet kan deles opp i en organisk og en uorganisk del (Jørgensen 1999). Den uorganiske delen består av mineraler, eller aske som er igjen etter forbrenning. Den organiske delen består av karbohydrater, lipider (fett), protein, nukleinsyrer, organiske syrer og vitaminer (McDonald et al. 2011). Analyse av næringsinnhold er viktig for å kunne fastsette verdien på fôrmidler. En av de viktige er så i måte den såkalte Weendeanalysen, som ble utviklet av Henneberg og Stohmann på 1860-tallet (McDonald et al. 2011; Volden 2011).

I Weendeanalysen ble næringsstoffene i tørrstoffet delt inn i råakse, råprotein, råfett, råtrevler og nitrogenfrie ekstraktstoffer (NFE), der NFE ble beregnet som differansen mellom tørrstoffet og de analyserte komponentene. Analysen har blitt kritisert for å være upresis, spesielt for karbohydrater, som er hovedbestanddelen av fôr til drøvtyggere. Ankepunktet har vært at analysen til drøvtyggere normalt underestimerer innholdet av trevler i fiberrikt fôr, mens den normalt overestimerer innholdet av NFE i fôr med høyt innhold av sukker og stivelse (McDonald et al. 2011).

I moderne fôrvurderinger til drøvtyggere er det derfor utviklet mer presise analyser for å beskrive innholdet av karbohydrater i fôret bedre. Disse analysene gir et bedre samsvar med hvordan de ulike næringsstoffene i fôret blir utnyttet av dyret, og dermed responsen de gir i produksjonen. I NorFor (Volden 2011) blir karbohydratene beskrevet gjennom nøytralløselige fiber (NDF), stivelse og sukker. I tillegg blir det beregnet en restfraksjon som i hovedsak består av pektiner, og for surfôr er det en analyse av gjæringsprodukter.

Hovednæringsstoffene i NorFor er dermed beskrevet som råprotein, råaske, råfett, NDF, stivelse, sukker, gjæringsprodukter og en restfraksjon (Volden 2011). I tillegg angir NorFor hvordan disse blir fordøyd og utnyttet hos en drøvtygger.

Næringsstoff i fôrmidler kan også analyseres ved hjelp av «Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIR). Dette er en hurtigmetode som baserer seg på absorpsjon av energi i hydrogen-holdige funksjonellgrupper i de organiske komponentene i fôret (C-H, O-H, N-H og S-H). NIR-analysen må kalibreres med kjemiske analyser for å kunne gi de korrekte verdiene. (De Boever et al. 1996). Dersom kalibreringen er korrekt er NIR en utmerket analyse.

2.2.1 Karbohydrat

Karbohydrater er den primære energikilden for drøvtyggere, og utgjør typisk 70-80 % av rasjonens tørrstoff. De kan klassifiseres i to hovedgrupper; strukturelle og ikke-strukturelle karbohydrater. Strukturelle karbohydrater er den delen av planten som danner reisverket, og består i hovedsak av cellulose, hemicellulose og lignin. Ikke-strukturelle karbohydrater er stivelse, sukker, β -glukaner og noe pektiner (Volden 2011). Lignin er ikke et karbohydrat, men assosieres med karbohydratgruppen fordi den danner komplekse bindinger til cellulose og hemicellulose, som har stor påvirkning for karbohydratfordøyelsen (Jung & Allen 1995; McDonald et al. 2011).

Analytisk defineres strukturelle karbohydrater som nøytralt løselig fiber (NDF), og består av cellulose, hemicellulose, og lignin. Metoden for bestemmelse av NDF i fôrmidler skjer ved å varme opp prøven i nøytral såpeløsning for å vaske bort celleinnholdet, og tilsetning av enzymet α -amylase for fjerning av stivelse. Prøven forbrennes deretter ved 550 grader for korrigering av akse. Sluttproduktet er også kjent som aNDFom.

Stivelseinnholdet bestemmes enzymatisk, ved å omdanne stivelse til glukose ved å bruke α -amylase, etterfulgt av amylogucosidase, og deretter bestemmelse av glukosemengden. Stivelseinnholdet kan også bestemmes ved å hydrolysere prøven, etterfulgt av polarimetrisk bestemmelse av frigjort sukker (McDonald et al. 2011). Stivelseinnholdet vil være en kalkulert differanse mellom to sukkeranalyser, multiplisert med kjent faktor for stivelsekilden.

Fordøyelsen av karbohydrater kan deles inn i to faser, hvor i den første fasen er nedbryting av komplekse karbohydrater til enkle sukkerarter. Cellulose nedbrytes av en eller flere β -1,4-glucosidase til cellobiose, som blir omdannet til glukose eller glukose-1-fosfat (McDonald et al. 2011). Stivelse blir hydrolysert av mikrobenes amylase til maltose og iso-maltose, og videre til glukose. Glukose omdannes til pyrodruesyre, som vil bære sluttproduktet i den første fasen. I den andre og siste fasen blir pyrodruesyre omdannet til flyktige fettsyrer, hvor andelen mellom de ulike flyktige fettsyrer vil være påvirket av forholdet mellom strukturelle og ikke strukturelle karbohydrater.

Fordøyelsen skjer som kjent av mikrober, hvor mikrobene kan deles inn i tre hovedgrupper for nedbryting av cellulose, og en hovedgruppe for nedbryting av stivelse.

Artene *Fibrobacter succingenes*, *Ruminococcus flavefaciens* og *Ruminococcus albus* er cellulosespaltende mikrober som har eddiksyre som typisk avfallsprodukt. *Streptococcus bovis* er en hovedgruppe som spalter stivelse til melkesyre. Bakteriegruppen *Megasphara elsdenii* spalter melkesyre, og danner i hovedsak propionsyre, men også noe eddik- og smørsyre.

Flyktige fettsyrer vil være sluttproduktet etter mikrobiell fordøyelse av fôr, som vertsdyret kan utnytte til energi. Hos høytytende melkekyr kan produksjonen av flyktige fettsyrer i vomma tilsvare 6-8 kg per døgn (Sjaastad et al. 2010), hvor dette tilsvarer opp til 80 % av energibehovet.

Absorpsjon av flyktige fettsyrer er viktig for å sikre tilstrekkelig pH (5,5-6,5) i vom, slik at de cellulolytiske bakteriene har gode forhold til vekst og bearbeiding av NDF. Mengdeforholdet mellom de flyktige fettsyrene og pH vil variere gjennom døgnet ut i fra mengde kraftfôr og tildelingsmetode, stivelsekilde i kraftfôr og mengde fiber i rasjonen (Kaufmann 1976). Forsøk har vist at NDF fordøyeligheten blir negativt påvirket allerede ved pH <6,0 (Calsamiglia et al. 2008).

Dersom produksjonen av VFA overstiger absorpsjonen, vil konsentrasjonen av VFA i vomvæska øke. Dette vil redusere pH i vom. Lav pH i vom over en lengre tidsperiode er assosiert med negativt fôropptak og næringsomsetning, lavere mikrobiell syntese og melkefettdepresjon, lavere melkeytelse og til slutt høyere fôrkostnader (Allen 1997; Dijkstra et al. 2011). Absorpsjon av VFA, samt VFA passasje ut av vom er derfor en viktig prosess som har stor betydning for produksjonen og fôreffektiviteten.

Penner et al. (2009) undersøkte blant annet VFA, mengdeforholdet mellom de ulike syrer, samt pH i vom, der forsøksfaktorene var lav konsentrert diett (LK; grovfôr:kraftfôrforhold 92:8) og høy konsentrert diett (HK; grovfôr:kraftfôrforhold 36:64).

Tabell 1 viser totalt innhold av flyktige fettsyrer (VFA) produsert (mM), og en prosentvis fordeling av eddik-, propion- og smørsyre og gjennomsnittlig pH, fra forsøket til Penner et al. (2009).

Tabell 1 Totalt innhold av flyktige fettsyrer (VFA) med prosentvis fordeling av eddik-, propion- og smørsyre, samt gjennomsnittlig pH i vom ved to ulike dietter. Etter Penner, G. B. et al (2009).

	LK ¹	HK ¹
Total VFA, mM	113,7	138,0
Eddiksyre, %	68,6	54,8
Propionsyre, %	17,4	24,2
Smørsyre, %	10,3	15,2
pH vom, snitt	5,90	5,31

¹LK; Lav konsentrert diett og HK; høy konsentrert diett.

Resultatene (Tabell 1) viser at det var en høyere konsentrasjon av flyktige fettsyrer i vomma og høyere andel med propionsyre ved HK diett enn LK dietten. pH gjennom forsøket var lavere hos kyrne på HK dietten.

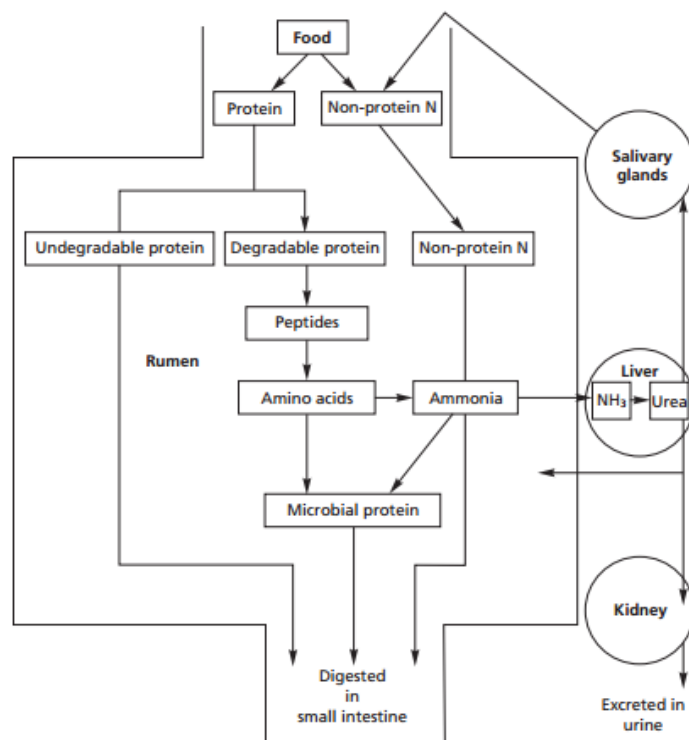
Stivelse er en viktig energikilde for dannelse av propionsyre i vomma (Volden 2011). Lavt innhold av stivelse i en rasjon kan redusere den mikrobielle fermenteringen og svekke syntesen av mikrobeprotein. I en studie utført av Archimède et al. (1997) ble det konkludert med at karbohydratkilden i kraftfôret hadde en stor innflytelse på fordøyelsen og syntesen av mikrobeprotein. Samt det var størst syntese av mikrobeprotein ved 30-40 % kraftfôr i rasjonen. Det er også vist i NorFor (Volden 2011) at den mikrobielle effektiviteten vil være avhengig av mengden stivelse og restkarbohydrater ved gitte fôringssituasjoner.

2.2.2 Protein

Råprotein i fôr kan deles opp i fraksjonene aminosyrer og ikke-protein nitrogen (NPN (Non Protein Nitrogen)) i form av NH₃-N, urea og nukleinsyrer. Analytisk blir innholdet av råprotein normalt bestemt ved analyse av nitrogeninnholdet etter Kjeldahl metoden, eller ved forbrenning (Dumas metode). Nitrogeninnholdet multipliseres deretter med 6,25 for finne mengden aminosyreprotein. Faktoren 6,25 kommer av at aminosyreprotein i gjennomsnitt består av 16% nitrogen.

I grovfôr er mengden råprotein påvirket av plantenes utviklingsstadium, gjødsling og graden av fermentering etter innhøsting (Mo 2005), hvor innholdet av NPN kan være betydelig. Hos enmagede dyr vil ikke dette nitrogenet ha noen proteinverdi, men for drøvtyggere vil dette være en god proteinkilde til vekst og utvikling hos mikrobene i vomma.

Drøvtyggere har behov for aminosyrer til vekst, vedlikehold og produksjon. På samme måte som enmaga dyr, blir aminosyrene tatt opp fra tarmen, og transportert til vevene i kroppen som har behov for dem (Gjefsen 2007). Fôrprotein hydrolyseres til peptider og aminosyrer av vom-mikrobene, men noe av aminosyrene brytes i tillegg ned til organiske syrer, ammoniakk og karbondioksid. Ammoniakken som blir produsert, sammen med enkle peptidbindiger og frie aminosyrer, blir brukt av mikrobene til syntese av eget mikrobeprotein (se Figur 3). Siden proteinomsetningen hos drøvtyggere innebærer at aminosyrer brytes ned og deretter bygges opp til kroppsprotein for mikrobene, vil ikke aminosyreinnholdet være av stor betydning. En drøvtygger kan i praksis føres med en diett bestående av cellulose og urea. Urea består av 46,6 % nitrogen, som vil tilsvare 2913 g/kg råprotein (McDonald et al. 2011).



Figur 3: Fordøyelsen og omsettingen av nitrogenholdige stoffer i vomma. Etter McDonald et al. (2011).

I rasjoner med en høy andel unedbrytbart protein, eventuelt lite fôrprotein, kan konsentrasjon av ammoniakk i vomvæsken komme under 50 mg/liter (McDonald et al. 2011). Dette kan føre til en begrenset syntese av mikrobeprotein, hvor konsekvensen er redusert karbohydratfordøyelse og lav fôreffektivitet.

Dersom proteinnedbrytningen er større enn syntesen av mikrobeprotein vil ammoniakknivået i vomma øke. Ammoniakk vil da bli absorbert inn i blodbanen og transport til leveren for omdannelse til urea. Noe av denne ureaen vil resirkuleres tilbake til vomma via spytt, men den største andelen blir utskilt gjennom urin (Figur 3). Mikrobene fra formagene vil bli ført ut i løypemage og tarm, hvor de sammen med det ikke-nedbrutte fôrproteinene blir fordøyd på tilsvarende måte som hos enmaga dyr.

2.2.3 Fett

Råfett var opprinnelig basert på eterekstrakt, hvor analysen inneholdt alt fett i fôrmidlet. Fett og andre lignende stoffer inngår i gruppen lipider, som er uløselige i vann, men løselig i organiske midler som benzen, eter og kloroform (McDonald et al. 2011). Ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA) skjer analysen av råfett ved bruk av ekstraksjonsmetoden Accelerated Solvent Extraction (ASE) med ekstraksjonsmiddelet *petroleumseter og aceton* (Tingstad 2010).

I planter er det to hovedgrupper lipider, beskrevet som lager- og strukturelle lipider. Lagerlipidene finnes i plantenes frø og korn består i hovedsak av triglyserid, som er bygd opp av tre fettsyrer og et glyserolmolekyl (Volden 2011). De strukturelle lipidene består i hovedsak av galaktolipider og fosfolipider (McDonald et al. 2011). Fettsyrene av totalt lipidinnhold kan være opp til 80-85 % i korn og frø (Danfær et al. 2006). Andelen fettsyrer av totalt lipidinnhold i grovfôr vil være ca. 45 %.

Fordøyelsen av fett skjer ved at galaktolipider (glukolipider) fra grovfôr og triglyserider fra kraftfôr, samt fosfolipider brytes ned til fettsyrer, galaktose og glyserol. Galaktose og glyserol blir brukt som energikilde av mikrobene og omdannes til flyktige fettsyrer, først og fremst propionsyre. Umetta fett blir mettet av mikrobene i vomma, og det vil derfor være svært lite umetta fett som passerer ut i tarmene.

Andelen fett i fôret til drøvtyggerne er relativt lavt, hvor det i normale fôrsituasjoner utgjør 4-6 % på tørrstoffbasis. Surfôr fra gras inneholder rundt 2-3 % fett på tørrstoffbasis, hvor en stor andel av fettene er umetta (Børsting et al. 2003). Fettet fra korn og oljefrø er rikt på umettede fettsyrer som i større mengder vil gi en hemmende effekt på vom-mikrobene. Da spesielt karbohydratfordøyelsen, hvor mikrobeaktiviteten er rapportert å påvirkes negativt ved 100 g umetta fett/kg. TS (McDonald et al. 2011; Shingfield & Garnsworthy 2012).

I kraftfôrrasjoner for høytstående melkekyr kan dette løses ved å tilsette fett i mettet form eller ved å tilsette vom-beskyttet fettsyrer. Dette vil øke energikonsentrasjonen i rasjonen, uten at det får hemmende effekt på vom-mikrobene (Hammon et al. 2008).

2.3 Faktorer som påvirker fôropptak

Drøvtyggerens fôropptak påvirkes av flere ulike faktorer, men kan grovt deles inn i fysisk, metabolsk og psykologisk regulering. Sentralnervesystemet inngår i disse reguleringene (Allen 2014; McDonald et al. 2011). Gjennom den fysiske reguleringen vil strekkreseptorer i vomma gi signaler som begrenser opptaket. Hvor sterke disse signalene er, avhenger av fôrets fordøyelighet, fiberinnhold, nedbrytningshastighet og passasjehastighet og partikkelstørrelse. Den metabolske reguleringen kan føre til at kua slutter å ete selv om vomma ikke er full. Den vil være påvirket av kjemiske signaler i blodbanen som enten hemmer eller stimulerer appetitten. Signalene kommer fra metabolitter i vom eller lever. Signalene påvirkes av konsentrasjonen av VFA, NH₃, pH, frie fettsyrer i blod og hormonstoffer (Nørgaard & Mølbak 2001). Den psykologiske reguleringen avhenger av hvordan fôret er presentert, som smak, lukt, ferskhet ect. Dessuten vil drøvtyggerens appetitt kontinuerlig endres gjennom laktasjonen, på grunn av fysiologiske endringer, der hold og melkeproduksjon er kjent som landtidsregulerende effekter (Ingvartsen & Kristensen 2003).

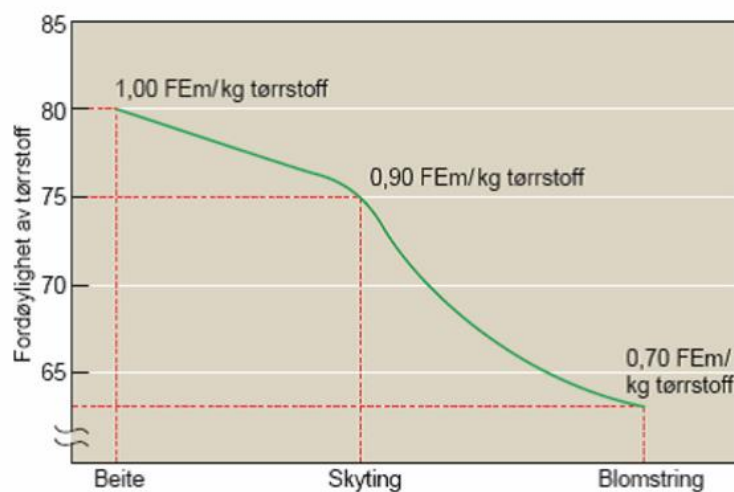
2.3.1 Forhold ved fôret

Grovfôropptaket varierer mye mellom enkeltindivider og fra dag til dag, og er derfor vanskelig å måle presist. I et forsøksfjøs kan grovfôropptak registreres ved hjelp av flere metoder. Manuell veiing av fôrmengder inn og ut av separate fôrkar er en tradisjonell, men arbeidskrevende metode. Et automatisk system for registrering av grovfôropptak er utviklet av det norske firmaet Biocontrol (Rakkestad, Norge). I deres system er det automatisk registrering og styring av grovfôropptaket, ved at hvert enkelt individ har tilgang til spesifikke fôrkar, plassert på veiceller (BioControl 2013). Hver gang kua besøker fôrkaret vil dyrets ID og grovfôropptak bli registret. En enklere metode for å registrere grovfôropptaket er å veie inn fôret på gruppebasis, for så å veie ut rester etter et døgn. Ulempen er at denne metoden ikke gir individuelle variasjoner i opptak. Opptak av grovfôr kan også beregnes ut fra modeller. En slik enkel modell er beskrevet i McDonald et al. (2011), hvor det er antatt 28g TS per kg levendevekt ved normalt opptak og 32 g TS per kg levendevekt i perioder ved høyest opptak.

En av de største faktorene som påvirker fôropptaket vil være fôrets tørrstoffinnhold og innhold av gjæringsprodukter etter fermentering. (Huhtanen et al. 2007; Prestløkken et al. 2007; Randby et al. 2012). I NorFor (Volden 2011) har de benyttet innholdet av NDF og fordøyeligheten av organisk stoff til å beregne fôrets fylleverdi. Denne ligningen korrigerer for eventuelle gjæringsprodukter og innhold av $\text{NH}_3\text{-N}$.

2.3.1.1 Utviklingstrinn og høstetid

Energiverdien i grovfôr vil være avhengig av høstetidspunkt, som vist i Figur 4. Ved begynnende skyting vil energiverdien være på topp, for gradvis reduseres. Dette er knyttet til reduksjon i fordøyeligheten i karbohydratfraksjonen (Mo 2005).



Figur 4: Skjematisk fremstilling av effekten av ulike høstetid ved førsteslått på fordøyelighet og fôrverdi (oppgett som fôrenheter melk (FEm)) av plantemateriale. Etter Mo. (2005).

Nedgangen i fordøyelighet ved økende alder på plantematerialet er i hovedsak et resultat av økende andel strukturdannende karbohydrater. Nedgangen skyldes også blant annet økning i lignininnhold og ligninets evne til å omslutte de strukturdannende karbohydratene cellulose og hemicellulose (Jung & Allen 1995; Mo 2005). På et tidlig beitestadium utgjør celleinnholdet 65 % av den totale plantemassen og celleveggene 35 %. Celleinnholdet er tilnærmet 100 % fordøyelig, slik at dette vil være et fôr med svært høy fôrverdi (Mo 2005).

Eurofins (Moss, Norge) beregner fordøyeligheten av et organisk stoff (OMD) ved hjelp av invitro. OMD-verdien vil gjenspeile den organisk fordøyelige delen av fôret som gir energi og protein til drøvtyggere (Veiledning til analysebeviset 2015). Verdiene vil synke ved utsatt høstetidspunkt. Et grovfôr definert som høyt-fordøyelig vil ha en OMD-verdi på 76,5 (%/TS). Grovfôr definert som medium-fordøyelig vil ha en OMD-verdi på 71,4 (%/TS). Innholdet av

protein anslås til å være 173 g/kg TS og 159 g/kg TS, henholdsvis høyt- og medium-fordøyelig grovfôr.

Energiverdien fôr et fôrmiddel blir i NorFor (Volden 2011) oppgitt som netto energi til laktasjon (NEI), med energibenevnelsen Mega Jule (MJ). NorFor oppgir videre energiverdien for et fôrmiddel, ved en standardisert rasjon på 20 kg TS (MJ NEI20). I NEI20 benevningen vil et høyt-fordøyelig grovfôr være definert til 6,69 MJ/kg TS og medium 6,26 MJ/kg TS.

I et høstetid og fôringsforsøk utført av Randby et al. (2012) ble det funnet at grovfôr høstet svært tidlig (NEI 6,75MJ/kg TS) ga høyere melkeytelsene enn grovfôr høstet på et senere tidspunkt (NEI 5,52 MJ/kg TS). Grovfôret høstet tidlig (NEI 6,26 MJ/kg TS) ga også høyere melkeytelse enn grovfôret som var sent høstet. Randby et al. (2012) kommenter også at økt kraftfôrmengde hos gruppen som fikk grovfôr sent høstet, ikke kunne kompensere for lav fordøyelighet av fôret.

Ved appetittfôring av grovfôr vil fordøyeligheten av organisk stoff påvirke grovfôropptaket i stor grad, som vil ha en direkte konsekvens på energiinntak, grunnet nedbytingshastighet og passasjehastighet ut av vom (Prestløkken et al. 2007). Innholdet av fermenteringsprodukter etter konservering av fôret og fôrets tørrstoff vil påvirke grovfôropptaket betraktelig (Huhtanen et al. 2007; Prestløkken et al. 2007; Randby et al. 2012).

2.3.1.2 Partikkelstørrelse og kuttelengde

Det vil ikke være bare mengden strukturelle og- ikke strukturelle karbohydrater som påvirker fôropptaket. Fôrets partikkelstørrelse vil være avhengig av graden av fysisk påkjenning ved innhøsting, lagring, miksing og utfôring (Heinrichs et al. 1999). Grasetts kuttelengde vil ha en direkte innvirkning på kuas surfôropptak (Mo 2005), og det har blitt observert økt opptak av grovfôr ved reduksjon i kuttelengde helt ned til 1 cm. Fôrets kuttelengde vil for så ha en effekt på spise- og drøvtyggingstid, som igjen vil påvirke spyttproduksjonen, og dermed bufring av syrene i vomma (Heinrichs et al. 1999; Volden 2011). Om fôret høstes inn før begynnende skyting, kan en lav kuttelengde gi mangelfull struktur i fôret, og liten spise- og drøvtyggingstid.

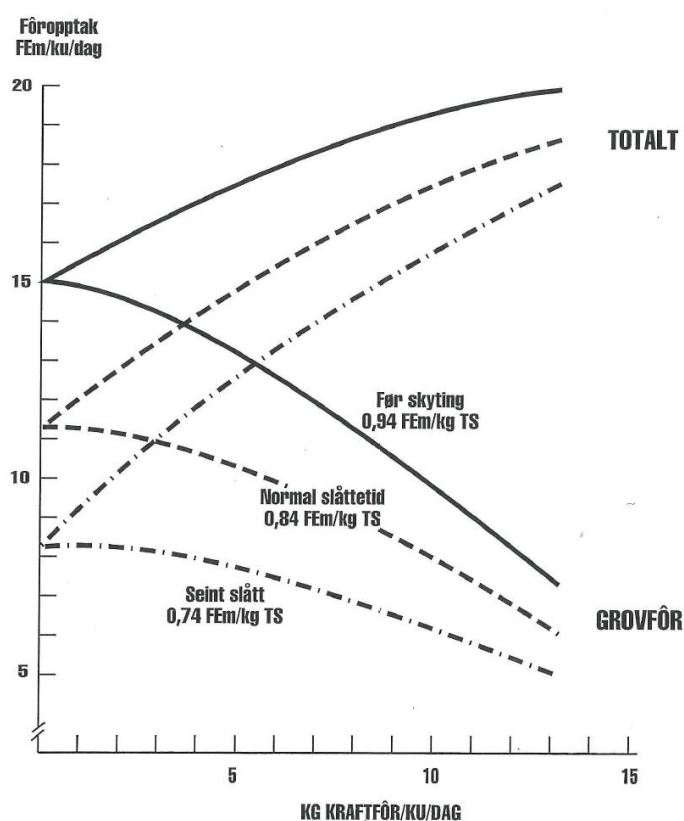
2.3.1.3 Kraftfôr og substitusjonseffekt

I melkeproduksjonen blir kraftfôr brukt for å treffe kuas ernæringsbehov i form av energi og protein. Riktig kraftfôrtildeling vil bidra til opprettholdelse av melkeytelse og begrense en eventuell negativ energibalanse (Dong et al. 2015).

Kraftfôr inneholder vanligvis et høyt innhold av lettfordøyelige karbohydrater, som kan redusere cellulosefordøyelsen og redusere opptaket av grovfôr (Forbes 1995). Dette er kjent som substitusjonseffekten. Tradisjonelt har substitusjonseffekten blitt relatert til effekten av økt andel kraftfôr i rasjonen. Eksempelvis vil en substitusjonseffekt på 0,3 beskrive at grovfôropptaket reduseres med 0,3 kg. TS om kraftfôrmengden øker med 1 kg. TS. I NorFor (Volden 2011) er variasjonen av substitusjonseffekten forklart gjennom endret NDF fordøyelighet i vomma, som en effekt av mengden lettløselige karbohydrater.

Grovfôrets fordøyelighet av organisk stoff kan også indirekte virke som en substitusjonseffekt. I et forsøk av Randby et al. (2011) ble det ikke oppdaget substitusjonseffekt av kraftfôr opp til 8 kg/dag, for melkekyr som hadde tilgang til grovfôr høstet svært tidlig (OMD, saueforsøk, 74,4%). Gruppen på tidlig høstet (OMD, saueforsøk, 70,8%) fikk problemer med substitusjonseffekten allerede ved 4 kg kraftfôr/dag. Huhtanen et al. (2002) fant motsatt effekt. I det forsøket ble grovfôret med høy fordøyelighet påvirket av substitusjonseffekten ved et lavere kraftfôrnivå sammenlignet med grovfôret med lav fordøyelighet.

Figur 5 viser effekten av høstetid på graden av substitusjon ved økende kraftfôrnivå.



Figur 5: Skjematisk framstilling av virkning av grovfôrets høstetidspunkt på substitusjonseffekten ved økende mengde kraftfôr. (Skjævdal et al. 1992).

Figur 5 viser at det vil være en større substitusjonseffekt i rasjoner med grovfôr høstet før skyting enn grovfôr høstet ved normal og sein høstetid. I tillegg til mengde kraftfôr vil tildelingsmetode og karbohydratkilde påvirke graden av substitusjonseffekten.

2.3.2. Forhold ved dyret

Drøvtyggerens grovfôropptak påvirkes av en rekke faktorer. Conrad et al. (1964) konkluderte at det var fysiske og fysiologiske faktorer som regulerte fôropptaket, som igjen påvirket fordøyeligheten av fôret. Ved grovfôr med lav fordøyelighet var det kroppsvekten som reflekterte grovfôrkapasiteten, mens grovfôr med høy fordøyelighet var fôropptaket regulert av metabolsk størrelse og behovet til produksjon.

2.3.2.1 Hold, vekt og alder

Dyrets hold og vekt blitt observert til å påvirke fôropptaket, hvor dyrets vektendring kan kontrolleres ved hjelp av holdvurdering (Enevoldsen & Kristensen 1997; Nielsen et al. 2003). Holdvurdering vil være en subjektiv metode for bestemmelse av mengden underhudsfett og muskulatur, og vil være et uttrykk for kuas energilager (Gillund et al. 2000). En metode for visuell holdvurdering av melkekyr, basert på en scoring metode designet for Holstein kyr (Edmonson et al. 1989), har blitt modifisert og forenklet for å benytte på NRF (Gillund et al. 2000). Holdpoengene gis med en skala fra 1 til 5, hvor 1 er svært tynn og 5 er meget feit. Skalaen er gradert med intervall på 0,25 poeng. I Norge er anbefalt holdpoeng ved kalving 3,25-3,75 (Geno 2014).

Flere forsøk har vist at hold ved kalving og endringene i hold ved begynnelsen av laktasjonen vil påvirke sykdomsfrekvens, fruktbarhet, produksjon og fôropptak (Gillund et al. 2001; Roche et al. 2009; Roche et al. 2013). I perioden fra kalving til maksimalt fôropptak er sjansen stor for at høytstående kyr er i negativ energibalanse. Dette vil tære på holdet, slik at kua går ned i holdpoeng. Friske kyr vil ofte ta igjen tapt hold senere i laktasjonen (Akers 2002).

Holdpoeng lavere enn 3,0 i tidlig laktasjon er assosiert med redusert produksjon og svak fruktbarhet. Holdpoeng >3,5 i tidlig laktasjon er assosiert med redusert fôropptak og melkeproduksjon, samt økt risiko for stoffskiftesykdommer, som melkefeber og ketose. En årsak til at feite dyr har en tendens til å stabilisere, eller i verstefall redusere fôropptaket, er fettavleiring i bukhulen og dermed redusert vomvolum (McDonald et al. 2011). Feite dyr har også et høyere fettsyre-nivå i blodet. Dette påvirker absorpsjonen av flyktige fettsyrer i vomma negativt, som igjen vil føre til en høyere VFA-konsentrasjon og lavere pH i vomma og derav lavere fôropptak (Bines & Morant 1983).

Dessuten er det mulighet for at kua ved første kalving ikke er ferdig utvokst, og trenger derfor energi og protein til vekst i tillegg til vedlikehold, produksjon og drektighet (Kristensen et al. 2003; Nielsen & Volden 2011). Fôropptakspotensiale vil være sterkt korrelert med laktasjonsnummer og levendevekt, hvor eldre og tyngre dyr har et høyere opptak av fôr (Ingvartsen & Kristensen 2003; Krizsan et al. 2014).

2.3.2.2 Laktasjonsstadium

I perioden 2 -3 uker før kalving vil fôropptaket reduseres, og vil være på det laveste ved kalving. I starten av laktasjonen vil det være en økning i fôropptak og melkeytelse, men melkekua har ikke kapasitet til å konsumere tilstrekkelig mengde fôr til å dekke energibehovet (Beerda et al. 2007; Coffey et al. 2002; De Vries & Veerkamp 2000). Fôropptaket vil øke fram til laktasjonsuke 8-22, hvor det vil være på det høyeste (Akers 2002).

2.4 Fôrvurdering til drøvtyggere

Fôrvurdering til drøvtyggere har eksistert lenge. I løpet av de siste århundre har fôrvurderingssystemene blitt utviklet fra å basere seg på enkel additiv beregninger, til nå i dag kunne forklare samspillet mellom dyret, fôrets sammensetting og fôrnivå (Volden 2011).

2.4.1 Energi- og proteinvurdering

Frem til 1993 ble fetningsfôrenheten (FFE) brukt, som baserte seg på fetning av storfe. Problemet med FFE til melkeproduksjon var at effektiviteten i utnyttningen av omsettelig energi til fetning og laktasjon ikke var lik og at den varierte med energikonsentrasjonen i fôret. For å ta hensyn til det ble brukt flere korreksjonsfaktorer for å kunne beregne nettoenergien til melkeproduksjon.

Også i perioden før 1993 ble proteinverdien for drøvtyggere fastsatt ved å benytte informasjon om apparent fordøyelse av råprotein i rasjonen, såkalt fordøyelig råprotein. Mengden fordøyelig råprotein gå dårlig samsvar mellom proteinverdien i fôret og utnyttningen den hadde for dyret.

2.4.1.1 Tradisjonell vurdering

I 1993 ble fôrenheter-melk (FEM) tatt i bruk. I motsetning til FFE baserer FEM-systemet seg på energien til laktasjon og ikke feitning. I så måte ga FEM-systemet en bedre beskrivelse av utnyttningen av energien til melkeproduksjon, men dårlige beskrivelse av utnyttningen av energien til feitning enn FEE-systemet. For energirike fôrmidler som kraftfôr er forskjellen mellom systemene minimal, og 1 FEM er definert som 6900 kJ NEI, tilsvarende 1 kg standard bygg til melkeproduksjon. FEM-systemet baser seg på at fôrmidlene har en fast verdi, slik at fôrrasjonens produksjonsverdi kan fastsettes ved å summere fôrmidlene i en rasjon.

I 1993 ble AAT/PBV-systemet, innført som proteinvurderingssystem i Norge, etter Madsen (1985). Mengden AAT (Aminosyrer Absorbert i Tarm) er avhengig av mengden råprotein konsumert og nedbrytningskarakteristikken av råprotein, samt mengden mikrobielt-protein. PBV- verdien (Protein Balanse Vom) beskriver om fôrmidlet forsyner vomma med tilstrekkelig nitrogen til mikrobiell proteinsyntese, som vil være påvirket av innholdet av fordøyelige karbohydrater i rasjonen. Ved en positiv PBV vil en få en lavere mikrobiell proteinproduksjon enn nedbrutt fôrprotein, og overskuddet omdannes til urea. En negativ PBV indiker en reduksjon i syntese av mikrobeprotein, som vil påvirke NDF fordøyeligheten i negativ retning. Tilsvarende som for FEm-systemet har også AAT/PBV-systemet en additiv og konstant verdi.

2.4.1.2 Moderne fôrvurdering

I 2006 ble det tatt i bruk et nytt formiddelvurderingssystem for storfe, da særlig melkekyr. I NorFor (Volden 2011) vil ikke det enkelte fôrmidlet i en fôrrasjon ha en konstant verdi, men derimot vil produksjonsverdien være avhengig av fôrnivå. For eksempel vil surfôr i rasjon på opptak av 8 kg TS gi en høyere energiverdi sammenlignet med samme rasjon ved opptak av 20 kg TS. Forklaringen til dette er at fôret vil ha en høyere passasjehastighet ut av vom og gjennom tarmkanalen. Dette gir redusert fordøyelse av hovednæringsstoffene og dermed lavere energiverdi.

AAT-verdien vil derimot i en rasjon øke fordi det vil være en mer effektiv syntese av mikrobeprotein av vom-mikrobene. PBV beregnes som forskjellen mellom nedbrytingen av protein og mikrobiell proteinsyntese, hvor det vil være 3 betydelige endringer.

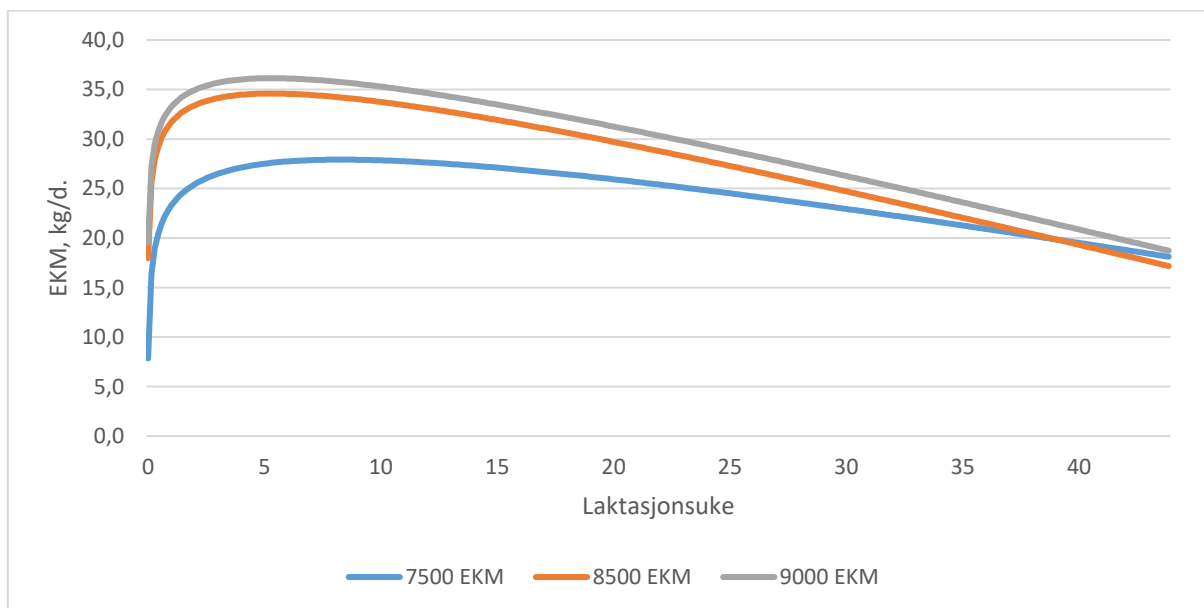
Nedbrytingsgraden av protein vil være avhengig av fôrnivået og den mikrobielle proteinsyntese vil ikke være konstant som det var i det gamle systemet. Det gamle systemet antok at det ble syntetisert 179 g mikrobielt protein per kg fordøyd karbohydrat. PBV-systemet til NorFor beregner dessuten en fast resirkulering av fôrprotein tilbake til vom (4,6 % av protein i dietten; $N \cdot 6,25$).

Siden energi- og proteinverdien av fôret er så sterkt påvirket av fôrnivå er beskrivelsen av energi- og proteinverdien for et fôrmiddel i NorFor standardisert til beregning av verdiene ved et tørrstoffopptak på 8 og 20 kg TS, og et 50/50 forhold mellom en definert kvalitet av grovfôr og kraftfôr i rasjonen.

2.4.2 Fôringsstrategi

Fôring av melkekyr gjøres etter valg av fôringsstrategi, som vil ha en direkte påvirkning laktasjonskurven form. Fôr utgjør ca. 70% av de variable kostnadene i melkeproduksjon (Tine Rådgeving 2012), og kontroll på fôringen er derfor viktig for økonomien.

For å beskrive total melkeproduksjon gjennom en laktasjonsperiode kan dette vises i en laktasjonskurve. Kurvens form er påvirket av genetikk- og miljøfaktorer (Tekerli et al. 2000; Wood 1969). Fôringsrelaterte faktorer som påvirker melkeytelsen vil være kuas energi- og tørrstoffopptak (Briceno et al. 1987). Melkemengden øker relativt raskt de første fire til syv ukene etter kalving (Figur 6), for så å flate ut. Deretter reduseres melkemengden utover laktasjonsperioden, inntil kua sines av (Gjefsen 2007; Olori et al. 1999; Wood 1967). Eldre kyr vil ha en signifikant høyere ytelse enn førstegangskalvende (Hansen et al. 2009; McDonald et al. 2011).



Figur 6: Beskrivelsen av standard laktasjonskurve til henholdsvis 7500, 8500 og 9000 kg energikorrigert melk (EKM) for en 305 dager laktasjon. Laktasjonskurven til 7500 kg EKM er beregnet for førstegangskalvsky, mens de to øvrige er for voksne kyr.

Figur 6 viser laktasjonskurven for førstegangskalvere (blå linje) med en ytelse på 7500 kg EKM og eldre kyr (rød og blå linje) med en laktasjonsytelse på henholdsvis 8500 og 9000 kg EKM (Volden 2011). Beskrivelsen av laktasjonskurven kan gjøres etter flere modeller, hvor enkelte har med flere variabler enn andre (Dijkstra et al. 1997; Wilmink 1987; Wood 1967). Enkelte modeller passer bedre for førstegangskalvere, mens andre passer bedre for eldre, avhengig av produksjonsnivå (Cunha et al. 2010). For eksempel beskriver den ufullstendige

gamma modellen til Wood (1967) laktasjonskurven godt for melkekyr på et medium produksjonsnivå, uavhengig av laktasjonsnivå. I en undersøkelse av Olori et al. (1999) ble det funnet at modellen til Ali og Schaeffer (1987), som benytter polynomial regresjon, beskriver laktasjonskurven bedre enn Wood (1967). I samme undersøkelse ble det funnet at modellen til Wilmink (1987), som benytter en eksponentiell lineær funksjon predikerte budskapsgjennomsnittet best.

Melkeytelsen påvirkes dessuten av antall melkinger per døgn (Patton et al. 2006; Stelwagen 2001). Stelwagen (2001) viste at melkeytelsen økte med 18% ved å øke melkeintervallet fra to til tre ganger daglig, og tilsvarende reduksjon på 20% ved å redusere antallet til en gang per døgn.

Hos melkekyr vil det være en individuell forskjell i daglig melkemengde den første tiden av laktasjonen. André et al. (2010) kommenterer at dette blant annet skyldes individuelle forskjeller i respons på økt kraftfôropptak. I henhold til kraftfôr og mengden produsert melk har forsøk vist at en økning i mengden AAT, i situasjoner med underdekning av energi, gir en økt produksjon av melk og melkeprotein tidlig i laktasjonen (Schei et al. 2005).

Målet med valg av fôringsstrategi vil derfor være å utnytte kuas potensiale for melkeproduksjon ved å tildele fôr i riktig mengde og kvalitet til enhver tid. Uavhengig av valg av fôringsstrategi vil grovfôranalyser være et viktig grunnlag for å treffe målet.

Følgende underkapittel tar for seg de ulike fôringsstrategiene relevant for oppgaven.

2.4.2.1 Fôring etter norm

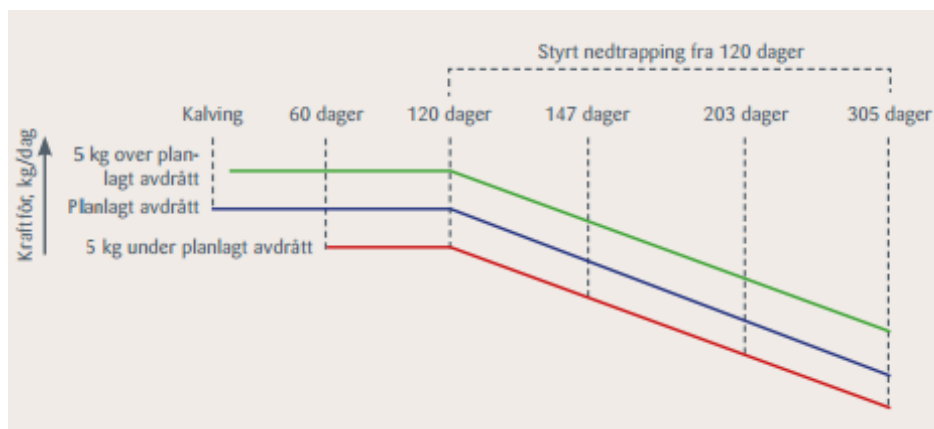
Målet med normfôringen er å kunne utnytte enkeltkyrnes genetiske potensiale for melkeproduksjon, hvor dette baserer seg på å tildele energi og næringsstoff i henhold til en løpende vurdering av behovet (Tine Rådgiving 2012). Prinsippet bygger på månedlige (eventuelt oftere) registreringer av melkeytelse. Ytelseskontrollene danner således et forventet behov av fôr fram til neste kontroll. Kraftfôrbehovet vil derfor være en beregnet differanse mellom forventet opptak av grovfôr og behovet til vedlikehold og melkeytelse.

Svakheten med fôring etter norm er at det krever oppfølging i perioden rett etter kalving, siden ytelsespotensialet til enkeltindividet ikke er kjent. Konsekvensene kan være at dyr i tidlig laktasjon ikke får kraftfôrmengden som de har behov for, og som resulterer i tap av hold

og lavere melkeytelse. En større svakhet med strategien er at den ikke fanger opp tilfeldige svingninger på ytelseskontrollen, og at kua får en kraftfôrmengde beregnet høyere eller lavere enn selve behovet.

2.4.2.2. Fôring etter standard laktasjonskurve

Fôring etter standard laktasjonskurve krever appetittfôring av grovfôr og at kraftfôrnivået er bestemt etter planlagt avdrått for laktasjonsgruppene innad i besetningen (Tine Rådgiving 2012). Fôringsstrategien skal sikre at besetningens optimale ytelsesnivå oppnås, etter en økonomisk vurdering. Prinsippet bygger på at høytstående kyr vil kompensere for manglende kraftfôr gjennom et økt opptak av grovfôr. Figur 7 viser hovedprinsippene bak justeringen av kraftfôrmengde etter en standard laktasjonskurve for en gitt ytelsesklasse.



Figur 7: Prinsippene for justering av kraftfôr etter standard laktasjonskurve (Tine Rådgiving 2012).

Den blå linjen i Figur 7 viser kraftfôrnivå for en planlagt avdrått, eksempelvis 8500 kg EKM. I løpet av de første 60 dagene (Olori et al. 1999) vil de fleste kyrne oppnå maksimal dagsavdrått, og det vil være lite hensiktsmessig å nedjustere mengden kraftfôr i starten av laktasjonen (Tine Rådgiving 2012). Etter 60 dager ut i laktasjonen kan en justere kraftfôrnivået for dyr som avviker den planlagte avdrått. For høytstående kyr løses dette med å justere opp kraftfôrmengden, og for kyr med lavere ytelse justeres mengden ned (grønn og rød linje i Figur 7). Fôringsstrategien fanger opp normalt 1500 +/- kg EKM fra det planlagte ytelsesnivået, og vil derfor ta hensyn til variasjonen i en besetning. Etter dag 120, og utover i laktasjonen vil mengden kraftfôr justeres forsiktig ned, fram mot sining.

2.4.2.3 Dynamisk fôring

Et dynamisk fôringsregime kan beskrives om en fôrings situasjon, der kraftfôrtildelingen daglig endres, i henhold til respons til melkeproduksjon (André et al. 2007). Fôringsstrategien er allerede tatt i bruk i Nederland, der den daglige kraftfôr rasjonen beregnes ut fra meryting siste døgn ut i fra sist tildelte kraftfôrmengde (Von Gool 2010). Kraftfôr rasjonen blir også vektet mot melkepris og kraftfôrpris. Om kraftfôrprisen er høy i forhold til melkepris, vil algoritmen bak fôringsstrategien justere ned kraftfôrmengden, slik at kua øker grovfôropptaket, og omvendt. Prinsippet med dynamisk fôring er å kontrollere dagsytelsen opp mot den mest økonomiske kraftfôrtildelingen. Økonomien i melkeproduksjoner avhenger av en positiv balanse i pris mellom produkt og fôrkostand. En dynamisk modell som beregner respons på kraftfôrnivå i henhold til melkeytelsen, kan være med å øke lønnsomheten i produksjonen (André et al. 2010). André et al. (2009) har tidligere kommentert at modellen kunne gjøres bedre ved å benytte informasjon om surfôropptak og levendevekt. Siden surfôr og vekt ikke inngår i modellen, kan opptaket av kraftfôr øke relativt raskere enn surfôropptaket, eller at kraftfôropptaker utgjør en større andel av totalrasjonen (Meijer & Peeters 2010). Dyrevekt vil være enkelt å installere i et gårdsbruk, men det faktiske surfôropptaket kan være vanskelige å bestemme.

3.0 Materiale og metode

3.1 Forsøksdyr

Forsøket ble gjennomført ved Senter for Husdyrforsk (SHF), NMBU Ås i perioden august 2016 til april 2017. I alt 64 kyr av NRF (Norsk Rødt Fe) inngikk i forsøket, fordelt på 24 førstegangskalvere, 16 andregangskalvere og 24 eldre kyr. Kyrne ble satt inn i forsøket 7 dager før forventet kalving og var med fram til 120 dager ut i laktasjon. Før kalving ble kyrne gruppert etter laktasjonsnummer (1., 2. og eldre kyr) og ble fordelt på de ulike forsøksfaktorene med loddrekning. Alle kyrne var også delt inn i to ulike avlslinjer fra tidligere forsøk. Hvor den ene linjen kjennetegnes som høyt produserende (høy linje), og den andre kjennetegnes med å ha lavere produksjon og sykdomsfrekvens (frisk linje) (Heringstad et al. 2007).

Kyrne ble oppstallet i SHF løsdriftsavdeling, hvor det er «styrt ku-trafikk». Det vil at kyrne ble styrt enten til venteområdet før melkeroboten (DeLaval, Sverige), eller kraftfôrområdet. For å komme til venteområdet måtte kyrne ha melketillatelse, hvor dette var avhengig av tid siden forrige melking i henhold til laktasjonsnummer.

3.2 Forsøksfaktorer og fôring

Forsøksfaktorene var to ulike kvaliteter av surfôr, hvor surfôr kvalitet «tidlig høstetid» var høstet 1 uke før begynnende skyting. Surfôr kvalitet «normal høstetid» var høstet ved begynnende skyting. Innen surfôr kvalitet var det to fôringsregimer, der det ene regime fulgte en standard laktasjonskurve i henhold til NorFor (Volden 2011). Det andre regimet var dynamisk, der kraftfôrtildelingen ble justert løpende etter registret produksjon, og opptak av surfôr og kraftfôr.

De to forsøksgruppene og de fire leddene var:

Gruppe H: Høy kvalitet surfôr og høy fordøyelighet

- Ledd 1: Statisk fôrtildeling etter standard laktasjonskurve.
- Ledd 2: Dynamisk fôrtildeling med utgangspunkt i ytelsen.

Gruppe M: Medium kvalitet surfôr og medium fordøyelighet

- Ledd 3: Statisk fôrtildeling etter standard laktasjonskurve.
- Ledd 4: Dynamisk fôrtildeling med utgangspunkt i ytelsen.

En uke før forventet kalving ble kyrne satt på de respektive kvalitetene av surfôr. Med utgangspunkt i de to kvalitetene surfôr ble det beregnet fôrplaner for ytelsesklasser på 7500 kg energikorrigert melk (EKM) for førstegangskalvende, 8500 kg EKM for andregangskalvende og 9000 kg EKM for eldre dyr.

Innen ytelsesklasse var kraftfôrtildelingen fra én uke før kalving og frem 21 dager etter kalving lik både for de statiske og dynamiske gruppene. Mengden kraftfôr ble beregnet etter standard laktasjonskurver i NorFor basert på de surfôr kvalitetene. Kraftfôrmengden ved kalving var 2 kg/dag for alle kyr. Opptrapping av kraftfôr fra dag 1 etter kalving var 0,5 kg/dag fram til planlagt nivå ved dag 21 (Tabell 2), hvor det var ulikt nivå mellom høstetidene og laktasjonsgruppene.

Tabell 2: Planlagt kraftfôrnivå (kg/dag) i henhold til høstetid og laktasjonsgruppe.

Laktasjonsgruppe	Høstetid Tidlig	Høstetid Normal
Førstegangskalvende	7,0	9,6
Andregangskalvende	10,1	12,8
Eldre kyr	10,7	13,6

De statiske leddene fulgte kraftfôrtildelingen basert på standard laktasjonskurve fram til avslutningen av forsøket på dag 120 ut i laktasjonen. Fra 21 dager etter kalving ble fôrrasjonen hos de dynamiske leddene beregnet ut fra energibehov til produksjon av energikorrigert melk (EKM) og energibehov til vedlikehold, sett opp imot inntak av energi fra surfôr og kraftfôr. Behovene for energi ble beregnet som angitt i NorFor (Volden 2011). Innholdet av energi i surfôr ble basert på NEI20 verdier oppgitt fra Eurofins (Moss, Norge) for surfôrprøver i september og oktober. Surfôrets tørrstoff ble korrigert etter fast faktor for tap av flyktige komponenter ved tørking. Opplysninger om kraftfôret ble basert på oppgitt innhold av NEI20 fra produsenten. Kraftfôret var *Formel Energi Premium 70* fra Felleskjøpet (FK Agri, Lillestrøm, Norge). Basert på disse opplysningene, ble tildelingen av kraftfôr justert ukentlig etter et 7 dagers glidende gjennomsnittlig behov for kraftfôr. Det ble ikke justert før fôrbehovet endret seg med minimum 5 % i forhold til forrige endring. Justeringen ble gjort konservativt ved at endringer inntil 0,5 kg ble tatt over 10 dager, endringer mellom 0,5 og 1,0 kg over 14 dager, og endringer på mer enn 1 kg over 21 dager, i forhold til kraftfôrnivået på justeringsdag.

Fôret ble høstet på to ulike steder i Ås kommune, og det ble tilsatt ensileringsmidlet GrasAAT Pluss (ADDCON Nordic AS, Porsgrunn, Norge).

Tabell 3 viser høstedata, høstested, høstetid i henhold til forsøket, antall rundballer og tørrstoffinnhold ved pakking.

Tabell 3: Høstedata, høstested, høstetid, mengde, og tørrstoffinnhold i surfôret.

Høstedata	Høstested	Høstetid	Antall rundballer	Tørrstoffinnhold, %
31. mai 2016	Vollhaugen	Tidlig	175	22
1. juni 2016	Sørås NLH	Tidlig	152	25
9. juni 2016	Vollhaugen	Normal	156	35
9. juni 2016	Sørås NLH	Normal	107	49

Tabellen viser at høstetid normal ble høstet 9-10 dager etter høstetid tidlig. Tørrstoffinnholdet på høstetid tidlig har en mer lik verdi mellom høstested. Høstetid normal har en større variasjon i tørrstoffinnhold mellom høstested.

Surfôret ble blandet i SHF fullfôrmikser, av merket «Siloking» (Kverneland Group, Norge). Det ble brukt to baller innad i høstetid ved blanding av fôret, og det ble tilsatt mineralmiks, der mengde og type var sett opp i forhold til surfôrets næringsinnhold. Høstetid normal (Tabell 3) ble tørrere enn ønsket, slik at ved blanding av fôret ble det tilsatt ca. 200 liter vann. Sluttproduktet av blandingen inneholdt 35-36 % tørrstoff. Blanding av surfôr foregikk i samsvar med fôrbehovet, omtrent annenhver dag.

Surfôrtildelingen skjedde med SHFs hjullaster i totalt 46 fôrkar, hvor det var 23 fôrkar for hver surfôr kvalitet. Kyrne ble fôret to ganger daglig. Hver mandag ble fôrkarene tømt, rengjort og kalibret. På torsdager ble fôrkarene tømt.

Kraftfôrtildelingen skjedde i tre frittstående kraftfôrautomater, med bakport, av merket DeLaval, samt ved melking i melkeroboten.

3.3 Registeringer og prøvetaking

Det ble tatt ut prøver av begge surfôrkvalitetene tre ganger i uken for bestemmelse av tørrstoff. Ved samme tidspunkt ble det tatt ut 1 kg råprøve som ble merket med dato og høstetid, som ble lagret på fryserom. For perioden september 2016 til januar 2017 ble prøvene innad i måned og høstetid ble blandet sammen for uttak av representativ prøve til analyse hos Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA, NMBU).

Fôrkarene var plassert på veieceller, som veide mengden grovfôr før og etter et besøk, der registrert opptak av fôr ble en differanse. Kyrne fikk kun tilgang til den surfôrkvalitet de tilhørte, hvor portene åpnet om ID stemte med innstillingene på portene.

Mengden konsumert kraftfôr i kraftfôrautomat og melkerobot ble registret som den mengden som systemet matet ut.

Hver uke gjennom forsøksperioden, frem til laktasjonsdag 90, ble det tatt ut melkeprøver tre ganger, som var konserverte med bronopol. Prøvene var på totalt 70 ml. Glasset med prøvene ble varmet opp i vannbad til 39 grader. Prøven ble så ristet og fordelt på 40 ml. ola-beger, og sendt med melkebil til Heimdal for analyse av stofflig innhold. 10 ml. av prøven ble overført til sentrifugeglass for analyse av progesteron. Resterende mengde av prøven ble sendt til NOFIMA (Ås, Norge) for FTIR- analyse.

Det var installert en dyrevekt etter melkeroboten. Etter melking gikk melkekyrner inn i vekten hvor de måtte vente 10 sekunder før de hadde mulighet til å gå ut. Systemet registrerte vekt etter hvert besøk i roboten, og beregnet et daglig gjennomsnitt.

I melkeroboten var det lagt inn begrensninger i henhold til melkeintervall. Dette ble styrt etter tid siden forrige melking og forventet melkemengde, i henhold til laktasjonsnummer.

3.4. Innhenting av data fra forsøksperioden

Datagrunnlaget for melkeytelse, konsumert grovfôr, konsumert kraftfôr og levendevekt ble hentet fra rapportsystemet til Senter for Husdyrforsk. Datainnsamlingen startet 26. august 2016 og ble avsluttet 3. april 2017.

Melkeanalysene fra TINE (Heimdal, Norge) og opplysninger om fôret ble manuelt overført til et Excel regneark. Verdier for fettprosent i melk og dyrevekt som hadde unormalt stort avvik i forhold til forventingene ble slettet.

Videre ble alle opplysningene importert inn i statistikkprogrammet SAS 9.4 som koblet sammen rådataopplysningene med riktig dato.

Av årsaker som uegnet forsøksdyr og sykdom ble 7 av dyrene byttet ut med reserve dyr. Dyr som ikke fullførte forsøksperioden ble ekskludert fra datasettet.

En nærmere oversikt over antall kyr i de ulike forsøksgruppene, og planlagt avdrått er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Oversikt over antall kyr fordelt på laktasjonsgruppe og forsøksgruppe.

Laktasjonsgruppe	Forsøksgruppe				Sum
	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	
Førstelaktasjon, 7 500 kg EKM ¹	5	6	6	5	22
Andrelaktasjon, 8 500 kg EKM ¹	4	4	4	4	16
Eldre kyr, 9 000 kg EKM ¹	6	6	6	5	23
Sum	15	16	16	14	61

¹EKM; Energikorrigert melk.

I undersøkelsen ble 61 av opprinnelig 64 dyr brukt videre i beregningene. Innad i surfôr kvalitet var det 31 kyr på surfôr kvalitet tidlig, og 30 kyr på surfôr kvalitet normal. Prosentvis fordeling av laktasjonsgrupper var det 36,1% førstegangskalvere, 26,2 % andregangskalvere, og 37,7 % eldre kyr.

3.5 Bearbeiding av data og statistiske analyser

Grunnet store daglige variasjoner i data for melkeproduksjon, opptak av grovfôr og til dels for opptak av kraftfôr ble det brukt en «glatte-modell» i statistikk-programmet SAS (SAS, versjon 9.4, SAS institute Inc., Cary, North Carolina, USA) for å stabilisere resultatene. Modellen «Legendre-polynom» ble benyttet på rådata for å gi den beste tilpasningen og predikere manglende observasjoner. Modellen ble også benyttet for data for fett-, protein- og laktoseinnhold i melk, samt dyrevekt.

Glattingsmodell

$$Y_{ij} = \mu + \beta_1 \cdot LEG_1 + \dots + \beta_x \cdot LEG_x + \beta_{0i} \cdot LEG_0 + \dots + \beta_{zi} \cdot LEG_z + e_{ij}$$

hvor Y_{ij} = observasjoner av variablene beskrevet ovenfor, fra dag 5 til 120 i laktasjonen; μ er gjennomsnittet; β_1, \dots, β_x er fixed regresjonskoeffisienter av orden 1 til x for Legendre polynomer (LEG) for den gjennomsnittlige kurven; $\beta_{0i}, \dots, \beta_{zi}$ er random regresjonskoeffisienter av orden 0 til z for individuelle kyrs avvik fra gjennomsnittskurven.

$$\text{Antar } \sim N \left(\begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_{\beta_0}^2 & \cdots & \sigma_{\beta_0\beta_z} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{\beta_0\beta_z} & \cdots & \sigma_{\beta_z}^2 \end{pmatrix} \right), \text{ og } e \text{ er tilfeldig feil for } j\text{-te observasjon til } ku_i.$$

Heterogen varians ble estimert for hver ku (n=61).

Riktig antall polynom til fixed-LEG modellen ble bestemt av siste LEG lagt til i modell som ga signifikant effekt ($p < 0,05$). Riktig antall polynom til random-LEG i modellen ble funnet ved bruk av Bayesian Information Criterion (BIC).

Summering og gjennomsnitt

Data for EKM, opptak av grovfôr og kraftfôr ble summert for å finne total ytelse og fôropptak for perioden 5-105 DIM. Variable vekt, vektendring, kg kraftfôr/100 kg EKM ble beregnet som gjennomsnitt for perioden 5-120 DIM. Figurene i undersøkelsen er laget i regnearkprogrammet Microsoft Excel ©, basert på verdier beregnet i SAS.

Variansanalyse

Responssparameterne ble undersøkt statistisk ved hjelp av MIXED prosedyren i SAS (SAS, versjon 9.4, SAS institute Inc., Cary, North Carolina, USA) etter følgende formel;

$$Y_{ij(kl)} = \mu + \tau_i + S_j + \beta_{kl} + e_{ijkl}$$

Der Y_{ij} er den undersøkte parameteren; μ er gjennomsnittet; τ_i er fast effekt av gruppe ($i=1,2,3,4$; Statisk tidlig, dynamisk tidlig, statisk normal, dynamisk normal); S_j er fast effekt av fôrklasse ($j=1,2,3$; Første-, andregangskalvere, eldre kyr). β_k er en gjentak av dager i melk innen ku $\beta_{.l}$ ($k=5\dots, 105, l=kunr$); e_{ijkl} er tilfeldig feil.

Det ble valgt en autoregressivressiv kovariansstruktur for dager innen ku, med ku som tilfeldig effekt og dager som gjentak. Beregningsmetoden benyttet var REML og alle middeltall ble beregnet som least square means (LSMeans), med standardfeil (SEM).

Parameterne ble også testet på dag 25, 50 og 100 i laktasjonen, men da ble effekten av dag og ku fjernet fra modellen. Signifikansnivået var $P < 0,05$ om ikke annet oppgitt.

Kontraster

Forskjellene mellom fôringsregime og høstetid ble testet ved hjelp av kontrastkommandoen i SAS og prosedyren «Mixed». Gruppe og fôrklasse er faste effekter beregnet ved pdiff statmentet under LSMeans. Forskjellen mellom gruppene ble vurdert som statistisk signifikante ved $p < 0,05$, mens det ble vurdert som en statistisk tendens ved $p < 0,10$.

Beregninger

Vedlikeholdsbehovet ble beregnet etter følgende formel;

Formel 1;

$$NE_{vedlikehold} = 0.29256 * BW^{0.75} * NE_{bevegelse}$$

Vedlikeholdsbehovet i NorFor (Volden 2011) er basert på undersøkelser av Van Es (1978), hvor det korrigeres for om dyret er oppstallet på bås, eller om det er oppstallet i løsdrift. I forsøket var melkekyrne oppstallet i løsdrift, slik at korrigeringsfaktoren ble 1.1.

Det vil være stor variasjon i energiinnhold i melk (Kristensen et al. 2003), og energibehovet for melkeproduksjon er basert på produksjon av energi korrigert melk (EKM), som kan kalkuleres fra følgende formel etter Sjaunja et al. (1991) ;

Formel 2;

$$EKM = MY * 0.01 + 0.122 * \frac{f_{melk}}{10} + 0.077 * \frac{p_{melk}}{10} + 0.053 * \frac{l_{melk}}{10}$$

Hvor MY er daglig melkemengde i kg/dag, f_{melk} , p_{melk} og l_{melk} er mengden fett, protein og vannfri laktose i melk, oppgitt i g/kg melk (Sjaunja et al. 1991; Åkerlind et al. 2011).

Ved beregning av energi til produksjon av EKM ble følgende formel benyttet:

Formel 3;

$$NEl_{melk} = EKM * 3.14$$

Der NEl_{melk} er energibehovet i MJ/dag per kg EKM.

Ved beregning av deponering av energi, ble det faktoren 31 MJ per kg endring i kroppsvekt benyttet (NEl_{dep}). Ved mobilisering ble faktoren 24,8 MJ per kg negativ vektendring benyttet (NEl_{mob}).

For førstegangskalvende ble det i tillegg beregnet en gjennomsnittlig daglig tilvekst på 400 g/dag, hvor dette ble implementert i beregning av energibehov i undersøkelsen.

Formel 4;

$$NEl_{gain} = 0,00145 * BW + 12,48 * \frac{400}{1000} + 0,68$$

Der NEl_{gain} er daglig energibehov for tilvekst for førstegangskalvere, i ML/dag, BW er levendevekt i kg.

Ved å summere konsumert energimengde og deretter dividere det på kuas energibehov, vil dette kunne gi en antydning om hvordan energibalansen er i henhold til laktasjonsdag. I NorFor (Volden 2011) beregnes den etter følgende formel:

Formel 5;

$$NEL_{bal} = \frac{NEL * 100}{NE_{maint} + NEL_{milk} + NEL_{gain} + NE_{gest} + NEL_{dep} - NEL_{mob}}$$

Der NEL er netto energi laktasjon, NE_{maint} , er nettoenergi til vedlikehold, NEL_{milk} er nettoenergi til melkeproduksjon, NEL_{gain} er nettoenergi laktasjon tilvekst, NE_{gest} er nettoenergi fosterproduksjon, NEL_{dep} er nettoenergi ved deponering av fett og NEL_{mob} er netto energilaktasjon til mobilisering av fett.

Det ble ikke tatt hensyn til energibehov for fosterproduksjon, siden det i praksis ikke vil være behov for ekstra energi de første 150 dagene av drektighet (Volden 2011).

Ved tørrstoffbestemmelse vil en del av de flyktige komponentene i surfôret fordampe. Dette ble korrigert med følgende formel, etter Volden (2011):

Formel 6;

$$DM_{corr} = 0,99 * DM_{uncorr} + 10$$

Der DM_{uncorr} er fôrets innhold av tørrstoff før korrigerings.

Beregning av kg EKM per kg TS konsumert ble gjort følgende:

Formel 7;

$$Fôreffektivitet = \frac{kg EKM}{kg TS}$$

Der kg EKM er kg energikorrigert melk, kg TS; samlet opptak av surfôr og kraftfôr i kg tørrstoff.

Beregning av kg kraftfôr/100 kg EKM ble gjort følgende:

Formel 8;

$$kgKr.fôr pr 100 kg EKM = 100/kgEKM * kg kraftfôr$$

Der kg EKM er energikorrigert melk produsert per dag, og kg kraftfôr er konsumert kraftfôr, råvekt, per dag.

NorFor (Volden 2011) har en modell som beregner om kua spiser det den har kapasitet til (IC_{cow}), i forhold til fôrets fylleverdi (FV_{intake}). Denne har nylig blitt revidert, og er ikke beskrevet i NorFor (Åkerlind 2017).

$$IC_{cow} = FV_{intake};$$

Kuas inntakskapasitet beregnes etter følgende formel;

Formel 9;

$$IC_{cow} = a * DIM^{0,134} * \exp^{c * DIM} - DIM^{-0,003} + 0,091 * (EKM + \left(\frac{NEl_{mob} + NEl_{dep} * h}{3,14} \right) + (BW - f) * g$$

Der IC_{cow} er inntakskapasiteten for lakterende ku (FV/dag), faktorene a, c, h, og f er regresjonskoeffisienter for enten første laktasjon eller eldre kyr; DIM, dager i melk; EKM; energikorrigerert melk (kg/dag); NEl_{mob} er energi fra mobilisert kroppsfett (MJ/dag); NEl_{dep} er energibehovet til deponering av kroppsfett (MJ/dag); BW, er levendevekt (kg). For kyr i løsdrift ble det korrigerert med faktoren 0,15 grunnet bevegelse.

Fylleverdien for fôrmidler, hvor det korrigeres for innhold av fermenteringsprodukter og NH_3-N , ble beregnet etter følgende formel;

Formel 10;

$$FV_{corr} = \frac{0,86 - OMD * 0,005}{0,94 + 0,56 * \exp^{-0,00029 * \left(\frac{NDF}{10}\right)^{2,9}}} * \left(1 - \left(\frac{-0,000531 * ((TAF)^2 - 6400)}{100} + \frac{-4,765 * \ln(NH_3N) - \ln(50)}{100} \right) \right)$$

Der OMD er andelen fordøyelig organisk materiale i %; NDF er fôrets innhold av NDF (g/kg TS); TAF er total innhold av fermenteringsprodukter i ensilert surfôr (g/kg TS); NH_3N er mengden ammoniakk nitrogen i ensilert fôr (g/kg N). Dersom innholdet av TAF er mindre enn 80 g/kg TS, skal verdien 80 benyttes. Dersom innholdet av NH_3N er lavere enn 50, skal verdien 50 nyttes. Korrigeringsfaktoren for TAF og NH_3N blir da 1.

For å beregne fôrets fylleverdi av det daglige opptaket av fôr (FV_{intake}), ble følgende formel benyttet;

Formel 11;

$$FV_{intake} = \sum DMI_i * 0,22 + \sum DMI_j * FV_j * FV_{subR} + FV_{MR}$$

Der DMI_i er opptaket av kraftfôr (kg TS/dag), multiplisert med en fast faktor for fylleverdi på kraftfôr (0,22); DMI_j er daglig opptak av surfôr (kg TS/dag); FV_j er surfôrets fylleverdi; FV_{sub} er effekten av substitusjon i fôrrasjonen; og FV_{MR} er en faktor for metabolsk regulering av fôropptaket.

Substitusjonseffekten ble beregnet etter følgende formel;

Formel 12;

$$FV_{subR} = 0,97 + 5,62 * \left(\frac{ST_{SU_{DM}}}{1000} - 0,2119 \right) * 0,1 - 0,1932 * \left(\frac{ST_{SU_{intake}}}{1000} - 5,122 \right) * 0,05$$

Der $ST_{SU_{DM}}$ er andelen av sukker og stivelse i dietten (g/kg TS); $ST_{SU_{intake}}$ er inntaket av sukker og stivelse (g/TS dag).

Effekten av metabolsk regulering ble beregnet følgende;

Formel 13;

$$FV_{MR} = 1,453 - \frac{2,530}{1 + \exp((0,466 - FV_r)/0,065)}$$

Der FV_r fylleverdien av surfôret benyttet i rasjonen.

For å beregne om kua konsumertete en fôrmengde tilsvarende beregnet inntakskapasitet ble dette gjort etter følgende formel;

Formel 14;

$$\text{Beregnet inntakskapasitet av fylleverdi rasjon (\%)} = \frac{FV_{intake}}{IC_{cow}} * 100$$

Der FV_{intake} er fôrrasjonens fylleverdi, beregnet etter formel 11; IC_{cow} er kuas beregnede inntakskapasitet etter formel 9. Sluttproduktet av formelen forteller om kua har konsumert mer fôr enn dens beregnede inntakskapasitet (>100%), eller mindre enn beregnet kapasitet (<100%).

4.0 Resultat

4.1 Kjemisk innhold og næringsverdi i fôr

Kjemisk innhold for surfôr av tidlig og normal høstetid og for kraftfôr er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Kjemisk innhold for surfôr ved tidlig og normal høstetid analysert ved IHA. Gjæringsprodukter og energi- og proteinverdivurdering er fra Eurofins.

Kjemisk innhold	Tidlig høstetid	Normal høstetid	Kraftfôr
Tørrstoff ¹ g/kg	261 ±23,5	359±10,2	878
Aske, g/kg TS	75±2,5	62±1,9	78
Råprotein, g/kg TS	151±6,9	127±5,8	277
Råfett, g/kg TS	31±1,9	27±1,9	65
aNDFom ¹ , g/kg TS,	579±7,1	614±7,6	179
iNDF, g/kg NDF	134±59	206±32	206
Stivelse, g/kg TS			289
Restfraksjon ³ , g/kg TS	164±7,4	173±4,7	162
Sukker, g/kg TS			87
Gjæringsprodukter			
Melkesyre ⁴ , g/kg TS	64,0±2,8	38,5±9,2	
Eddiksyre ⁴ , g/kg TS	25,0±0,0	17,0±8,5	
pH ⁴	4,43±0,2	4,30±0,1	
Ammonium (NH ₄ -N) ⁴ , g/kg N	60,0±2,8	36,5±4,9	64
Energi- og proteinverdivurdering			
OMD ⁴ (%)	80,3±1,6	71,9±5,6	
NEL20 ⁴ , MJ/kg TS	6,75±0,0	6,18±0,0	7,53
AAT20 ⁴ , g/kg TS	80,5±2,1	77,0 ±2,83	163
PBV20 ⁴ , g/kg TS	42,5±2,1	9,0±24,0	41

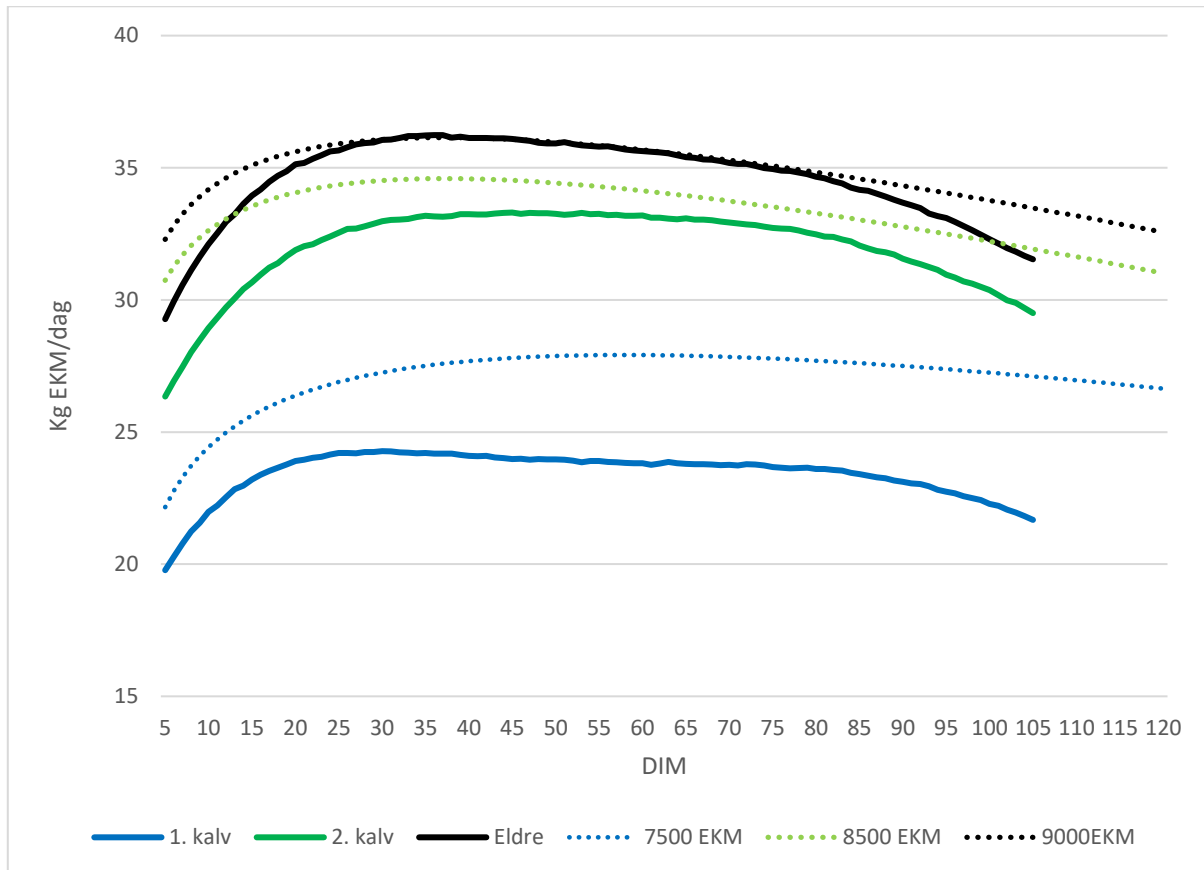
¹Tørrstoffbestemmelse for perioden september til mars. ² Amylasebehandlet og askekorrigert NDF. ³Rest: 1000-aske – råprotein – råfett – aNDFom - stivelse. ⁴Analysert fra september og oktober (surfôr).

De to surfôrkvalitetene (Tabell 5) skilte seg fra hverandre i tørrstoffinnhold, med 98 gram/kg. Innholdet av råprotein var 151 g/kg TS ved tidlig høstetid og 127 g/kg TS ved normal høstetid. For NDF- og iNDF-innhold var innholdet høyest for normal høstetid. Tidlig høstet surfôr viste høyest OMD (80,3% mot 71,9%) og høyere innhold av energi, beregnet som NEL20 (6,75 mot 6,18 MJ/kg TS) sammenlignet med normalt høstet surfôr.

4.2 Melkeproduksjon

4.2.1 Energikorrigert melk etter laktasjonsgruppe

Figur 8 viser observert (heltrukken linje) og planlagt (dottet linje) produksjon av EKM fordelt på førstegangskalvere (blå), andregangskalvere (grønn) og eldre kyr (svart).

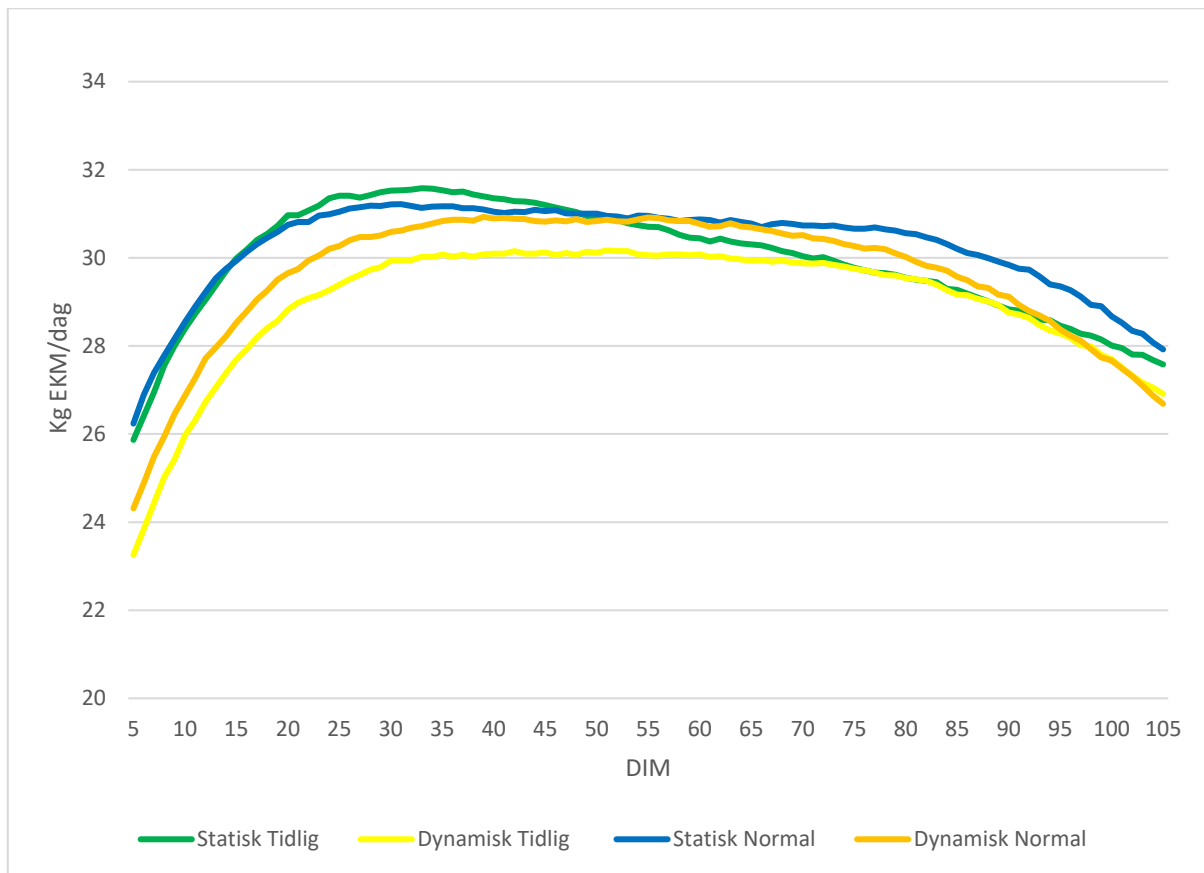


Figur 8: Observert produksjon av energikorrigert melk (EKM) (heltrukken linje) og planlagt produksjon (dottet linje) fordelt på laktasjonsgruppe 1., 2. og eldre kyr etter dager i melk (DIM).

Figuren viser at ingen av laktasjonsgruppene produserte opp mot planlagt produksjon. Størst avvik var det for førstegangsklavende. Gjennomsnittlig ytelse i EKM per dag var 23,4, 32,0 og 34,6 kg. for henholdsvis 1., 2., og eldre lakterende kyr. Dyr i andre laktasjon og eldre kyr hadde en signifikant ($p < 0,05$) høyere produksjon av EKM sammenlignet med kyr i 1. laktasjon. Det var ikke signifikant forskjell ($p > 0,05$) mellom 2. laktasjon og eldre.

4.2.2 Energikorrigert melk etter forsøksgrupper

Figur 9 viser produksjonen av EKM fra 5-105 DIM for forsøksgruppene.



Figur 9: Observert produksjon av energikorrigert melk (EKM) etter forsøksgruppene fra 5 til 105 dager i melk (DIM).

Figuren viser at de statiske gruppene (grønn og blå linje) følger hverandre til dag 20, hvor de deretter skilles. De dynamiske gruppene (gul og oransje linje) har samme differanse fram til laktasjonsdag 70. Differansen blir så mindre innad i fôringsregime dynamisk.

Melkeproduksjonen var høyest ved 25 DIM for statisk fôringsregime, og ved 35 DIM for dynamisk fôringsregime. Det statiske fôringsregime produserte 162 kg mer enn dynamisk fôringsregime i perioden 5-105 DIM.

Tabell 6 viser observert energikorrigert melk (EKM) ved 25, 50 og 100 dager i melk, samt som et gjennomsnitt for dag 5 til 105 i laktasjonen, fordelt på forsøksgruppene.

Tabell 6: Produksjon av energikorrigert melk (LSMeans, kg/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5 til 105 DIM.

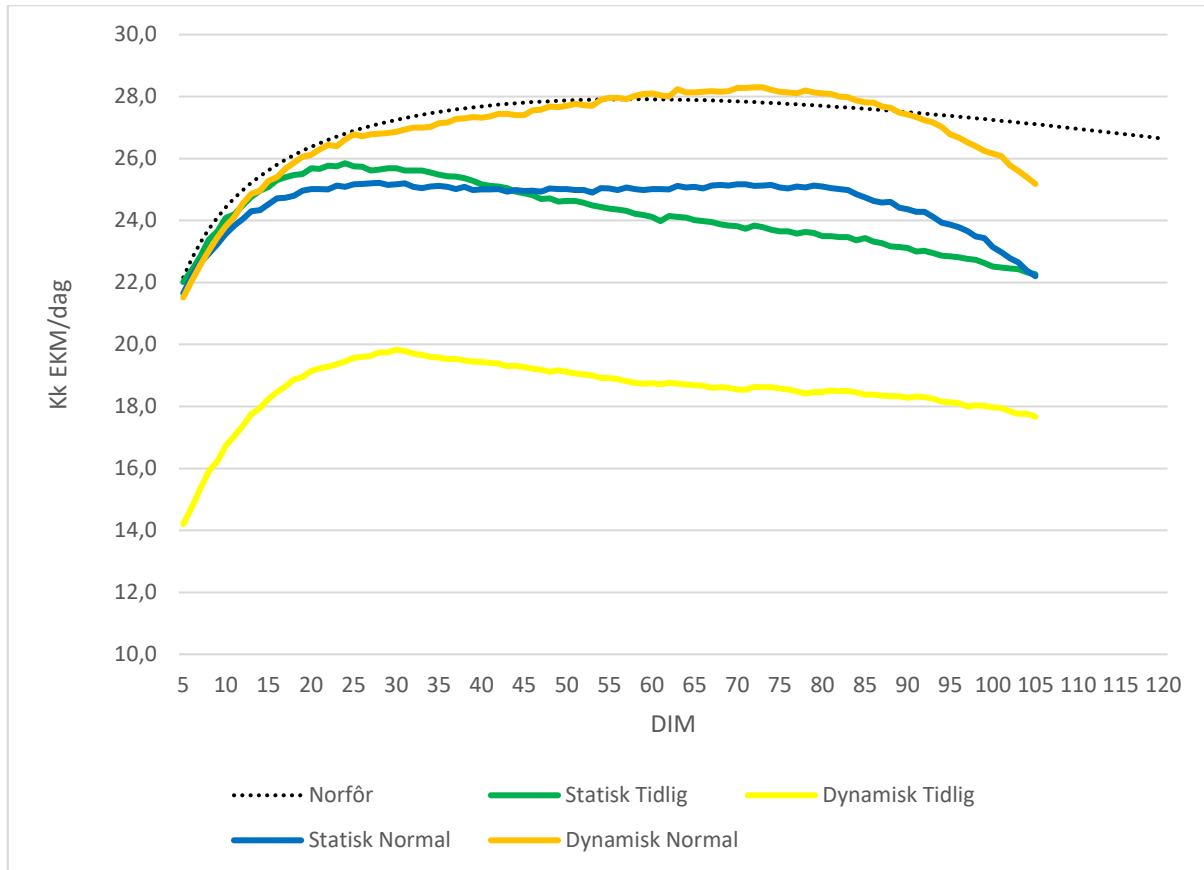
DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ¹	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ²	Høstetid ³
25	32,0	29,6	31,3	30,4	1,10	0,449	0,146	0,968
50	31,6	30,4	31,3	31,0	1,27	0,924	0,571	0,898
100	28,5	28,0	28,9	27,8	1,52	0,949	0,576	0,937
5-105	27,4	25,5	27,4	25,8	1,38	0,642	0,203	0,883

SEM¹; Standard error for LSMeans. ² Kontrast, statisk mot dynamisk. ³ Kontrast, tidlig mot normal.

Tabell 6 viser ingen signifikant effekt av forsøksgruppene på mengden energikorrigert melk på laktasjonsdagene 25, 50 og 100, samt for perioden 5-105 DIM. Det var fôringsregime statistisk hadde høyest daglig produksjon i perioden 5-105 DIM, men forskjellen mellom gruppene var ikke signifikant ($p > 0,05$). Forskjellen mellom høstetid var minimale.

4.2.3 Energikorrigert melk fordelt etter laktasjonsgruppe og forsøksgruppe

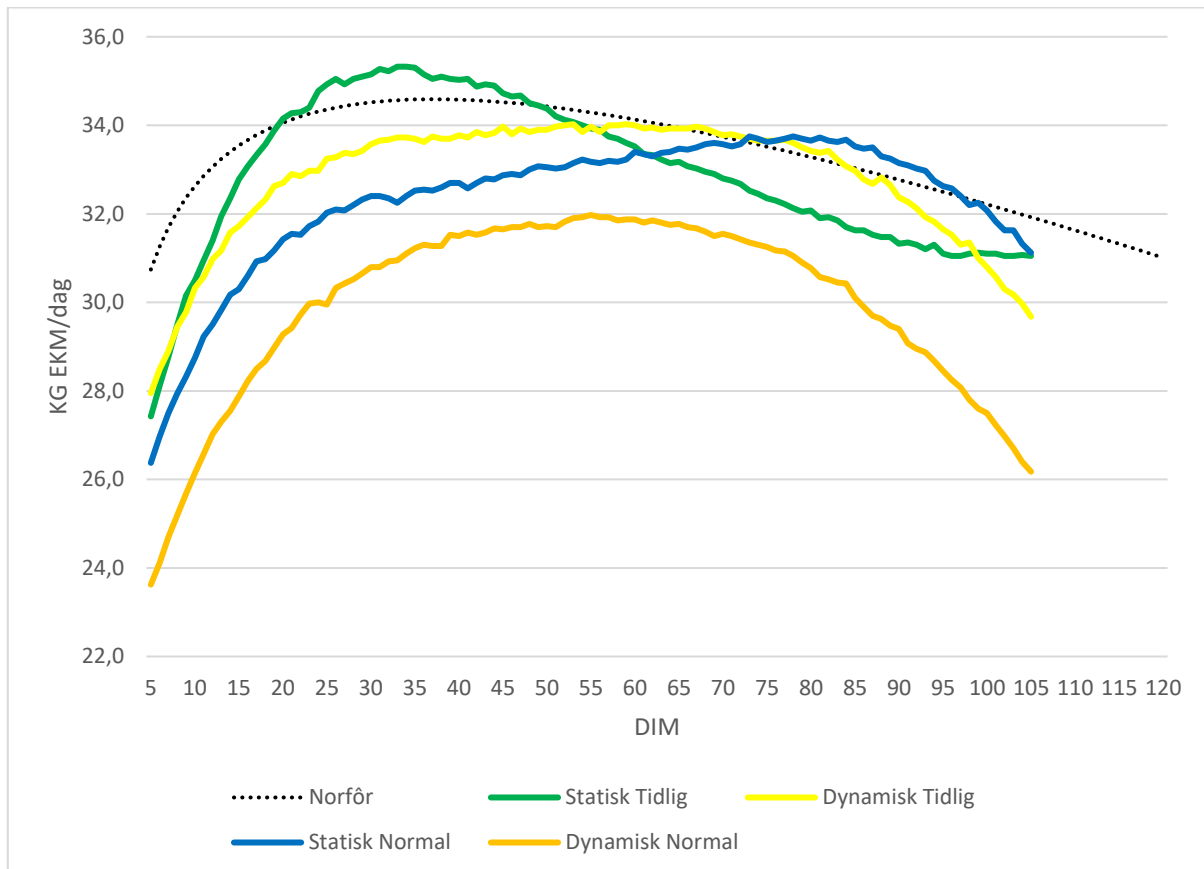
Figur 10 viser observert (heltrukken linje) og planlagt (dottet linje) produksjon av EKM i perioden 5-105 DIM for førstegangskalvende, fordelt på forsøksgruppene. Planlagt produksjon; 7500 kg. EKM.



Figur 10: Observert produksjon av energikorrigert melk (EKM) (heltrukken linje) og planlagt produksjon (dottet linje) fordelt på forsøksgruppe for førstegangskalvere etter dager i melk (DIM).

Figuren viser at gruppen dynamisk normal har en laktasjonskurve tilsvarende nivå for 7500 kg. EKM fram til laktasjonsdag 90, hvor den får en knekk. Statisk fôringsregime følger hverandre i hele perioden, og har et lavere produksjonsnivå enn dynamisk normal. Statisk gruppene og dynamisk normal har tilsvarende samme melkemengde ved 5 DIM. Gruppen dynamisk tidlig hadde størst avvik fra resterende og planlagt produksjon, og hadde 8 kg EKM lavere melkeproduksjon ved 5 DIM enn de andre gruppene.

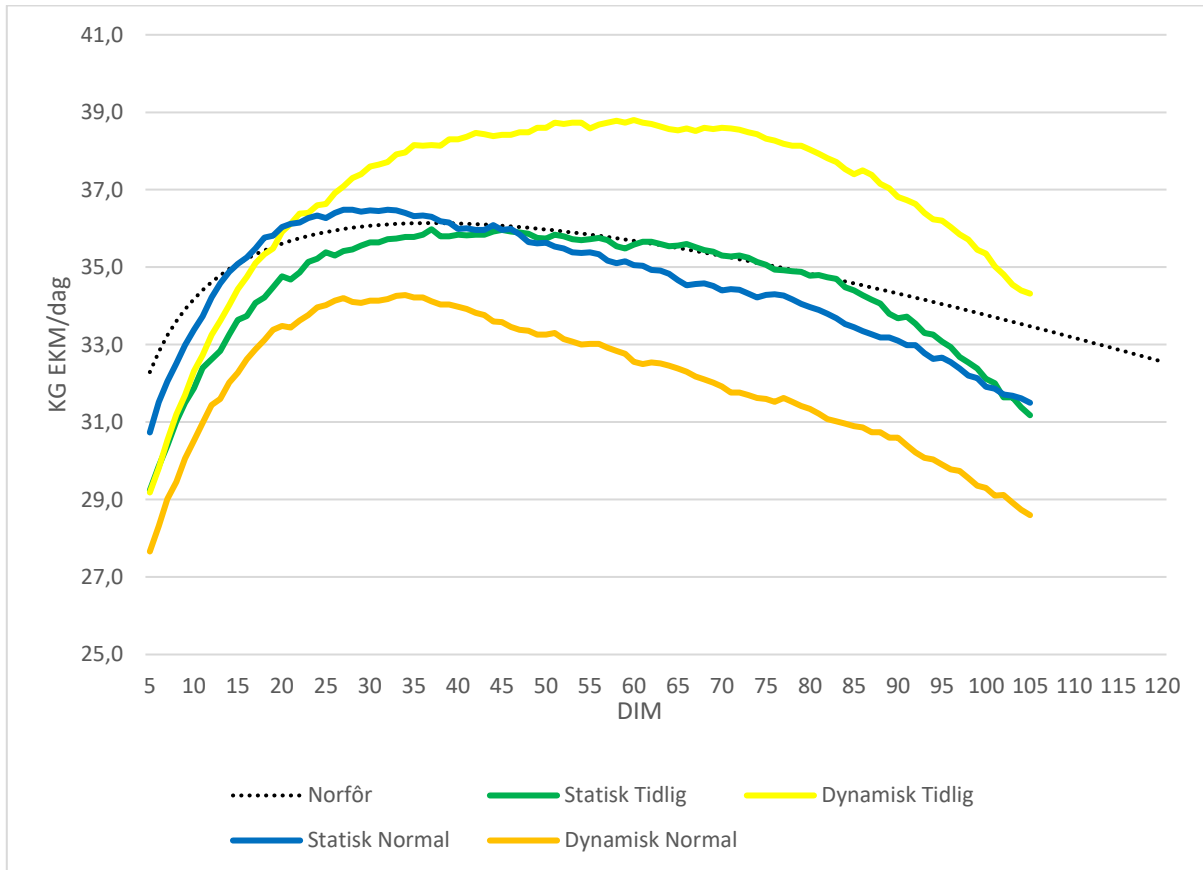
Figur 11 viser observert (heltrukken linje) og planlagt (dottet linje) produksjon av EKM i perioden 5-105 DIM for andregangskalvende, fordelt på forsøksgruppene. Planlagt produksjon; 8500 kg. EKM.



Figur 11: Observert produksjon av energikorrigert melk (EKM) (heltrukken linje) og planlagt produksjon (dottet linje) fordelt på forsøksgruppene i 2.laktasjon etter dager i melk (DIM)

Figuren viser at statistisk tidlig, statistisk normal, og dynamisk tidlig, hadde en produksjon som tilsvarte en laktasjonskurve for 8500 kg. EKM. Statistisk tidlig hadde høyest produksjon av EKM ved 30 dager i melk DIM. Gruppen dynamisk normal hadde lavest observert EKM.

Figur 12 viser observert (heltrukken linje) og planlagt (dottet linje) produksjon av EKM i perioden 5-105 DIM for eldre kyr, fordelt på forsøksgruppene. Planlagt produksjon; 9000 kg. EKM.



Figur 12: Observert produksjon av energikorrigert melk (EKM) (heltrukken linje) og planlagt produksjon (dottet linje) fordelt på forsøksgruppene for eldre kyr etter dager i melk (DIM).

Figuren viser at gruppen dynamisk tidlig som hadde den høyeste produksjonen av EKM for perioden 5-105 DIM. Statisk fôringsregime ser ut til å følge hverandre gjennom undersøkelsen. Dynamisk normal var den som hadde lavest produksjon av EKM.

Tabell 7 viser produksjon av energikorrigert melk (EKM), fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe for perioden 5-105 dager i melk (DIM). Tabellen viser videre mengden planlagt EKM i henhold til laktasjonsgruppe. Tabellen viser tilslutt avviket i henhold til beregnet og planlagt produksjon, i henhold til fôringsregime.

Tabell 7: *Energikorrigert melk (kg) produsert i perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøksgruppene, samt mengde planlagt produksjon og avvik innad i fôringsregime.*

Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	Planlagt ³	Fôringsregime ⁴	
							Statisk	Dynamisk
1. laktasjon	2443,1	1874,5 ^a	2483,6	2718,5 ^b	215	2740,3	-276,9	-443,7
2. laktasjon	3325,5	3311,2	3264,8	3024,3	206	3392,5	-97,4	-224,8
>2. laktasjon	3482,1	3727,2	3489,6	3235,2	183	3549,1	-63,2	-67,9

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi <0,05). ²Standard error for LSMmeans.

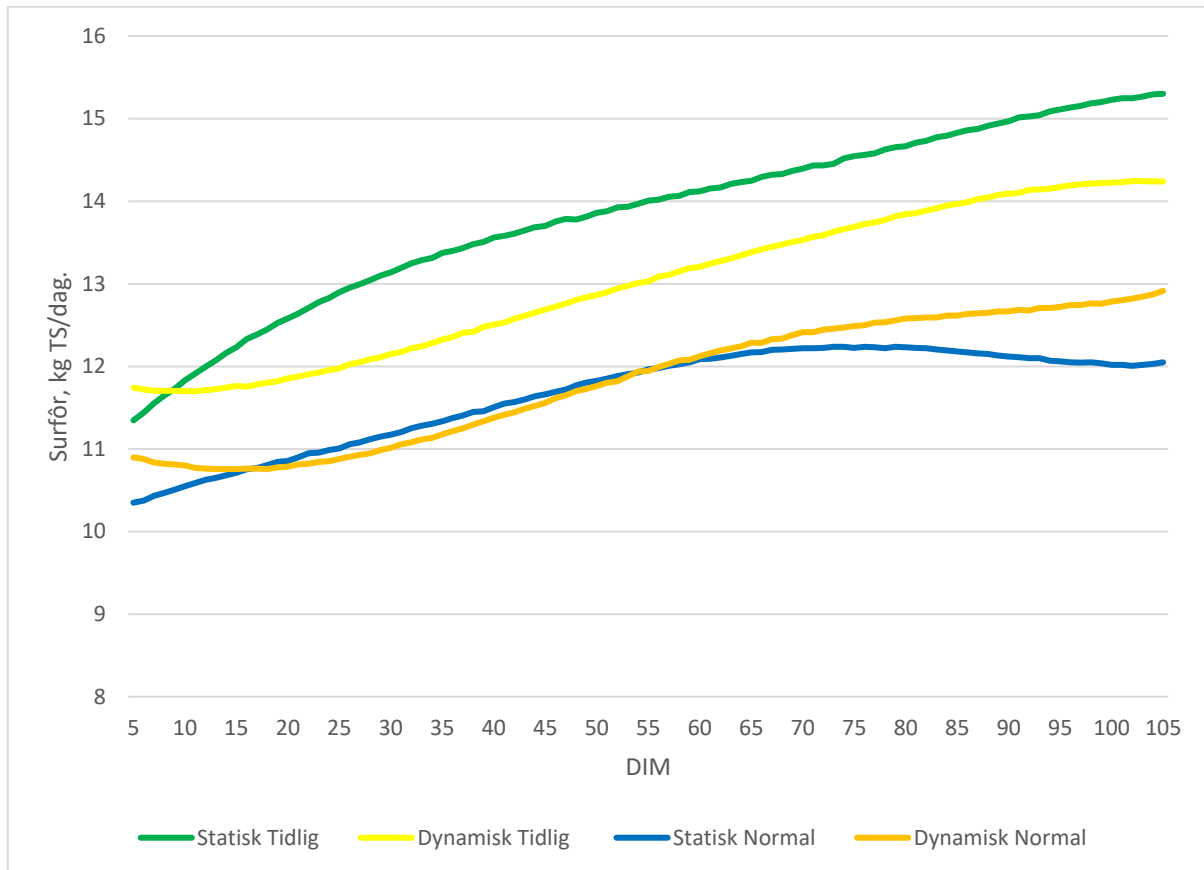
³Planlagt produksjon, 5-105 DIM, ⁴Avvik i forhold til planlagt produksjon, fordelt på fôringsregime.

I første laktasjon var det gruppen dynamisk normal som hadde lavest avvik i henhold til den planlagte produksjonen på 7500 kg (Tabell 7). Dynamisk normal hadde en signifikant (p<0,05) høyere produksjon enn dynamisk tidlig. I andre laktasjon var det statisk tidlig som hadde det laveste avviket i henhold til planlagt produksjon på 8500 kg. For gruppen eldre kyr var det dynamisk tidlig som hadde høyere produksjon enn planlagt produksjon på 9000 kg.

4.3 Fôropptak

4.3.1 Surfôropptak

Figur 13 viser surfôropptaket (kg TS) i perioden 5-105 dager i melk (DIM), fordelt på forsøksgruppene.



Figur 13: Daglig opptak av surfôr i kg tørrstoff (TS), fordelt på forsøksgruppene i perioden 5-105 dager i melk (DIM).

Av figuren kommer det frem at høyest surfôropptak ble observert hos gruppen statisk tidlig, etterfulgt av dynamisk tidlig. Gruppene på høstetid normal hadde lavest opptak. Trenden for alle forsøksgruppene er økende surfôropptak gjennom undersøkelsen.

Tabell 8 viser opptaket av surfôr i kg/TS på laktasjonsdag 25, 50 og 100, samt som et gjennomsnitt for perioden 5-105 dager i melk (DIM).

Tabell 8: Observert opptak av surfôr i kg tørrstoff (TS) (LSMeans, kg/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5 til 105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	13,0 ^a	12,0 ^{ab}	11,0 ^b	10,9 ^b	0,42	0,003	0,183	0,001
50	13,9 ^a	12,9 ^{ab}	11,8 ^b	11,8 ^b	0,49	0,009	0,262	0,002
100	15,3 ^a	14,3 ^{ab}	12,1 ^b	12,8 ^b	0,69	0,007	0,845	0,001
5-105	13,5 ^a	13,1 ^{ab}	11,3 ^b	12,0 ^{ab}	0,73	0,121	0,853	0,023

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

³ Kontrast, statisk mot dynamisk. ⁴ Kontrast tidlig mot normal.

Tabellen viser at det var en signifikant (p<0,05) effekt av gruppe ved 25, 50 og 100 DIM. Gruppen statisk tidlig hadde et signifikant høyere surfôropptak, enn statisk normal og dynamisk normal på laktasjonsdagene. Tabellen viser til videre en signifikant (p<0,05) effekt av høstetid ved 25, 50 og 100 DIM, og for perioden 5-105 DIM. Gruppene på høstetid tidlig hadde ca. 1,7 kg høyere TS opptak enn gruppene på høstetid normal.

Tabell 9 viser totalt surfôropptak (kg/TS) konsumert i perioden 5-105 dager i melk (DIM) fordelt på laktasjons- og forsøksgruppe.

Tabell 9: Kg tørrstoff surfôr konsumert i perioden 5-105 dager i melk (DIM) fordelt på forsøksgruppene.

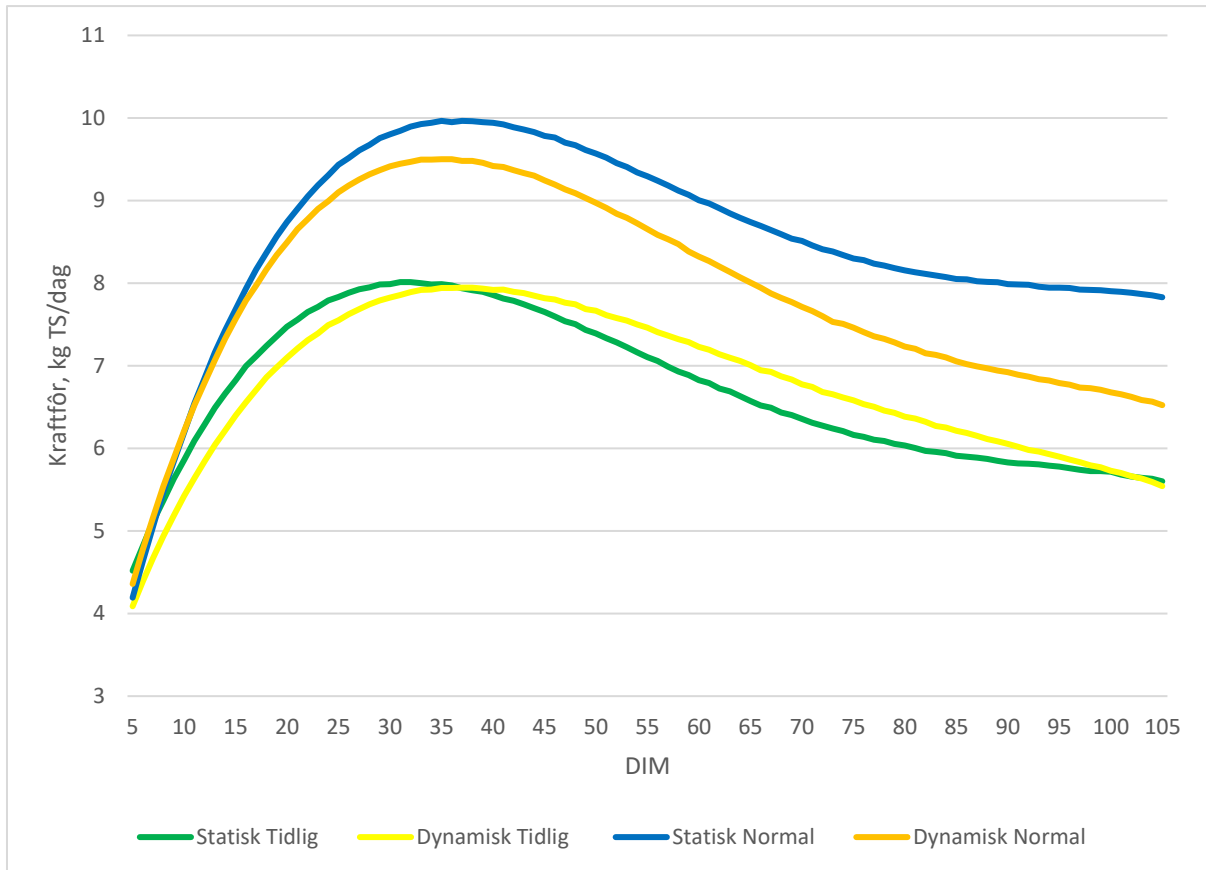
Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	1216	1209	1203	1113	65,7
2. laktasjon	1554 ^a	1215 ^b	1203 ^b	1226 ^b	92,3
>2. laktasjon	1487 ^a	1483 ^a	1133 ^b	1253 ^{ab}	79,2

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

Kyr i første laktasjon hadde lavest opptak av surfôr i undersøkelsen (Tabell 9), der gruppen dynamisk normal lavest opptak. For kyr i andre laktasjon var det gruppen statisk tidlig som hadde en signifikant (p<0,05) høyere opptak av surfôr mot de andre gruppene. For eldre kyr var det kyr gruppen på høstetid tidlig hadde det høyeste opptaket, hvor dette var signifikant (p<0,05) forskjellig fra statisk normal. Det var ingen signifikant effekt av laktasjonsgruppe.

4.3.2 Kraftfôropptak

Figur 14 viser kraftfôropptaket (kg TS) i perioden 5-105 dager i melk (DIM), fordelt på forsøksgruppene.



Figur 14: Daglig opptak av kraftfôr i kg tørrstoff (TS), fordelt på forsøksgruppene i perioden 5-105 dager i melk (DIM).

Figuren viser at forsøksgruppene har tilnærmet likt opptak av kraftfôr ved 5 dager i melk (DIM). Figuren viser tydelig at gruppene på høstetid tidlig ligger på tilnærmet på samme nivå for perioden 5-105 DIM. Gruppene på normal høstetid fulgte hverandre til ca. dag 20, for deretter å skille hverandre. Det var gruppen statisk normal som hadde høyest daglig opptak av kraftfôr. Figuren viser også at det er større avstand mellom statisk gruppene enn dynamisk gruppene.

Tabell 10 viser opptaket av kraftfôr ved 25, 50 og 100 DIM, samt som et gjennomsnitt for perioden 5-105 DIM.

Tabell 10: Observert opptak av kraftfôr i kg tørrstoff (TS) (LSMeans, kg/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5 til 105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ₂	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	9,09 ^a	8,70 ^a	10,8 ^b	10,4 ^b	0,27	0,001	0,142	0,001
50	8,65 ^a	8,87 ^a	11,0 ^b	10,3 ^b	0,46	0,001	0,573	0,001
100	6,73 ^a	6,66 ^a	9,13 ^b	7,68 ^{ab}	0,57	0,009	0,187	0,004
5-105	5,99	5,70	7,11	6,43	0,65	0,428	0,459	0,156

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

³Kontrast, statistisk mot dynamisk. ⁴ Kontrast, tidlig mot normal.

Av tabellen kommer det frem en signifikant (p<0,05) effekt av gruppe på daglig kraftfôropptak ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), hvor gruppen statistisk normal hadde det høyeste opptaket (Tabell 10). Det var også en signifikant (p<0,05) effekt av høstetid på kraftfôropptak ved 25, 50 og 100 DIM. For perioden 5-105 DIM var det gruppen dynamisk tidlig som hadde lavest kraftfôr opptak og statistisk normal høyest. Det ble ikke funnet signifikant (>0,05) effekt av høstetid og fôringsregime.

Tabell 11 viser totalt kraftfôropptak (kg/TS) konsumert i perioden 5-105 dager i melk (DIM) fordelt på laktasjons- og forsøksgruppe.

Tabell 11: Kg tørrstoff kraftfôr konsumert i perioden 5-105 dager i melk (DIM) fordelt på forsøksgruppene.

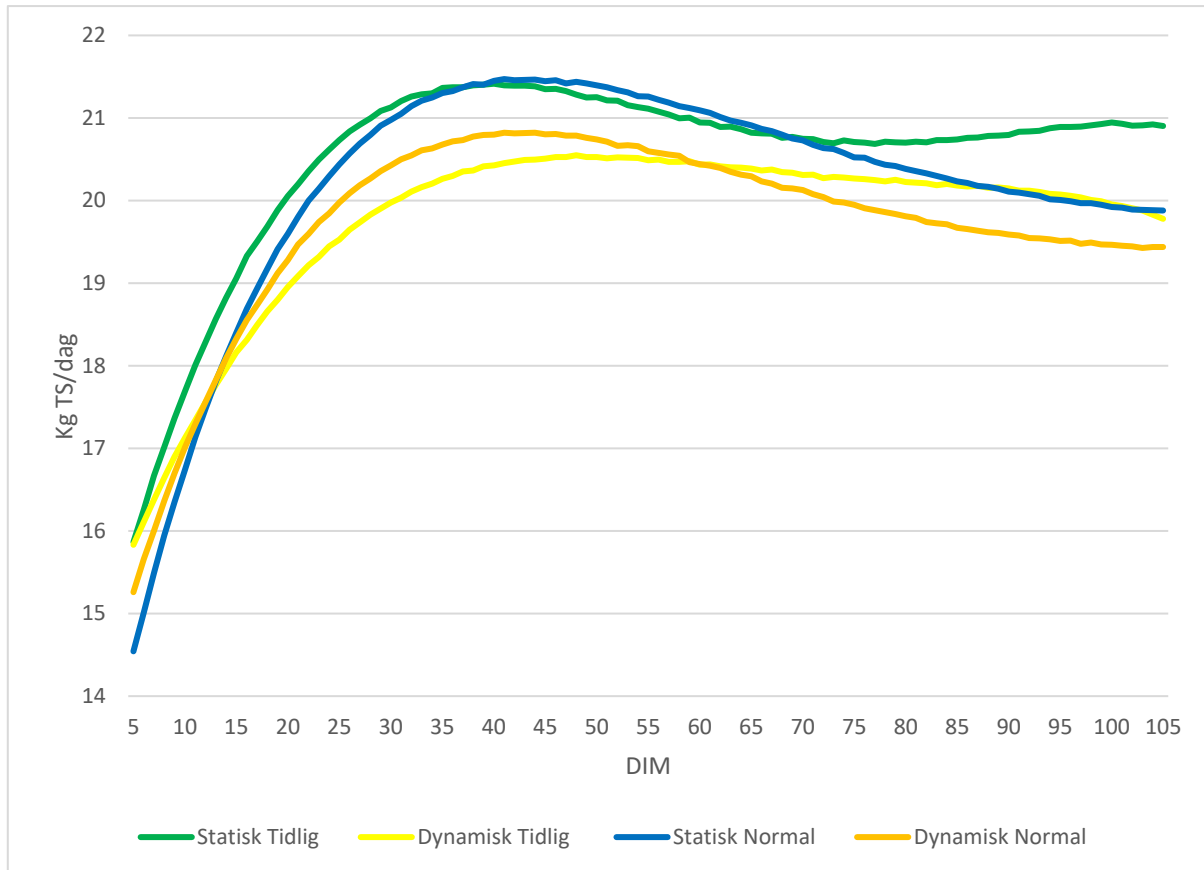
Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	591 ^a	479 ^a	818 ^b	842 ^b	56,5
2. laktasjon	883	1007	1053	923	92,0
>2. laktasjon	897 ^a	930 ^a	1098 ^b	963 ^{ab}	50,8

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

For kyr i første laktasjon, hadde dynamisk normal høyeste opptaket av kraftfôr i undersøkelsen, tett etterfulgt av statistisk normal. Det var en signifikant (p<0,05) forskjell mellom høstetid. Dynamisk tidlig var den som hadde det laveste opptaket av kraftfôr. For kyr i andre laktasjon hadde gruppen statistisk normal høyeste opptak av kraftfôr. Det ble ikke noen signifikante forskjeller mellom forsøksgruppene. Lavest opptak ble observert i gruppen statistisk tidlig. For eldre kyr var det gruppen statistisk normal som hadde høyest kraftfôropptak i undersøkelsen. Det var en signifikant (p<0,05) forskjell mellom gruppen på tidlig høstet surfôr mot gruppen statistisk normal.

4.3.3 Totalt tørrstoffopptak

Figur 15 viser observert tørrstoffopptak av surfôr og kraftfôr per dag, fordelt på forsøksgruppene.



Figur 15: Observert opptak av tørrstoff (TS) etter forsøksgruppene fra 5 til 105 dager i melk (DIM).

Figuren viser at statisk gruppene ser ut til å følge hverandre fram til 70 dager i melk (DIM), hvor gruppen tidlig høstetid har en mer konstant fôrnivå, og høstetid normal minker opptaket. Dynamisk gruppene ser ut til å følge hverandre bedre. Totalt sett ble det observert høyest daglig tørrstoffopptak hos statisk tidlig og lavest hos dynamisk begge høstetider (18,7 mot 17,5 kg TS).

Tabell 12 viser samlet fôropptak (surfôr og kraftfôr) ved 25, 50 og 100 DIM, samt som et gjennomsnitt for perioden 5-105 DIM.

Tabell 12 Observert opptak av tørrstoff (surfôr og kraftfôr) (LSMeans, kg/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5 til 105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	21,0 ^a	19,6 ^b	20,5 ^{ab}	20,0 ^{ab}	0,46	0,188	0,049	0,985
50	21,5	20,6	21,5	20,8	0,49	0,462	0,118	0,862
100	21,2	20,1	20,1	19,6	0,65	0,367	0,222	0,204
5-105	18,7	18,0	17,5	17,5	0,87	0,744	0,726	0,325

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

³Kontrast, statistisk mot dynamisk. ⁴ Kontrast, tidlig mot normal.

Ved 25 dager i melk (DIM) var det en signifikant (p<0,05) effekt av fôringsregime på det totale tørrstoffopptaket. Gruppen statistisk tidlig hadde signifikant høyere opptak en dynamisk tidlig (Tabell 12). Det ble ikke funnet noe signifikante effekter på de resterende laktasjonsdagene og for perioden 5-105 DIM.

Tabell 13 viser mengden fôr (surfôr og kraftfôr) (kg TS) konsumert, summert for perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe.

Tabell 13 Totalt tørrstoffopptak (kg) konsumert i perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøksgrupper og laktasjonsgruppe.

Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	1735 ^{ac}	1628 ^c	1922 ^b	1852 ^{ab}	59,3
2. laktasjon	2329 ^a	2099 ^{ab}	2128 ^{ab}	2036 ^b	87,0
>2. laktasjon	2274	2299	2097	2098	50,8

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

Tabellen viser en signifikant (p<0,05) forskjell mellom de ulike leddene i første- og andre laktasjon på det totale tørrstoffopptaket i undersøkelsen (Tabell 13).

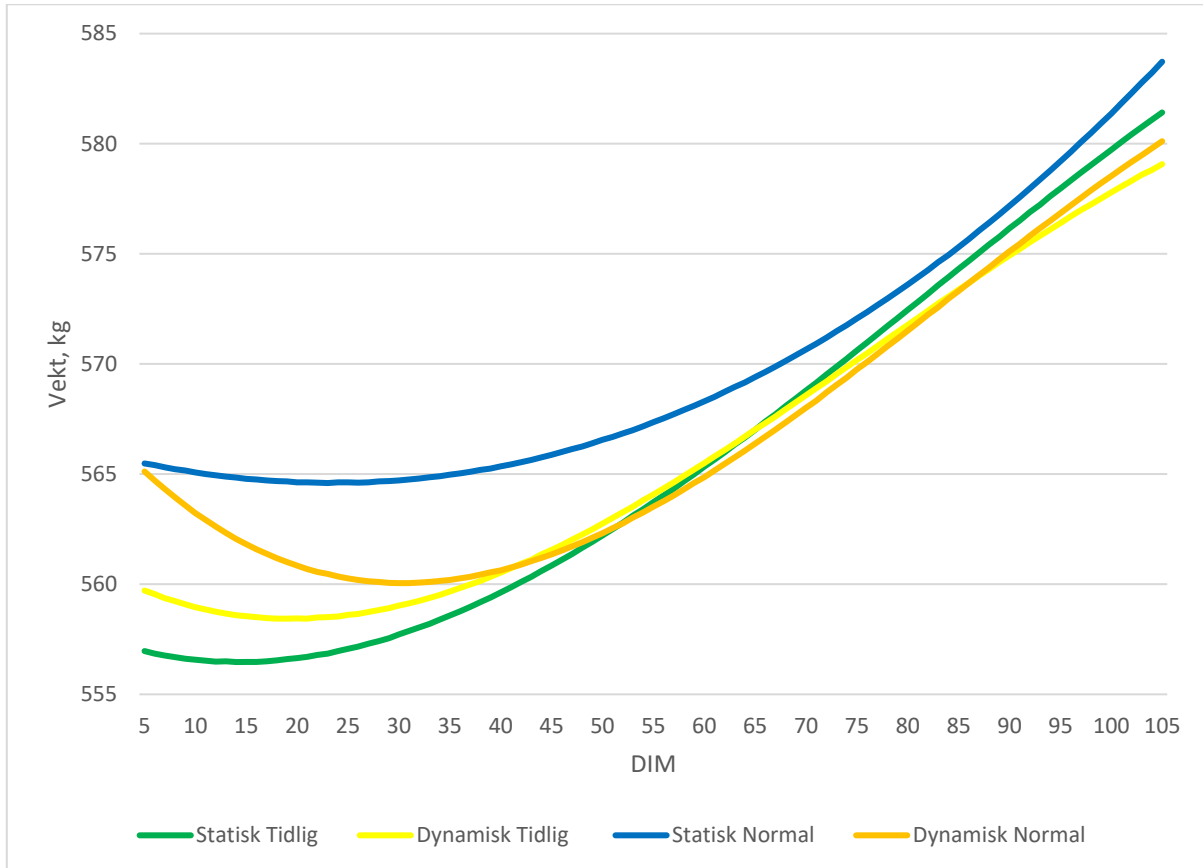
I første laktasjon var det gruppen statistisk normal som hadde høyest tørrstoffopptak, som var signifikant (p<0,05) høyere enn gruppene på tidlig høstet surfôr.

I andre laktasjon ble høyest tørrstoffopptak observert i gruppen statistisk tidlig, hvor dette var signifikant (p<0,05) høyere enn dynamisk normal. For eldre kyr var høyest tørrstoffopptak observert hos dynamisk tidlig, men det var ingen signifikante (p>0,05) forskjeller mellom gruppene.

4.4 Vekt

4.4.1 Levendevekt

Figur 16 viser endring i levendevekt, fordelt på forsøksgruppene for perioden 5-105 dager i melk (DIM).



Figur 16: Observert levendevekt (kg) etter forsøksgruppene fra 5 til 105 dager i melk (DIM).

Figuren viser at lavest startvekt ble observert i gruppen statisk tidlig, og høyeste startvekt i gruppen statisk normal. Gruppen statisk normal hadde lavest mobilisering av kroppsvekt i starten av laktasjonen (DIM; 5-40). Gruppene på høstetid tidlig ser ut til å følge hverandre gjennom forsøksperioden. Gruppen dynamisk normal er den som hadde størst negativ vektendring i starten av laktasjonen (DIM; 5-40).

Tabell 14 viser levendevekt (kg) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt gjennomsnittlig levendevekt i perioden 5-105 DIM, fordelt på forsøksgruppene.

Tabell 14: Observert levendevekt (LSMeans, kg/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt gjennomsnitt for perioden 5-105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ¹	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ²	Høstetid ³
25	560	558	564	560	13,5	0,990	0,825	0,822
50	565	562	566	562	13,3	0,995	0,797	0,978
100	584	578	582	579	13,5	0,991	0,758	0,966
5-105	573	570	575	573	13,8	0,994	0,847	0,853

SEM¹; Standard error for LSMeans. ²Kontrast, statisk mot dynamisk. ³ Kontrast, tidlig mot normal.

Tabellen viser en vektøkning fra 25 til 100 DIM, for alle gruppene (Tabell 14).

Gjennomsnittlig vekt i undersøkelsen var tilnærmet lik. Det ble observert ingen klare effekter av gruppe, fôringsregime og høstetid på levendevekt.

Tabell 15 viser gjennomsnittlig levendevekt (kg), fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe.

Tabell 15: Gjennomsnittlig levendevekt i kg for perioden 5-105 dager i melk (DIM), fordelt på forsøksgruppene.

Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	497	526	547	499	21,6
2. laktasjon	617 ^a	571 ^{ab}	517 ^b	562 ^{ab}	24,0
>2. laktasjon	606	603	627	638	16,6

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

Av tabellen kommer det fram at differansen mellom letteste og tyngste kyr i første laktasjon var 50 kg levendevekt (statisk tidlig mot statisk normal). Hos kyr i andre laktasjon var det en signifikant forskjell mellom statisk gruppene, hvor tidlig var 100 kg tyngre enn normal. Eldre kyr hadde tilnærmet lik vekt innad i høstetid. Det var en signifikant (p<0,05) forskjell i levendevekt mellom de ulike laktasjonsgruppene.

4.4.2 Vektendring

Tabell 16 viser vektendring (g/dag) på laktasjonsdag 25, 50 og 100, samt gjennomsnittlig vektendring for perioden 5-105 dager i melk (DIM), fordelt på forsøksgruppene.

Tabell 16: Vektendring (LSMeans g/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5-105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ¹	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ²	Høstetid ³
25	95,3	62,7	187	-89,2	122	0,734	0,617	0,314
50	303	272	178	216	118	0,876	0,976	0,446
100	363	292	449	339	162	0,915	0,579	0,684
5-105	209	170	218	157	98,3	0,965	0,610	0,984

SEM¹; Standard error for LSMeans. ²Kontrast, statisk mot dynamisk. ³ Kontrast, tidlig mot normal.

Tabell 16 viser at gruppen statisk normal hadde høyest daglig vektendring for perioden 5-105 dager i melk (DIM), tett etterfulgt av statisk tidlig. Dynamisk fôringsregime hadde lavest vektendring gjennom undersøkelsen. Ved 25 DIM ble det observert mobilisering av kroppsvekt hos dynamisk normal. Den statiske sammenstillingen viser ingen signifikante effekter av gruppe, og ingen effekt av fôringsregime og høstetid på vektendring i perioden 5-105 DIM.

Tabell 17 viser gjennomsnittlig vektendring (g/dag), fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe i perioden 5-105 DIM.

Tabell 17: Gjennomsnittlig deponering og mobilisering i gram for perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe.

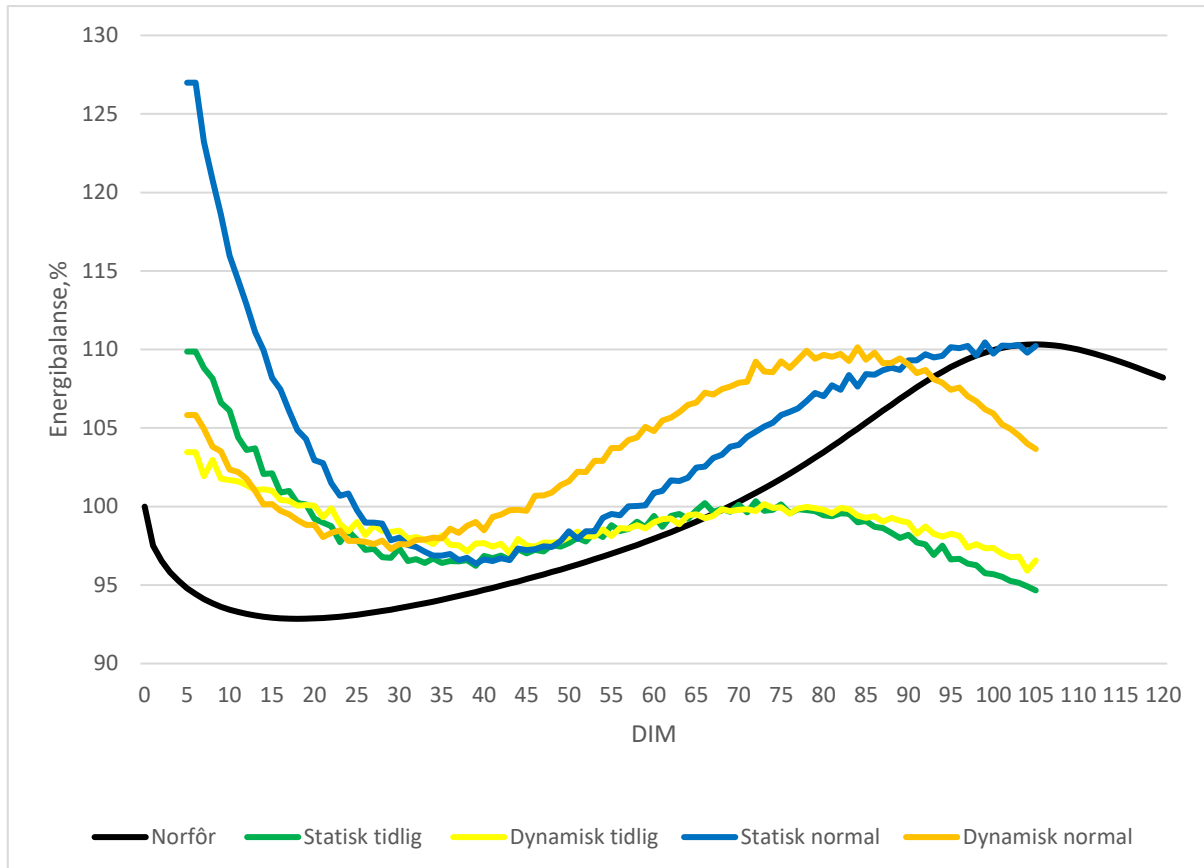
Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ¹
1. laktasjon	77,1	293	312	48,3	113
2. laktasjon	492	-20,8	308	299	169
>2. laktasjon	241	232	-30,5	128	144

¹Standard error for LSMeans.

For kyr i første laktasjon var det statisk normal som hadde den høyeste deponeringen av kroppsvekt, og lavest hos dynamisk normal, gjennom undersøkelsen. For kyr i andre laktasjon ble det observert mobilisering av kroppsvekt for dynamisk tidlig. Høyest deponering av kroppsvekt ble observert hos statisk tidlig. For eldre kyr ble det observert mobilisering hos statisk normal, og størst deponering hos statisk tidlig. Det var ingen klare forskjeller mellom laktasjonsgruppene.

4.4.3 Energibalanse

Figur 17 viser kyrnes energibalanse, beregnet etter NorFor (Volden 2011), fordelt på forsøksgruppene. Svart linje viser anbefalingene til NorFor.



Figur 17: Beregnet energibalanse i prosent etter NorFor (Volden 2011) fordelt på forsøksgruppene, samt anbefalt energibalanse i henhold til NorFor (svart linje) etter dager i melk (DIM.).

Figuren viser at gruppene på høstetid tidlig følger hverandre gjennom undersøkelsen, hvor de er over anbefalt nivå i henhold til NorFor, i perioden 5-65 dager i melk (DIM). Etter 65 DIM er høstetid tidlig under NorFor sin anbefaling. Gruppen statisk normal hadde høyets positiv energibalanse i perioden 5-30 dager i melk. Høstetid normal ligger over anbefalingene til NorFor i hele undersøkelsen.

Tabell 18 viser beregnet energibalanse ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt som et gjennomsnitt for perioden 5-105 DIM, beregnet etter NorFor (Volden 2011).

Tabell 18: Beregnet energibalanse (LSMeans, %/dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5 til 105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	97,5	98,3	99,4	97,6	2,78	0,955	0,912	0,873
50	97,9	98,2	98,6	101,7	2,97	0,704	0,456	0,408
100	95,6 ^a	97,1 ^{ab}	109,5 ^b	105,7 ^{ab}	5,18	0,173	0,832	0,033
5-105	101,1 ^a	99,4 ^a	113,8 ^b	107,8 ^{ab}	3,90	0,032	0,290	0,008

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

³Kontrast, statisk mot dynamisk. ⁴ Kontrast, tidlig mot normal.

For perioden 5-105 dager i melk (DIM) var det en signifikant effekt av gruppe og høstetid i henhold til beregnet energibalanse (Tabell 18). Gruppene på høstetid tidlig hadde en signifikant lavere energibalanse enn statisk normal. Høstetid tidlig hadde en energibalanse tilsvarende 100% for perioden 5-105 DIM. Det ble funnet en signifikant effekt av høstetid på laktasjonsdag 100, men ikke på laktasjonsdag 25 og 50. På laktasjonsdag 100 var gruppen statisk tidlig signifikant forskjellig fra gruppen statisk normal.

4.5 Fôrutnyttelse

4.5.1 EKM per kg TS

Tabell 19 viser kg energikorrigert melk (EKM) produsert per kg. TS konsumert på laktasjonsdag 25, 50 og 100, samt gjennomsnitt for perioden 5-105 dager i melk (DIM).

Tabell 19: Beregnet fôrutnyttelse (LSMeans, fôrutnyttelse/dag) etter produksjons av energikorrigert melk sett opp mot tørrstoff konsumert ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5-105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ¹	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ²	Høstetid ³
25	1,52	1,50	1,52	1,52	0,054	0,984	0,740	0,869
50	1,46	1,44	1,45	1,48	0,048	0,926	0,882	0,723
100	1,34	1,36	1,46	1,41	0,069	0,618	0,813	0,226
5-105	1,49	1,41	1,62	1,48	0,087	0,362	0,217	0,231

SEM¹; Standard error for LSMeans. ²Kontrast, statisk mot dynamisk. ³Kontrast, tidlig mot normal.

Av tabellen kommer det fram at gruppen statisk normal hadde den høyeste observerte fôreffektiviteten, tett etterfulgt av statisk tidlig og dynamisk normal. Det var ingen signifikante effekter av fôringsstrategi og høstetid ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5-105 DIM.

Tabell 20 viser gjennomsnittlig fôreffektivitet fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppene for perioden 5-105 dager i melk.

Tabell 20: Gjennomsnittlig fôreffektivitet for perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe.

Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	1,40 ^{ab}	1,15 ^a	1,30 ^{ab}	1,46 ^b	0,095
2. laktasjon	1,44	1,58	1,55	1,47	0,071
>2. laktasjon	1,53	1,62	1,68	1,55	0,078

¹Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

For alle laktasjonsgruppene var det kyr i førstelaktasjon som hadde den laveste fôreffektiviteten i perioden 5-105 DIM, og det ble funnet en signifikant (p<0,05) effekt av laktasjonsgruppe. Innad i førstelaktasjon ble det observert høyest fôreffektivitet i gruppen dynamisk normal, hvor dette var signifikant (p<0,05) forskjellig fra dynamisk tidlig. For kyr i andre laktasjon var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene, men dynamisk tidlig var numerisk høyest. For eldre kyr var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene, men statisk normal ble observert til å ha numerisk høyest fôreffektivitet.

4.5.2 Kg kraftfôr/100 kg produserte EKM

Tabell 21 viser behovet for kraftfôr (kg) per 100 kg produsert energikorrigert melk (EKM) ved laktasjonsdag 25, 50 og 100, samt som gjennomsnitt for perioden 5-105 dager i melk (DIM).

Tabell 21: Behovet for kraftfôr (kg) per 100 kg produsert energikorrigert melk (LSMeans, kg/100kg EKM) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM).

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	28,8 ^a	29,9 ^a	35,3 ^b	34,8 ^b	1,11	0,001	0,759	0,001
50	27,7 ^a	28,4 ^a	35,6 ^b	33,5 ^b	1,36	0,001	0,611	0,001
100	23,6 ^a	21,7 ^a	31,9 ^b	27,3 ^b	1,66	0,001	0,055	0,001
5-105	22,3	22,2	26,4	24,5	2,16	0,436	0,649	0,135

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

³Kontrast, statisk mot dynamisk. ⁴ Kontrast, tidlig mot normal.

For perioden 5-105 var det ingen signifikant effekt av gruppe, fôringsregime og høstetid til å forklare mengden kraftfôr per 100 kg produserte energikorrigert melk (EKM). Numerisk hadde dynamisk tidlig, tett etterfulgt av statisk tidlig, lavest kraftfôrbehov per 100 kg produserte EKM. På de ulike laktasjonsdagene ble det funnet en signifikant effekt av gruppe, hvor dynamisk tidlig hadde lavest kraftfôrbehov. Høstetid ble også funnet som en forklarende faktor på mengden kraftfôr, hvor det var lavere kraftfôrbehov hos gruppen tidlig mot normal høstetid på laktasjonsdagene.

Tabell 22 viser gjennomsnittlig kraftfôrbehov per 100 kg produserte energikorrigert melk (EKM) for perioden 5-105 dager i melk, fordelt på forsøks- og laktasjonsgruppe.

Tabell 22: Gjennomsnittlig kraftfôrbehov (kg) per 100 kg produserte EKM for perioden 5-105 dager i melk, fordelt på laktasjonsgruppe og fôringsgruppe.

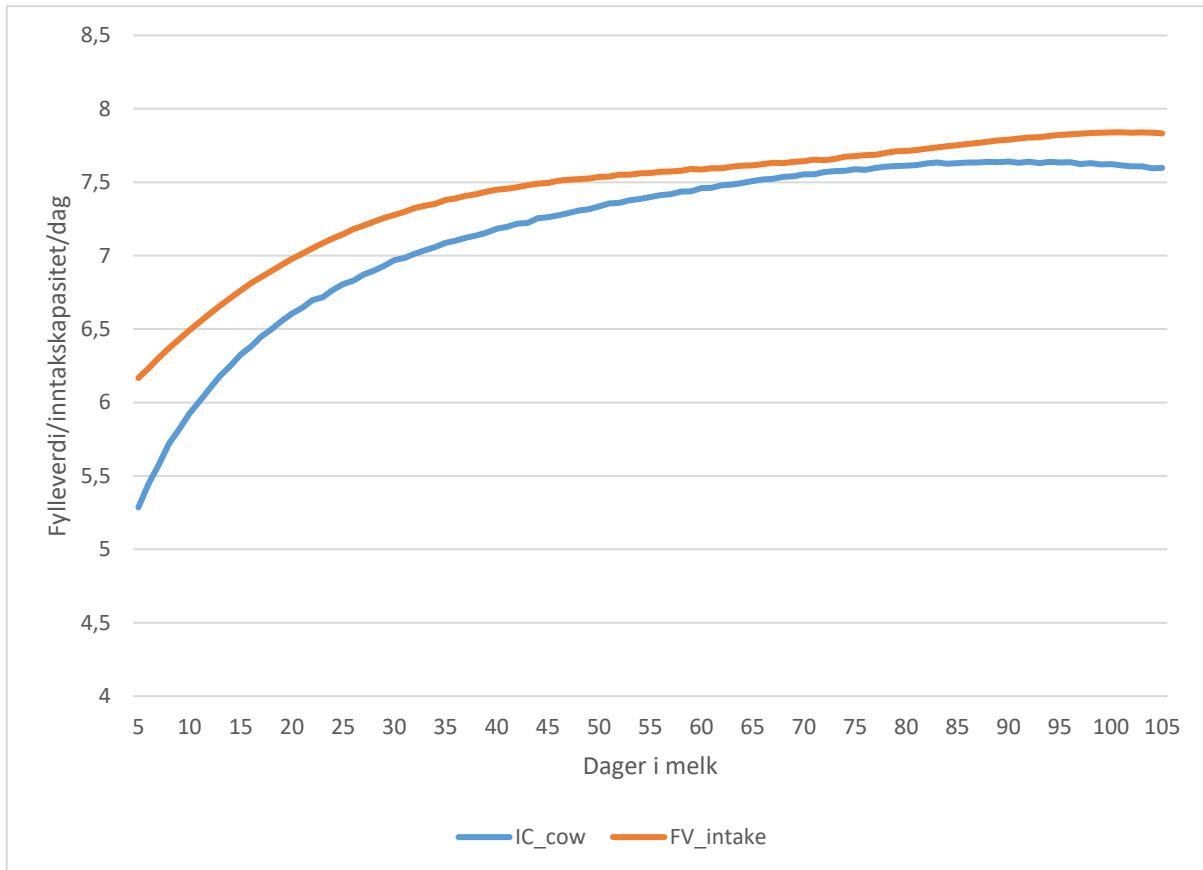
Laktasjon	Statisk tidlig	Dynamisk Tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²
1. laktasjon	24,9 ^a	24,4 ^a	33,6 ^b	31,4 ^b	2,14
2. laktasjon	26,6	30,2	32,3	29,6	2,05
>2. laktasjon	26,0 ^a	24,6 ^a	31,6 ^b	29,8 ^b	1,27

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05). SEM²; Standard error for LSMeans.

Tabellen viser at høstetid tidlig hadde signifikant lavere kraftfôrbehov enn høstetid normal, for førstegangskalvere og eldre dyr. Det ble ikke observert statistisk sikre forskjeller for andregangskalvere, men høstetid tidlig hadde numerisk lavere verdier.

4.5.3 Inntakskapasitet og fylleverdi

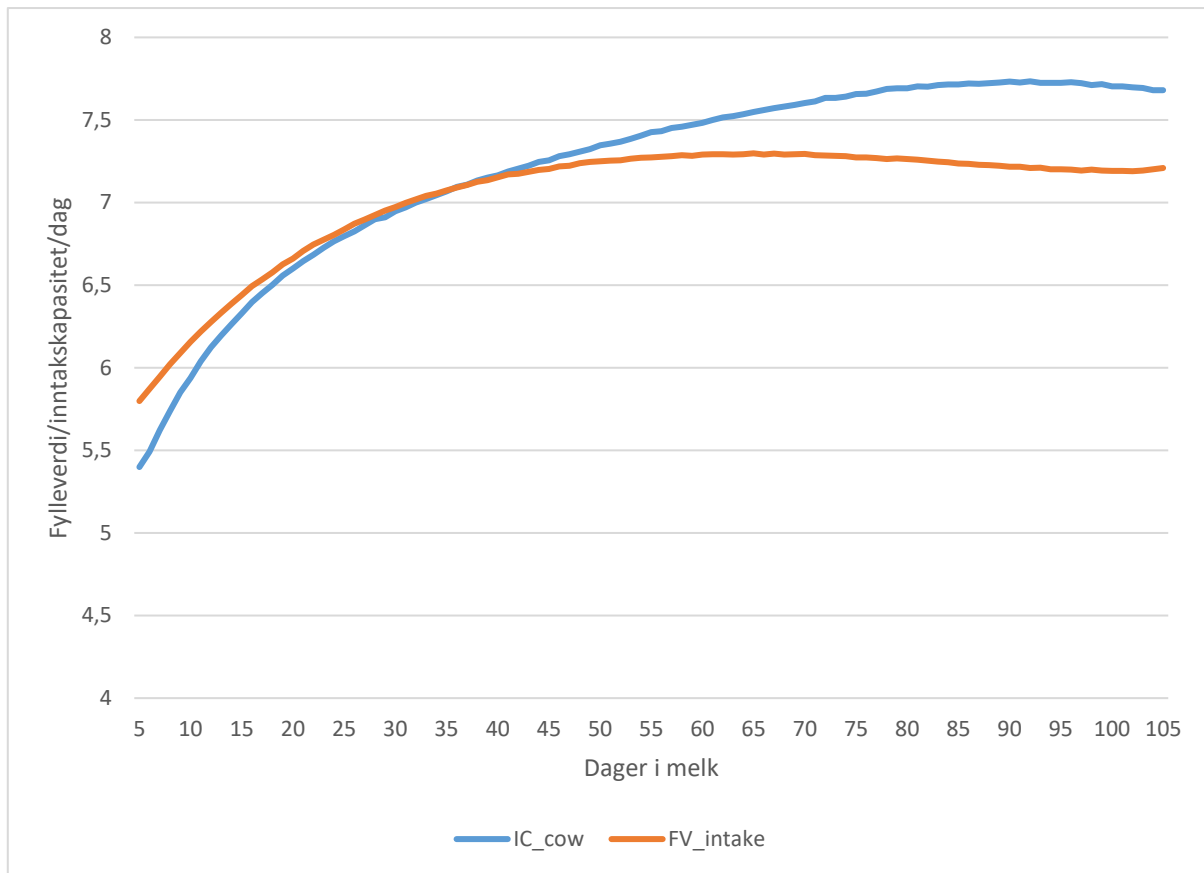
Figur 18 viser kyrnes beregnede inntakskapasitet (blå linje) og beregnet fylleverdi for konsumert fôr (rød linje), beregnet etter NorFor (Volden 2011), for høstetid tidlig.



Figur 18: Beregnet inntakskapasitet og fylleverdi for gruppen høstetid tidlig, etter dager i melk (DIM). Blå linje viser kuas inntakskapasitet og rød linje er beregnet fylleverdi av det daglige fôropptaket.

Figuren viser at kyrne konsumerte mer (rød linje) enn de har hatt kapasitet til (blå linje) hvor dette vil være 3,5% mer enn inntakskapasiteten for perioden 5-105 dager i melk.

Figur 19 viser kyrnes beregnede inntakskapasitet (blå linje) og beregnet fylleverdi for konsumert fôr (rød linje), beregnet etter NorFor (Volden 2011), for høstetid normal.



Figur 19 Beregnet inntakskapasitet og fylleverdi for gruppen høstetid normal, etter dager i melk (DIM). Blå linje viser kuas inntakskapasitet og rød linje er beregnet fylleverdi av det daglige fôropptaket.

Kyrne på surfôr av normal høstetid (Figur 19) har konsumert mindre (rød linje) enn de har kapasitet til (blå linje) gjennom undersøkelsen. Differansen fra blå linje var 2,5% i gjennomsnitt. Ved 40 dager i melk (DIM) og utover i undersøkelsen øker avstanden fra kyrnes inntakskapasitet og fôrets fylleverdi.

Tabell 23 viser fôrets fylleverdi i prosent av kuas inntakskapasitet ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5-105 DIM. Ved verdier >100 % har kyrne spist mer enn deres beregnede inntakskapasitet, og motsatt ved <100%. (Etter formel 14, se kap 3.4)

Tabell 23: Beregnet fylleverdi i prosent av kuas inntakskapasitet (LSMeans %,dag) ved 25, 50 og 100 dager i melk (DIM), samt for perioden 5-105 DIM.

DIM	Statisk tidlig	Dynamisk tidlig	Statisk normal	Dynamisk normal	SEM ²	P-verdi		
						Gruppe	Fôring ³	Høstetid ⁴
25	107,2	103,7	101,0	101,2	2,92	0,411	0,569	0,138
50	104,5	101,8	99,8	98,1	2,77	0,415	0,433	0,132
100	104,9 ^a	102,9 ^{ab}	92,8 ^b	97,0 ^{ab}	4,06	0,138	0,784	0,030
5-105	109,1 ^{ab}	112,0 ^a	98,8 ^{ab}	104,9 ^b	4,42	0,149	0,303	0,048

¹ Ulik bokstav innen samme rad viser signifikant forskjell (p-verdi<0.05 SEM²; Standard error for LSMeans.

³Kontrast, statisk mot dynamisk. ⁴Kontrast, tidlig mot normal.

I perioden 5-105 DIM var det en signifikant effekt (p<0,05) av høstetid på fôrets fylleverdi sett opp mot kuas inntakskapasitet. Avviket er lavest for høstetid normal gjennom hele undersøkelsen. Modellen har beregnet at gruppen høstetid tidlig konsumerte 10,5% mer en kyrnes beregnede inntakskapasitet i snitt.

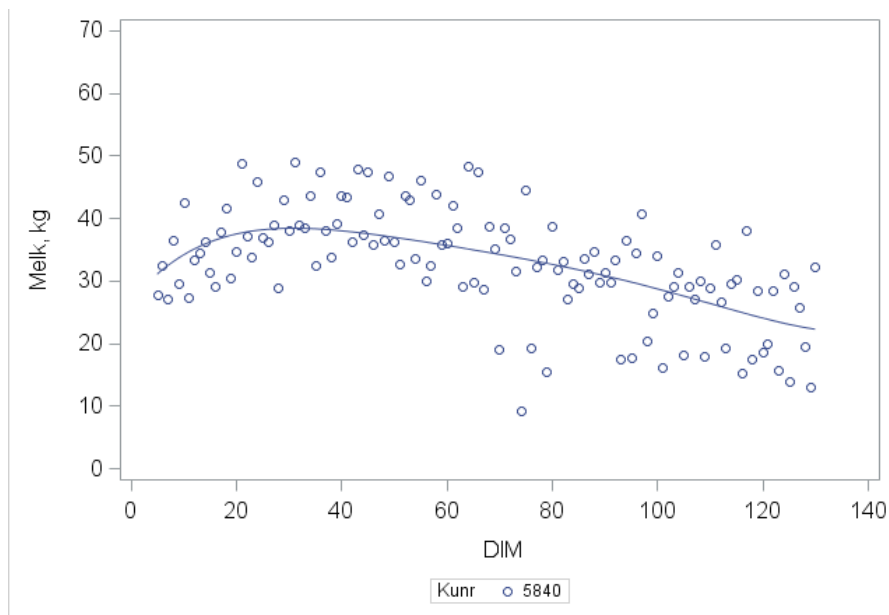
5.0 Diskusjon

Hovedformålet med forsøket var å sammenligne fôring etter standard laktasjonskurve, med en dynamisk tilnærming av fôringen. Den dynamiske tilnærmingen var utfordrende fordi det var store daglige variasjoner i opptak av surfôr og produksjon av melk. Innføringen av et syv dagers gjennomsnitt for fôropptak og produksjon var helt avgjørende for å få til en stabil vurdering av kraftfôrbehovet. Tørrstoffbestemmelse for surfôret ble gjennomført 3 ganger i uken og innholdet ble korrigert for tap av flyktige komponenter etter formelen; tørrstoff * $0,99 + 10$. Dette er en forenklet tilnærming da det av tidshensyn ikke ble analysert for flyktige komponenter i alle surfôrprøver. Innholdet av gjæringsprodukter ble analysert i prøver fra september og oktober. Analysen tilsier at den forenklete korreksjonen er tilfredsstillende god, selv om det optimalt sett skulle vært analysert prøver også fra november til januar. De kjemiske analysene av surfôrets øvrige næringsinnhold ble gjort i månedsprøver av surfôr for perioden september til januar. Standardavviket for de kjemiske analysene tilsier liten variasjon mellom månedene, slik at det kan forventes at surfôrets energi- og proteinvurderingsverdier ikke har variert så mye gjennom forsøket.

Underveis i forsøksperioden ble registrert en del sykdomsbehandling på alle forsøksgrupper, men ikke hos gruppen statistisk normal. Effekten av sykdom ble ikke analysert, så det vil ikke være mulig å si om dette har påvirket resultatene.

Det ble observert enkeltdyr som lærte seg en metode for å stjele surfôr fra motsatte høstetid. Dette ble sett særlig hos kyr på høstetid normal. Det antas at høstetid tidlig hadde en bedre smakelighet, som førte til større preferanse for dette fôret. For kyrne som stjal surfôr ser imidlertid datamaterialet til å være relativt lite påvirket av dette. Gjennom forsøket ble det tatt melkeprøver 3 ganger ukentlig for bestemmelse av stofflig innhold i melk. Det ble observert at fettinnholdet i melka varierte fra 2-22 %. Hos NRF vil fettinnholdet i melka ligge på rundt 3,8-4,0 % i tidlig laktasjon (Walsh et al. 2008), slik at det vil være fysiologisk vanskelig å tro at reelt fettinnhold over 10%. Årsaken til den store variasjonen er ikke kjent, men antas å være knyttet til uhell ved uttak og splitting av prøver og varierende melkingsintervall. Ved kort tid mellom melkingene vil fett bli mer konsentrert i melka, mens det ved lang tid mellom melkingene normalt vil gå ned. For å unngå opplagte feilregistreringer ble alle fettverdier over 10% ekskludert fra datasettet. Protein- og laktoseinnholdet så normale ut for alle kyr og prøveuttak.

Rådata for melkemengde, surfôr- og kraftfôropptak viste seg å ha store daglige variasjoner. For å få stabilisert dataene ble derfor benyttet en glattemodell (Legendre-polynom). Denne ble brukt på data for melkeproduksjon, opptak av surfôr- og kraftfôr, vekt, samt innhold av fett, protein og laktose i melka. På dager det ikke var registrert data, ville modellen beregne en verdi basert på tilhørende punkter i datasettet. Figur 20 viser output fra glattemodellen, kjørt i SAS for faktiske observasjoner og beregnede for melkeproduksjon, for en tilfeldig ku i forsøket.



Figur 20: Faktiske observasjoner (punkt) og predikert (heltrukken linje) verdier for kg melk, for en tilfeldig ku i forsøket.

Slik figuren viser gjør glattemodellen at verdiene for melk blir mer stabile og bedre egnet til bruk i vurderingen av forsøksresultatene. Årsaken til store daglige variasjoner melkeytelse er antagelig i stor grad knyttet til varierende antall melkinger i døgnet.

Det ble observert stor variasjon i melkemengde innad og mellom laktasjonsgruppe. Den største variasjonen ble observert hos førstegangskalvende. De hadde også det største avviket i forhold til ønsket produksjon på 7500 kg EKM. For andrekalvs- og eldre kyr var ytelsespotensiale kjent fra tidligere laktasjoner, og kyrne i så i måte alt selektert, da forventet dårlige melkere ikke ble tatt med i forsøket. For førstegangskalvere er ytelsespotensiale ukjent, slik at en større variasjon i datasettet er forventet. Dette vises i Figur 10. Tre av gruppene har tilnærmet lik melkemengde på laktasjonsdag 5, mens dynamisk tidlig har 8 kg EKM lavere ytelse på samme laktasjonsdag. Kraftfôrtildelingen for statistisk og

dynamiskgruppene var like fram til laktasjonsdag 21, slik at variasjonen kan ikke forklares gjennom ulik fôring og skyldes antageligvis tilfeldigheter. Årsaken til variasjon kan imidlertid forklares med genetikk- og miljøfaktorer (Tekerli et al. 2000), der noen dyr har en potensiell lav ytelse, og andre høy ytelse. I en tidligere undersøkelse ved NMBU (Kaldahl 2016), ble 8 % av førstegangskalvende utrangert grunnet svak avdrått, noe som bekrefter at det vil være lavere ytelse og større variasjon i denne laktasjonsgruppen.

Videre vil melkemengden være påvirket av antall melkinger per dag (Stelwagen 2001). På det meste var det 61 melkekyr i tidliglaktasjon på en melkerobot. Dette kan ha ført til at førstegangskalvende, som ofte er lavere i rang (Skreden 2014), ikke fikk anledningen til å melke seg ofte nok grunnet aggressive interaksjoner fra eldre dyr. Dessverre er ikke melkingsintervall vurdert i oppgaven, slik at det foreløpig ikke er mulig å si noe mer om det.

Gjennomsnittlig tilvekst for førstegangskalvere ble funnet til å være ca. 400 gram per dag. Ved justering av kraftfôrmengde for det dynamiske fôringsregime ble det ikke beregnet energibehov til tilvekst. Det kan derfor tenkes at førstegangskalvere har prioritert energien til tilvekst fremfor energi til melkeproduksjon. Effekten av laktasjonsgruppe drøftes ikke videre i oppgaven.

5.1 Fôret

Surfôret tidlig høstetid (Tabell 5) hadde et lavere innhold av tørrstoff (våtvekt), og lavere innhold av aNDFom (g/kg TS) enn normal høstetid. Høstetid tidlig har imidlertid et høyt innhold av aNDFom i forhold til forventningene. Randby et al. (2012) rapporterte om 533 g/NDF kg TS i et tilsvarende forsøk, noe som vil være 46 gram mindre enn høstetid tidlig for denne undersøkelsen. Normal høstetid ser imidlertid ut til å være mer likt som et tilsvarende surfôr til Randby et al. (2012). I følge fôrmiddeltabellen (Volden 2011) kan høstetid tidlig defineres som et lavt til middels surfôr i henhold til innholdet av NDF, og for høstetid normal et surfôr med svært lavt fordøyelighet.

Energiverdien for høstetid tidlig kan i henhold til NorFor sin fôrmiddeltabell (Volden 2011), klassifiseres som et surfôr med høy til middels fordøyelighet. Normal høstetid ble høstet 9-10 dager (Tabell 3) etter høstetid tidlig, og har en lavere NEI20-verdi enn tidlig høstetid. Dette surfôret vil være klassifisert som et fôr med lav til middels fordøyelighet. Årsaken til dette vil være knyttet til redusert fordøyelighet i karbohydratfraksjonen (Mo 2005), som en konsekvens av senere høstetid. Reduksjonen skyldes en økende andel av strukturdannende karbohydrater, og ligninifisering av cellulose og hemicellulose. Dette vil være tilsvarende årsak til høyere innhold av NDF i høstetid normal.

Innholdet av råprotein i surfôret var 151 og 127 g/kg TS for tidlig og normal høstetid. Ved å sammenligne verdiene for råprotein med NorFor-tabellen vil høstetid tidlig og normal klassifiseres som et middels og svært lavt i henhold til fordøyelighet. Det var ønsket at surfôrtypene skulle være av høy og middels fordøyelighet. Fôrets råprotein innhold påvirkes i stor grad av plantenes utviklingsstadium, gjødsling og fermentering etter innhøsting (Mo 2005), og dette kan bety at det har vært en noe svak N-gjødsling ved dyrking av fôret.

Innholdet av fermenteringsprodukter etter konservering er vist i Tabell 5.

Fermenteringsproduktene som ble analysert var melkesyre og eddiksyre, samt ammonium. Ved å sammenligne verdiene med anbefalingene (*Veidledning til analysebeviset* 2015), vil disse være innenfor et nivå som tilsier vellykket gjæring.

En av forsøksfaktorene var å benytte to ulike kvaliteter av surfôr, noe som ble oppnådd i dette forsøket. Det bør likevel knyttes litt usikkerhet til det relative høye innholdet av NDF for høstetid tidlig, da dette var over forventet innhold.

Valg av kraftfôr ble gjort i samråd med fôringsrådgiveren til SHF i henhold til analyser av surfôrtypene næringsinnhold ved forsøksstart. Kraftfôret Formel Energi Premium 70 (Tabell 5) er et kraftfôr med høyt innhold av råprotein (227 g/kg TS), og som produsenten beskriver passer til middels til sent høstetidspunkt. Alternativt kunne det ha vært brukt to typer kraftfôr i forsøket, hvor det var en kvalitet kraftfôr for hver av surfôrkvalitetene.

5.2 Effekt av høstetid

Effekten av surfôrets høstetid (tidlig mot normal) ble undersøkt på melkeytelse, fôropptak, vektendring, energibalanse, fôreffektivitet og fôrets fylleverdi i henhold til beregnet inntakskapasitet.

Høstetid ga ingen signifikant ($p > 0,05$) effekt på produksjon av EKM kg/dag (Tabell 6). Flere har rapportert om en signifikant effekt av høstetid på melkeytelse (Prestløyken et al. 2007; Randby 2003; Randby et al. 2012). I forsøket til Randby (2003) var energikonsentrasjonen i surfôret 0,95, 0,83 og 0,79 FEm/kg TS, for høstetid en uke før, en uke etter og tre uker etter begynnende skyting for timotei. Grovt regnet vil dette tilsvare 6,72, 5,87 og 5,59 MJ/kg TS. Kraftfôr ble gitt i samme mengde uavhengig av høstetid. Surfôropptaket var henholdsvis 12,5, 11,6 og 10,5 kg TS/dag. Siden kyrne fikk lik kraftfôrmengde gikk derfor energiopptaket ned, noe som kunne forklare effekten av høstetid på ytelse. I denne undersøkelsen ble effekten av ulikt energiinnhold i surfôret kompensert med høyere kraftfôrmengder hos høstetid normal, som førte til ingen effekt på melkeytelse mellom høstetid.

På surfôropptaket ble det funnet en signifikant effekt av høstetid, hvor det var signifikant høyere opptak av surfôr for høstetid tidlig. LSMeans for surfôropptak i kg TS/dag var 13,5 og 13,1 for høstetid tidlig, og 11,3 og 12,0 for høstetid normal. Dette vil være tilsvarende resultat som Randby (2003) fikk ved å undersøke surfôropptaket ulik høstetid, som også fant høyere surfôrtak ved tidligere høstet surfôr. Dette bekreftes også i senere forsøk av Randby et al. (2011), hvor det var ulik kraftfôrmengde i forhold til høstetid.

I dette forsøket kan årsaken til lavere surfôropptak for surfôr av høstetid normal forklares ved at surfôret vil ha lengre oppholdstid i vom, som følge av høyere andel av strukturdannede

karbohydrater. Dette vil så igjen kreve lengre drøvtyggingstid, og gi en mindre spisetid. Passasjehastigheten ut av vom vil være direkte tilknyttet fôrnivået, og enn kan anta at kyrne på surfôr av normal høstetid hadde lavere passasjehastighet ut av vom, grunnet lavere opptak av surfôr enn gruppen tidlig høstetid. Kyrne på surfôr av høstetid normal hadde også en større andel kraftfôr i rasjonen enn høstetid tidlig (Tabell 10), hvor dette kan ha ført til en substitusjonseffekt. Det er kjent at lettfordøyelige karbohydrater kan redusere cellulosefordøyelsen, som direkte vil redusere surfôropptaket (Forbes 1995).

Hypotesen om kyr på surfôr av høstetid tidlig hadde høyere surfôropptak enn kyr på høstetid normal kan derfor bekreftes.

Surfôropptaket var lavest 5 dager ut i laktasjonen, og økte utover forsøksperioden (Figur 13). Dette stemmer overens med Akers (2002) som fant økende fôropptak etter kalving og fram til laktasjonsuke 22. Figur 13 antyder at toppen i surfôropptak ikke er nådd ved forsøksslutt 105 DIM, noe som stemmer bra med Akers (2002) funn.

Figur 14 viser at det var en klar forskjell mellom høstetid på kraftfôropptaket gjennom forsøket, hvor gruppen på høstetid normal hadde ved 35 DIM ca. 2 kg høyere opptak av kraftfôr sammenlignet med høstetid tidlig. Dette var i henhold til forventningene, da surfôr av normal høstetid hadde et lavere energiinnhold enn høstetid tidlig og kraftfôr ble brukt for å kompensere for dette. For LSM means var daglig opptak av kraftfôr 0,93 kg TS høyere for høstetid normal sammenlignet med høstetid tidlig i perioden 5-105 DIM. Effekten av høstetid på kraftfôropptaket var ikke signifikant for perioden 5-105 DIM.

Det ble observert økende tørrstoffopptak fra 5 DIM til 40 DIM for begge gruppene (Figur 15). Det ble ikke funnet noe signifikant effekt av høstetid på det totale fôropptaket. Numerisk ble det observert høyest tørrstoffopptak for høstetid tidlig.

Figur 16 viser hvordan levendevekten endret seg gjennom forsøket, hvor kyr på høstetid tidlig og høstetid normal hadde en negativ vektendring i starten av forsøket. Ved 105 DIM var det tilsvarende lik levendevekt mellom høstetid, og det ble ikke funnet noen effekt av høstetid på levendevekt for perioden 5-105 DIM. For hele undersøkelsen var det tilnærmet lik deponering av kroppsfett, hvor det var 2 gram differanse mellom høstetid tidlig og høstetid normal. Det

kan derfor forventes at fôringen har vært i tiltrå med energibehovet til vedlikehold og produksjon gjennom forsøket.

Hvordan kyrnes energibalanse er i forhold til laktasjonsdag vil gi en pekepinn på hvor godt fôringa treffer energibehovet i henhold til anbefalingene. Figur 17 viser kyrnes energibalanse underveis i undersøkelsen, sammenlignet med anbefalingene etter NorFor (Volden 2011). Gruppen på surfôr av normal høstetid ligger over NorFor sin anbefaling. Høstetid tidlig ligger også over, men har ikke tilsvarende avvik som høstetid normal. I Tabell 18 kommer det frem at høstetid har en signifikant ($p < 0,05$) effekt på kyrnes energibalanse. Høstetid tidlig hadde i snitt en energibalanse tilsvarende 100%, mens kyrne på høstetid normal hadde 111%. Dette vil bety at høstetid tidlig har hatt fått tildelt energi tilsvarende produksjon og vedlikehold, og at kyrne på høstetid normal har blitt overfôret. Energibalansen ble beregnet ved å summere konsumert energimengde, og deretter dividere på kuas energibehov til produksjon, vedlikehold, deponering og mobilisering. Dette vil bety at kyrne på høstetid normal har konsumert mer enn behovet, og i teorien skulle ha deponert mer kroppsvekt. Det ble avkreftet i forrige avsnitt. Det vil knytte seg en del usikkerhet til beregning av konsumert energi, da energiinnholdet er beregnet etter analyse av surfôr fra to måneder, og at energiinnholdet er oppgitt som NEI20 verdier.

Fôrutnyttelse kan beregnes som kg EKM produsert per kg tørrstoff konsumert. I denne undersøkelsen ble det funnet ingen signifikant effekt av høstetid (Tabell 19). Randby et al. (2012) fant heller ingen sikker effekt av høstetid på fôrutnyttelse, men at det var en tendens til lavere fôrutnyttelse ved økende kraftfôr nivå. Dette vil være tilsvarende resultat som ble funnet i denne undersøkelsen. Numerisk hadde høstetid normal bedre fôrutnyttelse enn høstetid tidlig (1,55 mot 1,45) for perioden 5-105 DIM, som kan forklares ved at det var forskjell i kraftfôrmengde mellom høstetid.

Fôrutnyttelse kan også beregnes som kg. kraftfôr per 100 kg. produserte EKM. I Tabell 21 kommer det frem at det ble brukt i snitt 3,2 kg mindre kraftfôr per 100 kg. produserte EKM for gruppen på høstetid tidlig mot høstetid normal, men at forskjellen er ikke statistisk sikre. Høstetid tidlig var et surfôr høstet før begynnende skyting. I henhold til høstetid har Mo (2005) kommentert at et surfôr tilsvarende som høstetid tidlig egner seg til en surfôrbasert melkeproduksjon, noe som kan delvis bekreftes i denne undersøkelsen. Dette vil også være forventet da høstetid tidlig hadde høyere energiinnhold enn høstetid normal, og behovet for kraftfôr var lavere.

Det ble sett på hvordan NorFor sine (Volden 2011) beregninger for kyrnes inntakskapasitet og fôrets fylleverdi stemte med de faktiske observasjonene i denne undersøkelsen. Kyrnes inntakskapasitet ble beregnet med faktorene DIM, melkemengde, mobilisering og deponering, samt levendevekt, og det var korrigeringer for førstegangskalvere og eldre dyr. Fylleverdien for et fôr ble beregnet ut i fra fôrets innhold av NDF og OMD (%). Fylleverdien ble korrigert for fôrets innhold av gjæringsprodukt. Videre ble det beregnet effekt av kraftfôrets substitusjon på surfôropptaket og effekt av kyrnes metabolske regulering.

Figur 18 og Figur 19 viser kyrnes beregnet inntakskapasitet og beregnet fylleverdi for høstetid tidlig og normal. Ved å sammenligne kyrnes inntakskapasitet (IC_cow) er linjene ganske like, hvor dette kan forklares med tilnærmet samme melkemengde, levendevekt og mengden mobilisering og deponering gjennom undersøkelsen (Tabell 7, Tabell 15 og Tabell 16) for høstetid tidlig og normal. Fôrrasjonens fylleverdi (FV_Intake) for de to surfôrtypene vil være det som skiller gruppene. En beregnet $IC_{cow}=FV_{intake}$ tilsvarende 100% vil bety at kyrne har konsumert surfôr i henhold til deres beregnede kapasitet.

Høstetid hadde en signifikant effekt på $IC_{cow}=FV_{intake}$, når inntakskapasiteten ble satt til 100 %. Tabell 23 viser at kyrne på det tidlig høstet surfôret konsumerte mer enn de teoretisk hadde kapasitet til (109,1 % og 112,0). For kyrne på surfôr av normal høstetid var avviket i henhold til teoretisk kapasitet noe lavere (98,8% og 104,9). Dette kan bety at modellen til NorFor (Volden 2011) har overestimert parameterne for det tidlig høstet surfôret.

Fylleverdien for et fôrmiddel benytter variablene fordøyeligheten av organisk stoff (OMD) (%) og NDF, samt korrigering av eventuelle gjæringsprodukt. Grunnet høyere NDF-innhold enn forventet for surfôr av høstetid tidlig, kan det derfor tenkes at NDF-innholdet ikke er helt korrekte, som har ført til høy fylleverdi for surfôret. Beregningen for fylleverdi viste seg å være svært påvirket av surfôrets NDF-innhold. OMD-verdien ble hentet fra analyserapporten fra Eurofins, hvor det var analysert for surfôr i september og oktober måned, slik at det vil være knyttet litt usikkerhet til om OMD-verdien er helt korrekte. For høstetid tidlig ble det også korrigert for innholdet av gjæringsprodukter, hvor dette var fra analyser for september og oktober måned. Det kan også tenkes at modellen skulle inneholdt effekter av partikkelstørrelse og kuttelengde, siden Mo (2005) har kommentert at dette vil påvirke surfôropptaket. I dette forsøket ble det gjennomført samme innhøstingsmetode og blanding av surfôret, og det antas derfor ingen effekt.

I forsøket til (Krizsan et al. 2014) ble fôropptaket hos melkekyr overestimert ved evalueringen av modellen til NorFor (Volden 2011), hvor det ble funnet en signifikant ($p < 0,05$) effekt av surfôrets tørrstoff og feilledet til inntakskapasiteten. Surfôrets tørrstoff har blitt rapportert av flere å ha en direkte effekt på tørrstoffopptaket (Huhtanen et al. 2007; Prestløkken et al. 2007; Randby et al. 2012). For surfôret av tidlig høstetid er det en større variasjon i tørrstoffet, enn for surfôret av normal høstetid. (Tabell 5). Grunnet større variasjon i tørrstoffet, kan det derfor tenkes at modellen ikke greide å predikere riktig for gruppen på høstetid tidlig.

5.3 Effekt av fôringsregime

Effekten av statisk og dynamisk fôringsregime ble undersøkt på melkeytelse, fôropptak, vektendring, energibalanse, fôreffektivitet og fôrets fylleverdi i henhold til beregnet inntakskapasitet.

Det ble ikke funnet noen signifikant effekt av fôringsregime på melkeproduksjon. Statisk fôringsregime hadde numerisk høyere kg EKM/dag enn dynamisk, hvor dette utgjorde nesten 2 kg EKM i snitt for perioden 5-105 DIM (Tabell 6). Statisk fôringsregime ser også ut til å komme opp i topplaktasjon raskere enn dynamisk (dag 30 og dag 45) (Figur 9). Mengden melk vil være påvirket av energi- og tørrstoff opptak (Briceno et al. 1987), slik det kan forventes at fôringen har påvirket ytelsen. På surfôropptaket ble det funnet ingen signifikant effekt av fôringsregime, men dynamisk konsumerte mer surfôr i snitt enn statisk (12,4 mot 12,6 kg TS) i perioden 5-105 DIM. Fra laktasjonsdag 5 til 105 ble ikke funnet noen signifikant effekt av kraftfôropptak, men kyr i det statiske fôringsregime konsumerte i snitt mer enn dynamisk. (6,55 mot 6,10 kg TS). Årsaken til dette er at det statiske fôringsregime ble styrt etter et forutbestemt kraftfôrnivå i henhold til laktasjonsgruppe, men det dynamiske fôringsregime ble justert ukentlig etter faktisk produksjon og behovet til vedlikehold.

Tine Rådgiving (2012) har kommentert at det vil være lite hensiktsmessig og nedjustere kraftfôrmengden før kyrne er i topplaktasjon. Ved å sammenligne Figur 9 og Figur 14 kan det se ut til at nedjusteringen av kraftfôr har skjedd før kyrne i det dynamiske fôringsregime nådde topplaktasjon. Dette kan ha ført til underdekning av energi i tidlig laktasjonen, og at dyras genetiske potensiale ikke har kommet frem, og at det derav ikke ble funnet noen effekt av fôringsregime på melkemengde.

Det ble ikke funnet noen effekt av fôringsregime på kyrnes vektendring gjennom forsøket. Statisk fôringsregime hadde høyest deponering av kroppsvekt gjennom forsøket, hvor utgjorde i snitt 50 gram per dag sammenlignet med dynamisk fôringsregime (Tabell 16). Som nevnt ovenfor hadde dynamisk fôringsregime lavere kraftfôrmengde enn statisk fôringsregime, som betyr mindre energi konsumert. Dette kan bety at kyrne på det dynamiske fôringsregimet har fått en bedre tildeling av kraftfôrmengde, som har ført til mindre deponering. Dette kan delvis bekreftes ved å se på energibalanse. Det var ingen signifikant

effekt av fôringsregime, men at dynamisk fôringsregime har numerisk lavere verdier enn statistisk fôringsregime.

Hypotesen ved at fôringsregime vil gi en mindre relativ vektendring kan delvis bekreftes, i favør for det dynamiske fôringsregime.

Mengden kraftfôr (kg) per 100 kg produserte EKM vil være et direkte mål på kostnadseffektiviteten i produksjonen, hvor lavere verdier vil bety mer melk fra surfôret vs. kraftfôret. Tine medlem rapporterer at Norske melkecuprodusenter brukte i snitt 29 kg kraftfôr per 100 kg produserte EKM (*Kukontrollen* 2017). Dynamisk fôringsregime hadde numerisk lavere verdier enn statistisk fôringsregime for perioden 5-105 DIM, men at effekten av fôringsregime ikke var statistisk sikre (Tabell 21). Alle kyrne hadde i snitt lavere kraftfôrbehov enn det Tine rapporterer, men dette skyldes mest trolig at undersøkelsen ikke har data for en hel 305-dagers laktasjon. På laktasjonsdag 100 ble det funnet en tendens til at fôringsregime har en effekt på kraftfôrmengden per 100 kg EKM, hvor dynamisk hadde et numerisk lavere behov. Mengden kraftfôr til produksjon av melk vil ha en sterk innvirkning på lønnsomheten i produksjonen, og André et al. (2010) har rapportert om mer lønnsom melkeproduksjon i besetninger som benytter fôringsregimet dynamisk fôring. Dette betyr at det har vært en mer økonomisk fôring av kyrne på det dynamiske fôringsregime i forhold til statistisk fôringsregime i henhold til kraftfôrforbruk. I Nederland er prinsippet med dynamisk fôring allerede tatt i bruk, hvor det er rapportert større lønnsomhet i melkeproduksjon (Von Gool 2010). Meijer og Peeters (2010) har kritisert konseptet bak dynamisk fôring å ikke ta hensyn til surfôropptak og vektutvikling. Modellen som den er i dag vil justere kraftfôrnivået etter prisforholdet melk/kraftfôr, noe som kan føre til uheldig høye kraftfôrrasjoner. Basert på denne undersøkelsen ble ikke effekten av inntekt og kostnad tatt med i beregningene, men surfôropptak og vekt ble vurdert. Undersøkelsen viser at det vil være mulig med et dynamisk fôringsregime som tar hensyn til surfôropptak og levendevekt, men at effekten ikke er statistisk sikker. Dette kan komme av at undersøkelsen innehar kun data for 5-105 DIM, og at effekten kan ha blitt mer tydelig om data for 305-dagers laktasjon hadde vært tilgjengelig.

Hypotesen om dynamisk fôring gir en bedre tilpassing mellom surfôropptak og ytelse kan delvis bekreftes, men at effekten av fôringsregime ikke var statistisk sikker.

6.0 Konklusjon

Kyrnes produksjon og opptak av fôr var like for begge fôringsstrategiene. Surfôrets høstetid påvirket opptaket av surfôr, men ikke melkeytelse. Beregningen for kyrnes teoretiske inntakskapasitet og fôrets fylleverdi stemte best for høstetid normal, men overestimerte fôrets fylleverdi for høstetid tidlig, slik at det så ut som kyrne konsumerte mer surfôr enn de hadde kapasitet til. Det dynamiske fôringsregime hadde et lavere kraftfôrforbruk per 100 kg produserte EKM enn statisk, men forskjellene var ikke statistisk sikre. Dynamisk fôringsregime hadde en lavest relativ vektendring i undersøkelsen, som tyder på at de har fått fôringen justert etter behovet. Undersøkelsen viser at en dynamisk tilnærming av laktasjonskurven er mulig, men at effekten ikke ble så tydelig som ønsket. Ved en eventuell ny gjennomføring av forsøket hadde det vært interessant å sett om effekten av det dynamiske fôringsregime ble tydeligere med en 305-dagers laktasjonsperiode.

7.0 Referanseliste

- Akers, R. M. (2002). *Lactation and the mammary gland*. Ames, Iowa: Iowa State Press.
- Ali, T. E. & Schaeffer, L. R. (1987). Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 67 (3): 637-644.
- Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*, 80 (7): 1447-1462.
- Allen, M. S. (2014). Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, 54 (10): 1513-1524.
- André, G., Ouweltjes, W., Zom, R. L. G. & Bleumer, E. J. B. (2007, 3-6 Juni 2007). *Increasing economic profit of dairy production utilizing individual real time process data* Precision livestock farming '07 : 3rd European Conference Skiathos, Greece, s. 179-186: Wageningen Academic Publishers.
- André, G., Bleumer, E. J. B. & van Duinkerken, G. (2009). Evaluation of an application for dynamic feeding of dairy cows *Precision livestock farming 2009 : Wageningen University and Research Center* 25-32.
- André, G., Berentsen, P. B. M., Duinkerken, G. V., Engel, B. & Odde Lansink, A. G. J. M. (2010). Economic potential of individual variation in milk yield response to concentrate intake of dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, 148 (3): 269-276.
- André, G., Engel, B., Berentsen, P. B. M., Duinkerken, G. V. & Odde Lansink, A. G. J. M. (2011). Adaptive models for online estimation of individual milk yield response to concentrate intake and milking interval length of dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, 149 (6): 769-781.
- Archimède, H., Sauvant, D. & Schmidely, P. (1997). Quantitative review of ruminal and total tract digestion of mixed diet organic matter and carbohydrates. *Reproduction Nutrition Development* 37: 173-189.
- Beerda, B., Ouweltjes, W., Šebek, L. B. J., Windig, J. J. & Veerkamp, R. F. (2007). Effects of Genotype by Environment Interactions on Milk Yield, Energy Balance, and Protein Balance. *Journal of Dairy Science*, 90 (1): 219-228.
- Bines, J. A. & Morant, S. V. (1983). The effect of body condition on metabolic changes associated with intake of food by the cow. *Br J Nutr*, 50 (1): 81-89.
- BioControl. (2013). *Registering og styring av grovfôropptak*. Tilgjengelig fra: <http://www.biocontrol.no/nb/products/registering-og-styring-av-grovforopptak/> (lest 20.01.17).

- Briceno, J. V., Van Horn, H. H., Harris, B., Jr. & Wilcox, C. J. (1987). Effects of neutral detergent fiber and roughage source on dry matter intake and milk yield and composition of dairy cows. *Journal of dairy science* (2): 298-308.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hveplund, T. & Nørgaard, N. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering* s. 119-146: Danmarks JordbrugsForskning.
- Calsamiglia, S., Cardozo, P. W., Ferret, A. & Bach, A. (2008). Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH*, 86 (3): 702-711.
- Coffey, M. P., Simm, G. & Brotherstone, S. (2002). Energy Balance Profiles for the First Three Lactations of Dairy Cows Estimated Using Random Regression. *Journal of Dairy Science*, 85 (10): 2669-2678.
- Conrad, H. R., Pratt, A. D. & Hibbs, J. W. (1964). Regulation of Feed Intake in Dairy Cows. I. Change in Importance of Physical and Physiological Factors with Increasing Digestibility¹. *Journal of Dairy Science*, 47 (1): 54-62.
- Cox, S. (2002). Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 (2): 93-111.
- Cunha, D. d. N. F. V. d., Pereira, J. C., Silva, F. F. e., Campos, O. F. d., Braga, J. L. & Martuscello, J. A. (2010). Selection of models of lactation curves to use in milk production simulation systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 891-902.
- Danfær, A., Huhtanen, P., Udén, P., Sveinbörnsson, J. & Volden, H. (2006). The Nordic Dairy Cow Model, Karoline - Description. I: Kebreab, E., France, J. & Dijkstra, J. (red.) *Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals: Modelling Approaches* s. 383-406. Wallingford, UK: CAB international
- De Boever, J. L., Cottyn, B. G., De Brabander, D. L., Vanacker, J. M. & Boucqué, C. V. (1996). Prediction of the feeding value of grass silages by chemical parameters, in vitro digestibility and near-infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, 60 (1): 103-115.
- De Vries, M. J. & Veerkamp, R. F. (2000). Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *Journal of Dairy Science*, 83 (1): 62-69.
- Dijkstra, J., France, J., Dhanoa, M. S., Maas, J. A., Hanigan, M. D., Rook, A. J. & Beaver, D. E. (1997). A Model to Describe Growth Patterns of the Mammary Gland During Pregnancy and Lactation. *Journal of Dairy Science*, 80 (10): 2340-2354.

- Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J. & Bannink, A. (2011). Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology*.
- 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 (12): 8846-8855.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. & Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (1): 68-78.
- Enevoldsen, C. & Kristensen, T. (1997). Estimation of Body Weight from Body Size Measurements and Body Condition Scores in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80 (9): 1988-1995.
- Eurofins*. (2015). Veiledning til analysebevist grovfôr: Eurofins. Tilgjengelig fra: www.eurofins.no/media/356785/veiledning-grovfôr.pdf (lest 26.01.16).
- Forbes, J. M. (1995). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International.
- Geno. (2014). *Anbefalt hold for NRF-ku*. Tilgjengelig fra: <http://www.geno.no/Start/Brunst/Fagstoff/Hold-og-holdvurdering/Anbefalt-hold-for-NRF-ku/> (lest 10.03.17).
- Gillund, P., Karlberg, K., Reksen, O. & Lutnæs, B. (2000). *En forenklet metode for holdvurdering av mjølkekyr*. Husdyrforsøksmøtet Norges landbrukshøgskole, Ås, s. 249-252.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T. & Karlberg, K. (2001). Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (6): 1390-1396.
- Gjefsen, T. (2007). *Fôringslære*. 3. utg. utg. Oslo: Tun.
- Hammon, H. M., Metges, C. C., Junghans, P., Becker, F., Bellmann, O., Schneider, F., Nürnberg, G., Dubreuil, P. & Lapierre, H. (2008). Metabolic Changes and Net Portal Flux in Dairy Cows Fed a Ration Containing Rumen-Protected Fat as Compared to a Control Diet. *Journal of Dairy Science*, 91 (1): 208-217.
- Hansen, I. M., Andersen, F., Volden, H., Østerås, O. & Reksen, O. (2009). *Optimalisering av formen på laktasjonskurva til norske melkekyr med tanke på fôring, helse, fruktbarhet og økonomi*. Husdyrforsøksmøtet Thon Hotel Arena, s. 551-553.

- Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. & Lammers, B. P. (1999). Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal of animal science*, 77 (1): 180.
- Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Steine, T. (2007). Selection Responses for Disease Resistance in Two Selection Experiments with Norwegian Red Cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (5): 2419-2426.
- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J. I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. (2002). Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, 73 (2): 111-130.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*, 1 (5): 758-770.
- Hveplund, T. & Nørgaard, N. (2003). Drøvtyggernes karakteristika I: Hveplund, T. & Nørgaard, N. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering* s. 119-146: Danmarks JordbrugsForskning.
- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering af foderoptagelsen. I: Hveplund, T. & Nørgaard, N. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering* s. 147-210: Danmarks JordbrugsForskning.
- Jung, H. G. & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73 (9): 2774.
- Jørgensen, M. (1999). *Drøvtyggjarboka*. Nynorsk[utg.]. utg. Oslo: Landbruksforlaget.
- Kaldahl, Ø. H. (2016). *Effekt av fôring fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på melkeytelse og holdbarhet i første og andre laktasjon for NRF-kviger*. Hovedoppgave. Ås: Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. 64 s.
- Kaufmann, W. (1976). Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed in-take in ruminants. *Livestock Production Science*, 3 (2): 103-114.
- Kristensen, V. F., Weisbjerg, M. R., Børsting, C. F., Aaes, O. & Nørgaard, P. (2003). Malkekoens energiforsyning og produktion. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2- Fodring og prodktion*, s. 73-112: Danmarks JordbrugsForskning.
- Krizsan, S. J., Höjer, A., Huuskonen, A., Hetta, M. & Huhtanen, P. (2014). Evaluation of the feed intake models in the Nordic feed evaluation system NorFor. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*: 1-13.

- Madsen, J. (1985). The Basis for the Proposed Nordic Protein Evaluation System for Ruminants. The AAT-PBV System. *Acta Agric. Scand Suppl.*, 25: 9-20.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition*. 7th ed. utg. Harlow: Prentice Hall.
- Meijer, R. & Peeters, K. (2010). The Use of Precision Dairy Farming in Feeding and Nutrition. Tilgjengelig fra: <http://precisiondairy.com/proceedings/s11meijer.pdf> (lest 18.01.2017).
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Oslo: Landbruksforl.
- Nielsen, H. M., Friggens, N. C., Løvendahl, P., Jensen, J. & Ingvarsen, 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 (2): 119-133.
- Nielsen, N., I. & Volden, H. (2011). Animal requirements and recommendations. I: Volden, H. (red.) *NorFor - : The Nordic feed evaluation system*, s. 85-112: Wageningen Academic Publishers.
- Nørgaard, P. & Mølbak, L. (2001). Relation between dietary chewing index value and net energy intake in cattle fed concentrates restrictively and forage ad libitum. I: Chwalibog, A. & Jakobsen, K. (red.) EAAP publication, b. No. 103 *Energy metabolism in animals : proceedings of the 15th symposium on energy metabolism in animal*, s. 67-70. Wageningen: Wageningen Pers.
- Olori, V. E., Brotherstone, S., Hill, W. G. & McGuirk, B. J. (1999). Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science*, 58 (1): 55-63.
- Patton, J., Kenny, D. A., Mee, J. F., O'mara, F. P., Wathes, D. C., Cook, M. & Murphy, J. J. (2006). Effect of Milking Frequency and Diet on Milk Production, Energy Balance, and Reproduction in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 89 (5): 1478-1487.
- Penner, G. B., Taniguchi, M., Guan, L. L., Beauchemin, K. A. & Oba, M. (2009). Effect of dietary forage to concentrate ratio on volatile fatty acid absorption and the expression of genes related to volatile fatty acid absorption and metabolism in ruminal tissue. *Journal of Dairy Science*, 92 (6): 2767-2781.
- Prestløkken, E., Randby, Å. T., Eknæs, M. & Garmo, T. (2007). Tidlig og normalt høstet gras. Opptak av surfôr og produksjon hos mjølkekyr. I: *Husdyrforsøksmøtet 2007 : Thon hotel Arena 14.-15. februar 2007*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap.
- Randby, Å. T. (2003). *Høstetid og Fôr kvalitet* Grønn kunnskap Kvithamarmøtet, s. 27-43: Planteforsk.

- Randby, Å. T., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P., Garmo, T. H., Prestløkken, E. & Heringstad, B. (2011). Surfôropptak og mjølkeytelse ved ulike kraftfôrnivåer til tidlig høsta gras. I: Brodin, J. & Fog, M. O. (red.) *Husdyrforsøksmøtet 2011 : Thon Hotel Arena, 14.-15. februar 2011*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap.
- Randby, Å. T., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P. & Heringstad, B. (2012). Early lactation feed intake and milk yield responses of dairy cows offered grass silages harvested at early maturity stages. *Journal of Dairy Science*, 95 (1): 304-317.
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J. & Berry, D. P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 92 (12): 5769-5801.
- Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Looor, J. J. & Berry, D. P. (2013). Assessing and Managing Body Condition Score for the Prevention of Metabolic Disease in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29 (2): 323-336.
- Schei, I., Volden, H. & Bævre, L. (2005). Effects of energy balance and metabolizable protein level on tissue mobilization and milk performance of dairy cows in early lactation. *Livestock Production Science*, 95 (1): 35-47.
- Shingfield, K. & Garnsworthy, P. C. (2012). *Rumen lipid metabolism and its impacts on milk production and quality* Garnsworthy, P. C. & Wiseman, J. (red.). 53-93: Nottingham University Press.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of domestic animals*. 2nd ed. utg. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sjaunja, L. O., Bævre, L., Junkkari, L., Pedersen, J. & Setälä, J. (1991). A Nordic proposal for an Energy Corrected milk (ECM) formula I: Gaillon, P. & Chabert, Y. (red.) *Performance recording of animals : state of the art, 1990 : proceedings of the 27th biennial session of the International Committee for Animal Recording (ICAR), Paris, France, 2-6 July 1990*, s. 156-157. Wageningen: EAAP Publication No. 50, 1991.
- Skjevdal, T., Brenne, T. & Harstad, O. M. (1992). Ny energi- og proteinvurdering for drøvtyggere. Ås: Statens fagtjeneste for landbruket
- Skreden, H. J. (2014). *Effekt av å ha førstegangskalvere i separat avdeling etter kalving* Hovedoppgave Ås: Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. 55 s.
- Stelwagen, K. (2001). Effect of Milking Frequency on Mammary Functioning and Shape of the Lactation Curve. *Journal of Dairy Science*, 84: E204-E211.

- Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I. & Akcan, A. (2000). Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 83 (6): 1381-1386.
- Tine Rådgiving. (2012). Fôringstrategier.
- Tingstad, H. (2010). *Råfettekstraksjon*: IHA, NMBU, ÅS. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/download/file/fid/17064> (lest 09.04.2017).
- Van Es, A. J. H. (1978). Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. *Feed evaluation for ruminants [Dairy, beef cattle]. I. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands*, Oct (4): 331-345.
- Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional ecology of the ruminant : ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers*. Ithaca, N.Y: Comstock Publishing Associates.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. utg. Ithaca, N.Y: Comstock Pub.
- Volden, H. (2011). *NorFor - : The Nordic feed evaluation system*: Wageningen Academic Publishers.
- Von Gool, B. (2010). *Nederland: "Dynamisk fôring" gir bedre fôringsøkonomi* Norsk Landbruksrådgivning Vest SA. Tilgjengelig fra: <https://vest.nlr.no/fagartikler/3872/> (lest 17.01.2017).
- Walsh, S., Buckley, F., Pierce, K., Byrne, N., Patton, J. & Dillon, P. (2008). Effects of Breed and Feeding System on Milk Production, Body Weight, Body Condition Score, Reproductive Performance, and Postpartum Ovarian Function. *Journal of Dairy Science*, 91 (11): 4401-4413.
- Wilmink, J. B. M. (1987). Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science*, 16 (4): 335-348.
- Wood, P. D. P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. I: b. 216 (5111) *Nature*, s. 164-165.
- Wood, P. D. P. (1969). Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle *Animal Production*, 11: 307-316.
- Åkerlind, M., Nielsen, N., I. & Volden, H. (2011). Animal input characteristics I: Volden, H. (red.) *NorFor - : The Nordic feed evaluation system*, s. 27-32: Wageningen Academic Publishers.
- Åkerlind, M. (2017). *Equation changes NorFor* (e-post til Egil Perstløyken 19.04.2017).

Årsstatistikk for kukontrollen 2016. (2017). Tine Kukontrollen. Tilgjengelig fra:
<https://medlem.tine.no/minedata-kk/#/reports/statistics/report> (lest 26.01.17).



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway