



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Fakultet for Biovitenskap

## **Effekt av høstetidspunkt og fôringsregime på tyggetid hos melkekyr i automatiske melkesystem.**

Effect of harvest time and feeding regime on  
chewing time in dairy cows in an automatic milking  
system.

Karoline Holte  
Husdyrvitenskap



## Forord

Denne oppgaven ble skrevet våren 2017 ved Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitenskap ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) på Ås. Denne oppgaven avslutter fem fantastiske år som husdyrstudent på Ås. Nå kan jeg endelig si meg ferdig som student og få tittelen sivilagronom.

Jeg hadde lyst å skrive en oppgave innenfor drøvtyggerernæring. Med god hjelp fra veileder ble denne oppgaven utformet. Oppgaven ble skrevet fra AMS-forsøk utført ved Senter for Husdyrforsøk (SHF) på Ås gård fra september 2016 til mars 2017. En stor takk til alle som har jobbet med forsøket på SHF og Stoffskifteavdelingen på Ås. I tillegg takk til Kennet for godt samarbeid med datamaterialet fra dette forsøket. En liten takk til alle kyrne som deltok i forsøket også, dere var stort sett veldig greie å jobbe med.

En stor takk til veileder Egil Prestløyken for hjelp med både utforming av oppgaven og den statistiske modellen.

Takk til Elisabeth, Karoline, Marte Marie og Tonje for godt selskap på lesesalen. Det har vært veldig trivelig og motiverende å sitte sammen med dere. En ekstra takk til Karoline Hol for lån av PC de siste dagene, da min PC kortsluttet.

Videre en stor takk til Ole Johnny, venner og familie for korrekturlesing av oppgaven. Til slutt takk til alle som har gjort studietida på Ås til en fantastisk opplevelse. Spesielt takk til alle fistelkyr og ansatte på Stoffskifteavdelingen som jeg har hatt den glede av å få jobbe sammen med de siste fire årene.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.

Ås, mai 2017

Karoline Holte

## Sammendrag

Denne oppgaven består av en litteraturoversikt og egne undersøkelser. Litteraturoversikten inneholder en generell gjennomgang av fordøyelsen til drøvtyggere og en beskrivelse av hvorfor det er viktig med god struktur i rasjonen. Begrepet tyggetid er utviklet som et mål for å vurdere rasjonens innhold av struktur. Tyggetid er et godt mål på strukturverdien av en fôrrasjon og dermed hvordan rasjonen kan påvirke kyers helse og produksjon.

Hovedmålet med oppgaven var å undersøke effekt av høstetidspunkt og fôringsregime på tyggetid hos melkeku i et automatisk melkesystem (AMS). To surfôrkvaliteter, høstet ved tidlig (31.mai og 1. juni) og normalt (9.juni) utviklingsstadium ble benyttet i forsøket. Fôringsregimene var statisk fôrtildeling der mengden kraftfôr i rasjonen ble gitt etter standard laktasjonskurver fra NorFor og dynamisk fôrtildeling der kraftfôrmengden i rasjonen ble justert ukentlig etter observert ytelse, vekt og grovfôropptak.

Forsøket ble utført på 61 kyr av rasen NRF fra 7 dager før kalving og til 120 dager etter kalving. Kyrne ble delt inn i tre laktasjonsgrupper: førstekalvskyr, andrekalvskyr og eldre kyr. Tyggetid ble registrert ved 21-28, 56-63 og 98-105 dager etter kalving. Trådløse grimer fra RumiWatch (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Sveits) med en trykksensor i nesebåndet ble benyttet til dette. Tyggetidsregistreringene ble satt i sammenheng med tørrstoffopptak og NDF-opptak. Observert tyggetid i forsøket ble validert opp mot verdier i NorFor.

Resultatene viste at surfôr høstet ved normalt høstetidspunkt ga en signifikant lengre drøvtyggingstid sammenlignet med gras høstet tidlig ( $p < 0,05$ ). Denne effekten ble vist på daglig drøvtyggingstid i minutter (min/dag), i forhold til tørrstoffopptak (min/kg TS) og i forhold til NDF-opptak (min/kg NDF). Effekten av høstetidspunkt var tydeligst hos andrekalvskyr og eldre kyr. Surfôr høstet tidlig ga signifikant høyest grovfôropptak ( $p < 0,05$ ). Det var ingen klar effekt av fôringsregimene, men i forhold til tørrstoffopptak ga dynamisk fôrtildeling signifikant lengere drøvtyggingstid og total tyggetid enn statisk fôrtildeling. Denne effekten var klarest for førstekalvskyr.

Konklusjonen er at høstetidspunkt har en effekt på tyggetiden, gjennom økt drøvtyggingstid for seinest høstetidspunkt. Det ble ikke funnet noen klar effekt av fôringsregime, men det var en tendens til at kyrne tygger fôret mindre effektivt ved dynamisk fôring enn statisk fôring.

## Abstract

This thesis consists of a literature study and an experimental part. The literature part gives a general review of ruminant digestion and the importance of structure in the feed-ration. The term chewing time is used for assessing the structure value in the feed-ration. Chewing time is a good measure of structure value of the ration and thereby is a good indicator for assessing how a feed-ration affects a cow's health and production.

The main objective of this study was to investigate the effect of harvest time and feeding regime on chewing time in dairy cows in an automatic milking system (AMS). Two qualities of grass silage was used, one harvested early (May 31 and June 1) and one at normal (June 9) stage of maturity. The feeding regimes was static feeding allocation where feed is offered according to pre-set NorFor standard lactation curves and dynamic feeding allocation where the ration was adjusted weekly according to observed milk yield, live weight and silage intake

The trial was performed on 61 Norwegian red (NRF) dairy cows from 7 days before calving to 120 days after calving. The cows were divided into: first-lactation, second-lactation and older cows. Chewing time was recorded 21-28, 56-63 and 98-105 days after calving. Wireless halters from RumiWatch (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Switzerland) with a noseband pressure sensor were used to record chewing time. The recordings of chewing time were linked up to dry matter uptake and NDF uptake. Observed chewing time in the experiment was validated against values calculated in NorFor.

The results showed that normal harvesting time significantly increased rumination time compared to grass harvested early ( $p < 0,05$ ). This effect was shown on daily rumination time in minutes (min/day) relative to dry matter intake (min/kg DMI) and relative to NDF uptake (min/kg NDF). The effect was most apparent for cows in second-lactation and older cows. Grass harvested early yielded a significantly highest silage intake ( $p < 0,05$ ). No clear effects of feeding regimes were observed, but in regard to dry matter intake dynamic feed allocation yielded significantly longer rumination time and total chewing compared to static feed allocation. The effect was clearest in first-lactation cows.

The conclusion from this study is that harvesting time influences chewing time, through increased rumination time at latest harvesting time. No clear effect of feeding regimes was observed, but the cows on dynamic feeding tend to chew the feed less efficient than cows on static feeding.

# Innhold

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
1.0 Innledning .....	1
2.0 Litteraturredel .....	3
2.1 Generelt om fôret til en drøvtygger .....	3
2.2 Fordøyelse i formagene .....	4
2.2.1 Fordøyelse av næringsstoffer i vom .....	7
2.2.2 Vommiljø .....	8
2.2.3 Betydningen av nok struktur i rasjonen .....	10
2.3 Fôropptak .....	12
2.3.1 Regulering av fôropptak .....	12
2.3.2 Faktorer som påvirker fôropptak .....	13
2.3.3 System for bestemmelse av fôropptak .....	15
2.4 Tyggetid .....	16
2.4.1 Faktorer som påvirker tyggetid .....	19
2.4.2 Metoder for å måle tyggetid .....	22
2.4.3 Beregning av tyggetid .....	23
3.0 Egne undersøkelser .....	25
3.1 Material og metode .....	25
3.1.1 Forsøksdyr .....	25
3.1.2 Fôrrasjoner .....	25
3.1.2 Registrering av fôropptak .....	27
3.1.3 Registrering av tyggetid .....	28
3.1.4 Prøvetaking og analyser .....	29
3.1.5 Beregninger og statistikk .....	30

3.2 Resultater.....	33
3.2.1 Kjemisk innhold i fôr .....	33
3.2.2 Fôropptak .....	34
3.2.3 Gjennomsnittlig tyggetid alle dyr.....	36
3.2.4. Tyggetid i de ulike periodene .....	40
3.2.5 Tyggetid i de ulike laktasjonsgruppene.....	44
3.2.4 Sammenligning med NorFor .....	49
4.0 Diskusjon.....	51
5.0 Konklusjon .....	58
Litteraturliste .....	59

## 1.0 Innledning

Norge er et land med et klima og en topografi som gjør at store områder bare kan benyttes til grovfôrdyrking. Drøvtyggere har en fordøyelse som gjør at de kan spise grovfôr og omsette en i utgangspunktet utilgjengelig ressurs til produkter i form av kjøtt og melk. Årsaken til dette er at fordøyelseskanalen til drøvtyggere er spesialtilpasset for å fordøye tungnedbrytelig plantematerialet. Første del av fordøyelsen består av et stort forgjæringskammer hvor ulike mikroorganismer fermenter fôret til komponenter som drøvtyggeren kan utnytte.

Utfordringen med å føre ei melkeku i høy produksjon er å møte energibehovet og samtidig sørge for en god helse (Zebeli et al. 2007). Energidekningen skjer oftest ved fôring med store mengder kraftfôr bestående av lettfordøyelige komponenter. Slike komponenter vil føre til en rask fermentering og høy syreproduksjon i vom. Dette kan hemme forholdene for mange av mikroorganismene og gi en endring av fermenteringsmønsteret. En slik endring av vommiljøet kan føre til flere negative konsekvenser blant annet sur vom som gir redusert fiberfordøyelighet og dermed redusert fôreffektivitet.

For å unngå problemene knyttet til sur vom er det derfor viktig at fôrrasjonen inneholder tilstrekkelig med struktur. Struktur får kyrne fra strukturelle komponenter som fiber i grovfôret. Struktur i fôret stimulerer drøvtygging, spyttproduksjon og regelmessige vomkontraksjoner, noe som er essensielle prosesser for god fordøyelse av fôret hos en drøvtygger. Fôring med tilstrekkelig mengder grovfôr kan forebygge helseproblemene knyttet til sur vom siden strukturelle fôrmidler gir en mer langsom fermentering og syreproduksjon. I tillegg vil nok grovfôr kunne motvirke lavt fettinnhold i melk og sikre en høy melkeytelse (Beauchemin 1991). Strukturrike komponenter gir et godt vommiljø, men tar stor plass i fordøyelseskanalen. Dette hindrer videre opptak og er en av de største begrensningene for produksjon. Det er derfor viktig å bruke fôrvarer og fôringsstrategier som gir en optimal utnytting av fôret til produksjon uten at det går negativt utover dyras helse.

For å ha en effektiv fordøyelse av fôret hos drøvtyggere er det nødvendig med tilstrekkelig tygging, først under selve fôropptaket og deretter gjennom drøvtyggingen (Beauchemin 1991). Drøvtygging er en essensiell del av fordøyelsesfunksjonen til en drøvtygger og behovet for å drøvtygge er stort. En drøvtygger bruker vanligvis over halve døgnet på å ete og drøvtygge. Kua tygger og drøvtygger fôret for å findele partiklene for videre fordøyelse. Denne partikkelreduksjonen gir en større overflate for mikrobene å virke på, noe som fremmer fordøyelsen i vom. Det er i hovedsak strukturelle fôrmidler som gras som fremmer



denne drøvtyggingen. Drøvtygging fremmer også sekresjonen av store mengder basisk spytt som har en essensiell rolle i å bufre produserte syrer i vom (Owens et al. 1998).

Tyggetid er et begrep som omhandler den totale tiden brukt til tyggeaktivitet. Den totale tyggetiden varierer med type og mengden fôr, men generelt vil økt struktur bety en høyere tyggetid (Nørgaard 2003a). Tyggetid er dermed et godt mål på rasjonens innhold av strukturelle komponenter. Grovfôret er vanligvis den komponenten som fører til størst variasjon i tyggetid (Garmo et al. 2007). Ulike typer og kvaliteter av grovfôr har ulik motstandskraft for tygging. Gras høstet på et senere utviklingsstadium har et økt innhold av tungnedbrytelige fiberkomponenter og dette øker motstanden for fysisk nedbrytning. Det vil dermed være behov for mer tyggeaktivitet under fôropptak, men spesielt under drøvtyggingen (Byskov et al. 2014).

Registrering av tyggeaktivitet er svært nyttig for å se på forholdet mellom selve tyggetiden, fôrrasjonen, vommiljøet, fôrutnytingen og melkeproduksjonen (Beauchemin et al. 1989; Beauchemin 1991). Bruk av begrepet i fôrmiddelvurderingen kan dermed benyttes for å unngå rasjoner med for lite struktur og de negative konsekvensene som ofte følger med en slik fôring. Begrepet tyggetid er med den bakgrunn implementert i rasjonsvurderingssystemet NorFor (Volden 2011).

Hovedmålet med denne oppgaven er å se på effekt av ulik surfôr kvalitet og fôringsregime på tyggetid på melkekyr i et automatisk melkesystem. Gras høstet ved tidlig og normalt utviklingsstadium vil bli benyttet i tillegg til en statisk og dynamisk tildeling av kraftfôr. Som en validering av resultatene vil tyggetiden sammenlignes med verdier beregnet i NorFor.

Oppsatte hypoteser er:

1. Seint høstet surfôr gir lengre tyggetid i form av mer tid brukt til drøvtygging sammenlignet med tidlig høstet surfôr.
2. Dynamisk fôring gir lavere tyggetid på grunn av mer nøyaktig fôrtildeling til behovet sammenlignet med statisk fôring.
3. Ettetid og drøvtyggingstid vil bli målt, og som validering av resultatene vil de bli vurdert opp mot verdier beregnet i rasjonsvurderingssystemet NorFor.

## 2.0 Litteraturredel

### 2.1 Generelt om fôret til en drøvtygger

En drøvtygger er fra naturens side tilpasset å fordøye mye plantemateriale. En normal rasjon til ei melkeku består av en viss andel grovfôr, supplert med kraftfôr. Grovfôret er vanligvis en form for grasblanding, konservert som surfôr for å bevare kvaliteten over tid (Mo 2005).

Kvaliteten og næringsverdien av grovfôret varierer blant annet ut fra dyrkingsforhold, botanisk sammensetning og høstetidspunkt (Tabell 1). Kraftfôret består av en blanding av ulike karbohydratfôrmidler og proteinfôrmidler tilsatt fett, mineraler og vitaminer. De viktigste karbohydratfôrmidlene er korn i form av bygg, havre og hvete, mens de viktigste proteinfôrmidlene er ulike produkter basert på soya eller raps (Tabell 1). Sammenlignet med grovfôr er kraftfôrblandinger relativt standardiserte med et forutbestemt næringsinnhold.

**Tabell 1 Næringsinnhold (g/kg tørrstoff) i ulike vanlige fôrmidler til drøvtyggere, (NorFor feedtable).**

	Tørrstoff	Aske	Råprotein	Råfett	NDF	Stivelse
<u>Grassurfôr</u>						
Høy fordøyelighet	331	74	163	40	478	0
Middels fordøyelighet	332	71	157	39	522	0
Lav fordøyelighet	317	67	149	34	556	0
Bygg	883	23	113	32	198	615
Havre	896	28	113	64	287	492
Soyamel	876	74	487	29	135	62
Rapsmel	884	67	385	40	279	26

Karbohydrater er det kvantitativt viktigste næringsstoffet i fôret til drøvtyggere og utgjør omtrent 70 % av rasjonen (Weisbjerg et al. 2003). Grovfôret inneholder en stor andel strukturelle karbohydrater, mens kraftfôret har et høyt innhold av ikke-strukturelle karbohydrater. De strukturelle karbohydratene er i hovedsak cellulose og hemicellulose og i tillegg lignin som er assosiert med disse. I analyse av fôret betegnes denne fraksjonen som NDF (Neutral detergent fiber) ut i fra analysemetoden. NDF er restene etter ekstraksjon i kokende vann med nøytral såpe. Innholdet av NDF påvirker kvaliteten av grovfôret og utnyttelsen av det (Van Soest 1992). De ikke-strukturelle karbohydratene er hovedsakelig stivelse i korn og enkle sukkerarter i gras og grovfôr. Gras kan inneholde mer enn 20 %

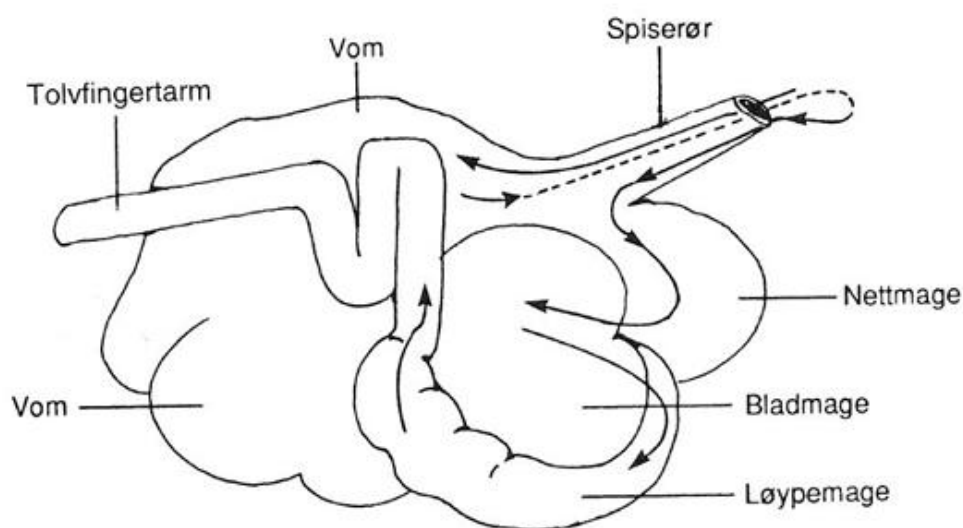
sukker, mens korn og da særlig havre inneholder en del strukturelle karbohydrater i form av skall. Innholdet av stivelse og sukker kan bestemmes ved bruk av enzymer og kolorimetri.

Protein utgjør normalt 15-20 % av tørrstoffet i rasjonen. Selv om gras og korn inneholder protein (Tabell 1), blir proteinfôrmidler tilsatt kraftfôrblendingen for å dekke proteinbehovet til høytværende kyr og dyr i vekst. Innholdet av råprotein blir tradisjonelt bestemt ved Kjeldahl-metoden. Metoden finner innholdet av nitrogen og multipliseres med en N-faktor på 6,25 for å beregne proteininnholdet. Faktoren 6,25 forutsetter at råprotein i gjennomsnitt inneholder 16 % nitrogen.

Fôret til en drøvtygger består naturlig av lite fett og det tilsettes normalt relativt små mengder fett i rasjonen. Normalt fettinnhold i rasjonen er omkring 5 % på tørrstoffbasis. Innholdet av råfett kan bestemmes ved ekstraksjon med et løsemiddel.

## 2.2 Fordøyelse i formagene

En drøvtygger har evnen til å fordøye fiberrike fôrmidler gjennom en omfattende og relativt langsom mikrobiell fermentering i formagene. Formagene er vom, nettmage og bladmage og de ligger som navnet tilsier før den egentlige magesekken som er løpemagen (Figur 1). Fôret kommer først inn i vomma. Vomma er den største av formagene. Vomma er tett sammenbundet med nettmagen og disse to utgjør i praksis en funksjonell enhet. Passasje av fôrmaterialet over til bladmagen og videre til løpemagen og tarm skjer fra nettmagen (Bondi & Drori 1987).



Figur 1 Skisse over formagene hos en drøvtygger (Gjefsen 1995).

Det er tre hovedklasser av mikroorganismer i formagene. Disse er bakterier, protozoer og sopp. Bakterier er den største gruppen med en koloni på omtrent  $1 \cdot 10^{10}$  pr. ml vominnhold og utgjør dermed 50-90 % av den totale biomassen i vom (Sjaastad et al. 2010). Det finnes forskjellige typer bakterier tilpasset ulikt fôrmaterialet (Kristensen et al. 2003). To hovedklasser i karbohydratnedbrytningen er amylolytiske og cellolytiske bakterier. Det finnes også egne protolytiske (protein), lipolytiske (fett) og metanogene (metan) bakterier. Mengden og antallet av de ulike typene bakterier er avhengig av fôringen, fordi mikrobepopulasjonen tilpasser seg substrattilgangen (Yokoyama & Johnson 1988). Eksempelvis vil en rasjon med mye stivelse gi en større populasjon av amylolytiske bakterier i vom. Protozoer og sopp finnes i mye mindre antall enn bakterier, henholdsvis  $4 \cdot 10^5$  og  $1 \cdot 10^4$  pr. ml. vominnhold. Protozoene er mye større enn bakteriene slik at i forhold til den totale biomassen utgjør de mellom 10-50 %, mens sopp utgjør 5-10 % (Sjaastad et al. 2010). Protozoene er hovedsakelig tilpasset å fordøye lettfordøyelige karbohydrater. Sopp har en viktig rolle i nedbrytningen av ytterste del av celleveggen til planter.

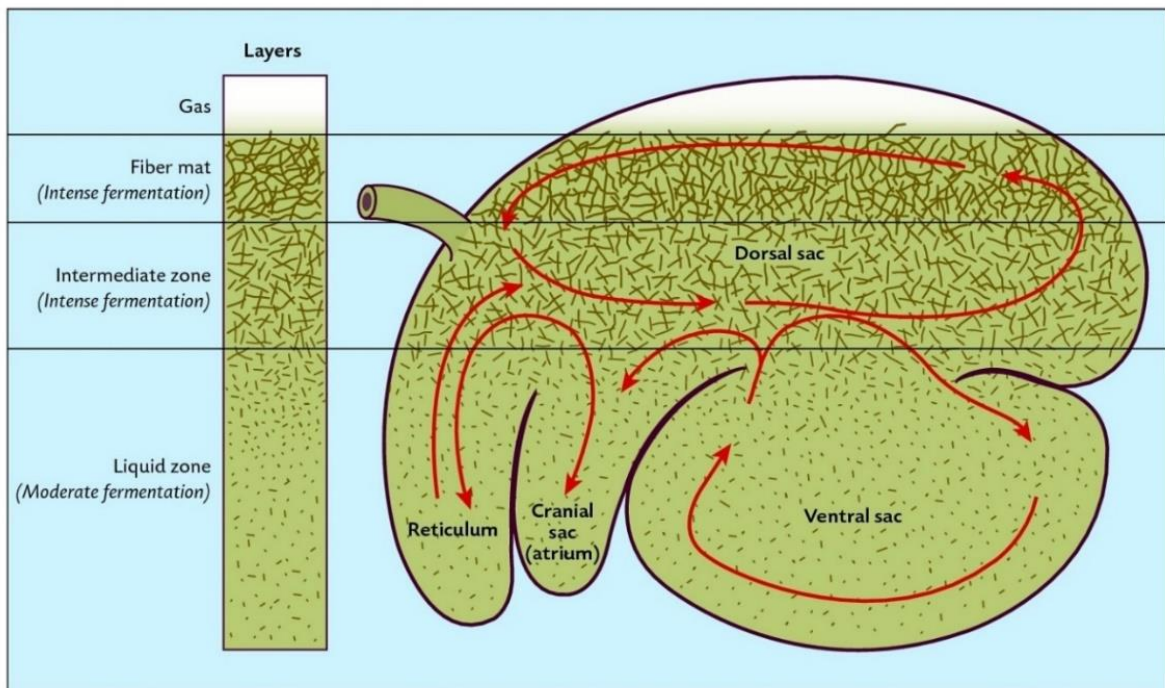
Mikroorganismene bryter ned næringsstoffene i fôret for å skaffe energi til seg selv. Denne prosessen fører til dannelse av flyktige fettsyrer (VFA),  $\text{CO}_2$ , metan ( $\text{CH}_4$ ) og ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ). De flyktige fettsyrene blir absorbert over vomveggen og VFA absorbert fra vomma står for 50-75 % det totale energibehovet for en drøvtygger. De kvantitativt viktigste syrene er eddiksyre, propionsyre og smørsyre (Agarwal et al. 2015). Normalt utgjør eddiksyre 70 % av VFA, mens propionsyre og smørsyre normalt utgjør henholdsvis ca. 20 og 10 % av VFA. Produksjonen av syrene avhenger av fôret og rasjonssammensetningen (Owens & Goetsch 1988). En rasjon med mye grovfôr vil normalt gi høy andel av eddiksyre, mens en rasjon med mye kraftfôr vil gi en høyere andel av propionsyre.

Energien mikrobene henter ut fra fôret i forbindelse med produksjonen av VFA blir sammen med ammoniakk fra nedbrytningen av protein brukt av mikrobene til å danne eget mikrobeprotein. Mikroorganismene inneholder omtrent 50 % protein på tørrstoffbasis og når de vaskes ut av vom kan drøvtyggeren fordøye dette som protein (Hveplund et al. 2003). Mikrobeproteinet blir sammen med protein i fôret som ikke blir fordøyd i formagene fordøyd i magesekk (løpemage) og tarm slik som hos enmagede dyr.

Daglig produseres store mengder gass i vom, hovedsakelig metan og  $\text{CO}_2$ . Mikrobenes metabolisme og produksjon av VFA fører til et overskudd av  $\text{H}^+$ -ioner i vom. Metanogene bakterier bruker hydrogen og  $\text{CO}_2$  som substrat til å danne metan (Baker 1999). Produserte gasser blir skilt ut gjennom utåndingslufta og raping, da en opphopning i vomma ville være

svært skadelig for dyret. Mengden metan varierer med rasjonsstørrelse og rasjonssammensetning, av den daglige produksjonen av gass utgjør metan normalt 30-40 % (Sjaastad et al. 2010). Ved fôring på vedlikeholdsnivå blir totalt 7-9 % av bruttoenergien i fôret tapt som metan, ved høyere fôrnivå vil andelen reduseres (McDonald et al. 2011). Fermenteringsmønsteret i vom påvirker produksjonen av metan, da de ulike flyktige syrene gir ulikt overskudd av  $H^+$ -ioner. En rasjon som gir en høyere andel propionsyre senker metanproduksjonen (Baker 1999), på grunn av at dannelsen av propionsyre gir et netto forbruk av  $H^+$ -ioner.

Drøvtyggere har utviklet en evne til å gulpe opp materiale fra vomma for videre tygging, også kalt drøvtygging. Under drøvtygging vil de grove partiklene i fôret bli delt opp for å fremme fordøyelsen av dem i vom. Små partikler får en større relativ overflate enn store partikler og dette gir større område for mikrobene å virke på. Partiklene i vom fordeler seg lagvis etter størrelse (Figur 2). Øverste lag i vom består av gass produsert gjennom fermenteringen av næringsstoffer. Grove og store partikler legger seg øverst i flytelaget i vomma. I nylig opptatt fôr vil det være en aktiv fermentering som fører til produksjon av gass. Denne gassen vil bidra til å holde fôrpartikler langt opp i vomma. Når partiklene blir findelte og den mest aktive fermenteringen er over vil de holde på mindre gass og synke nedover i vomma og dermed øke sjansen for passasje ut av vom (Weisbjerg et al. 2003).



Figur 2 Laginndeling og kontraksjoner i vom (Sjaastad et al. 2010).

Fordøyelsen i formagene er avhengig av kontinuerlige vomkontraksjoner. Kontraksjonene er viktig for fordøyelse i vom blant annet på grunn av at de gir mikrobenes bedre tilgang på fôrmaterialet og gjør at produserte syrer kan komme i kontakt med vomveggen for absorpsjon. Opptak av fôr stimulerer kontraksjoner i vom og nettmage (Waghorn & Reid 1983). Frekvensen vil derfor være størst under og rett etter et måltid. De mest hyppige kontraksjonene er primære kontraksjoner. Dette er kraftige kontraksjoner som sørger for blanding av vominnholdet etter et fast mønster av kontraksjoner og avslapping i vomveggen (Figur 2). I tillegg er det egne kontraksjoner assosiert med selve drøvtyggingen og oppraping av gass. Kontraksjonene som fører til oppraping av gass kalles sekundære kontraksjoner (Kristensen et al. 2003). Disse kontraksjonene sørger for at gassen forflyttes framover i vom mot spiserørsåpningen, slik at den kan rapes opp. Kontraksjonene er også sentrale for å sørge for en jevn flyt av materialet ut av vomma gjennom bladmageåpningen (Beauchemin 1991).

### **2.2.1 Fordøyelse av næringsstoffer i vom**

De ulike næringsstoffene i fôret fordøyes og omsettes ulikt i vom. Oppbygging av hvert enkelt næringsstoff er avgjørende for hvordan det blir fordøyd og omsatt i dyret.

Karbohydrater er en mangfoldig gruppe næringsstoff med ulike egenskaper. De strukturelle karbohydratene cellulose og hemicellulose er viktige bestanddeler i celleveggen til planter. Cellulose er bygd opp av glukosemolekyler bundet sammen med  $\beta$  1-4 bindinger.

Hemicellulose er en kompleks gruppe med ulike polysakkarider. Det ikke-strukturelle karbohydratet stivelse er et viktig lagringskarbohydrat i planter. Stivelse er bygd opp av glukose som finnes i to former. Disse er amylose som utgjør omtrent 20 % og amylopektin som utgjør omtrent 80 % av stivelsesmolekylet. Amylose er et rettlinjet molekyl og består av glukoseenheter bundet sammen med  $\alpha$  1-4 bindinger, mens amylopektin er forgreinet og består av både  $\alpha$  1-4 og  $\alpha$  1-6 bindinger (Weisbjerg et al. 2003).

Karbohydrat er hovedsakelig det næringsstoffet mikrobenes benytter til å produsere energi i sin egen metabolisme. Fordøyelsen av karbohydrater i vom kan deles inn i to steg. Først blir de komplekse karbohydratene brutt ned til enkle sukker. Dette skjer ekstracellulært ved at mikrobenes skiller ut enzymer. Eksempelvis vil cellulolytiske bakterier skiller ut cellulaser som bryter opp bindingene i cellulose, mens amylolytiske bakterier skiller ut amylaser som bryter opp bindingene i stivelse. Neste steg går ut på at mikrobenes bruker de enkle sukkerne i sin egen metabolisme. Denne metabolismen kan minne om den som foregår i dyret selv, hvor komponentene i fôret omdannes til pyruvat (McDonald et al. 2011). Dannelsen av pyruvat

fører til et overskudd av energi som mikrobene utnytter. Reststoffer etter mikrobenes metabolisme er som tidligere nevnt blant annet VFA, som vertsdyret kan utnytte.

Proteintildelingen til en drøvtygger er påvirket av proteinomsetningen i vom. Drøvtyggere har ikke direkte behov for protein i fôret, da mikrobene kan utnytte en enkel nitrogenkilde til å danne mikrobeprotein. I fôret finnes to kilder til nitrogen, renprotein og ikke-protein nitrogen (NPN). Protein er komplekse molekyler bygd opp av ulike aminosyrer bundet sammen med peptidbånd (Mathews et al. 2013). Ikke-protein nitrogen kan eksempelvis være urea, ammoniakk og nukleinsyrer. Proteolytiske bakterier i vom bryter opp proteinet til korte peptider, aminosyrer og ammoniakk. Overskuddet av ammoniakk kan mikrobene utnytte til å danne mikrobeprotein, men de er også avhengig av energi fra hovedsakelig karbohydratnedbrytningen i vom. Protein som passerer til tarmen blir dermed en blanding av ikke-nedbrutt fôrprotein, mikrobeprotein og noe endogent protein (Hveplund et al. 2003).

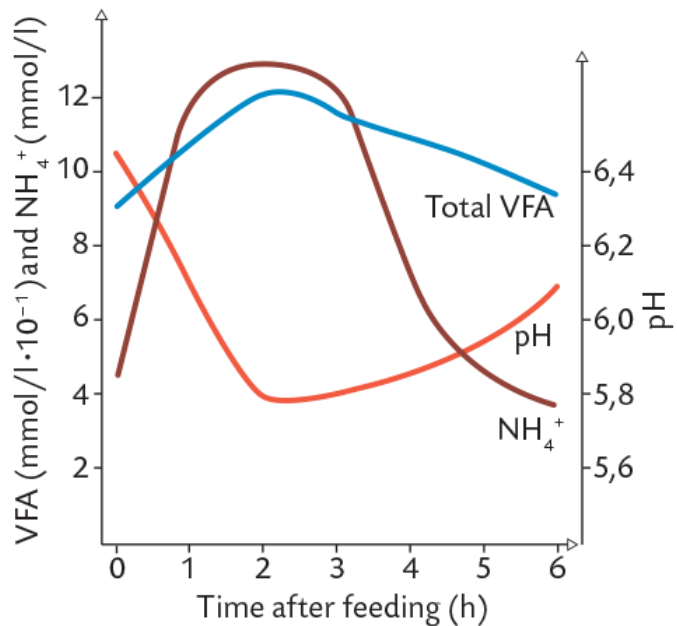
Lipider, ofte kalt fett i dagligtalen, er en mangfoldig gruppe. Fett i fôr består hovedsakelig av triglyserider og galaktolipider. Triglyserider er den viktigste gruppen ernæringsmessig. Triglyserider består av alkoholen glyserol med tre fettsyrer bundet til seg. Galaktolipider finnes i gras og kløver, og består av glyserol med karbohydratet galaktose og to fettsyrer bundet til seg (McDonald et al. 2011). Mye av det naturlige fettet i gras og korn består av umettede fettsyrer, med en eller flere dobbeltbindinger. I vom blir fettet først hydrolysert til frie fettsyrer, glyserol og eventuelt galaktose. Glyserol og galaktose blir omsatt av mikrobene til VFA. De frie fettsyrene blir ikke fermentert av mikrobene, men blir biohydrogenert i vom. Biohydrogenering i vom er prosessen hvor de umettede fettsyrene blir gjort mettede, det vil si at dobbeltbindingene fjernes. De nå mettede fettsyrene føres deretter videre til tarm hvor de kan absorberes. For mye fett i fôret og spesielt umettet fett vil virke hemmende på mikrobene i vom. De frie fettsyrene kan binde seg til fôrpartikler i vom, dette kan hindre tilgang for mikrobene og senke fordøyeligheten av fôret. Mye umettede fettsyrer i fôret har spesielt en hemmende virkning på fordøyelsen av celleveggs-karbohydratene (Børsting et al. 2003).

### **2.2.2 Vommiljø**

Mikrobene er avhengig av et optimalt miljø for å kunne omsette fôret effektivt (Van Soest 1992). I vomma er det vanligvis pH mellom 6 og 7. Mengden produserte syrer har en stor innvirkning på pH i vom. Vanligvis ligger konsentrasjonen av syrer mellom 70 -150 mmol/l, med et gjennomsnitt på omtrent 100 mmol/l (McDonald et al. 2011). Konsentrasjonen av flyktige syrer varierer blant annet med fôret. En diett bestående av mye stivelse vil føre til en

raskere fordøyelse i vom og dermed en høyere syreproduksjon og lavere pH i vomvæska sammenlignet med en diett med mye fiber.

Både konsentrasjonen av syrer og pH kan variere kraftig gjennom døgnet. Rett etter fôring vil pH vanligvis synke grunnet en hurtig syreproduksjon fra nylig inntatt fôr (Figur 3). Etter hvert som syrene absorberes vil pH normaliseres. Slike svingninger skjer gjennom hele døgnet og blir kraftigere ved færre utfôringer. Flere utfôringer gir en jevnere syrekonsentrasjon og pH i vom. For lav pH vil spesielt kunne



© scanvetpress.com

**Figur 3** Endringer i pH, syrekonsentrasjon og NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i vom etter fôring (Sjaastad et al. 2010).

hemme de cellytiske bakteriene og dermed gi en reduksjon i

fordøyelsen av celleveggs-karbohydratene (Russell & Wilson 1996). Drøvtyggere har ulike mekanismer for å opprettholde en god pH i vom. De to viktigste er en konstant absorpsjon av syrer over vomveggen og produksjonen av bufferholdig spytt.

Tyggeatferd er assosiert med produksjon av spytt (Balch 1958). Når drøvtyggere tygger fôr produseres spytt fra flere kjertler i munnen som blandes sammen med fôret. Spyttet har en viktig rolle i å bløtgjøre fôret før svelging. Spyttet er tyktflytende med en pH på omtrent 8,2 og et osmotisk trykk nært blodets verdi (Sjaastad et al. 2010). Spyttet inneholder flere ulike ioner, blant annet natrium (Na<sup>+</sup>), bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfat (HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), kalium (K<sup>+</sup>) og klor (Cl<sup>-</sup>) (Nørgaard 2003a). Det er bikarbonat og fosfat som står for at spyttet er basisk.

Daglig produserer ei melkeku mellom 100 og 200 liter spytt. Spyttet vaskes konstant ut av vom og det er derfor nødvendig med en konstant produksjon. Spyttet har en viktig rolle i å opprettholde et godt vommiljø gjennom sin buffrende effekt, da for lav pH i vom er uønsket. Mengden produsert spytt varierer med fôrslag. Fôrslag med høyt fiberinnhold gir en lengre etetid og en større spyttproduksjon (Bailey 1961; Beauchemin et al. 2008). Fôrslag som stimulerer tyggeaktivitet er derfor med på å sørge for et godt vommiljø gjennom en stimulering av spyttproduksjonen.



### 2.2.3 Betydningen av nok struktur i rasjonen

For lite struktur i rasjonen til drøvtyggere kan ha flere negative helse- og produksjonsmessige konsekvenser. En av farene er at det kan føre til sur vom (vomacidose). Det er en tilstand som oftest rammer høytytende melkekyr på dietter med mye lett nedbrytbare karbohydrater og lite grovfôr. Sur vom oppstår som en konsekvens av høy syreproduksjon i vom uten tilstrekkelig mekanismer for å hindre en senkning av pH (Plaizier et al. 2008).

Sur vom kan enten være akutt, eller subakutt. Den akutte tilstanden observeres vanligvis hos dyr som har inntatt store mengder kraftfôr over kort tid. Dette er en alvorlig tilstand hvor pH blir så lav at de naturlige mekanismene i vom stopper opp. En forverring av tilstanden vil oppstå hvis lav pH fører til at melkesyrebakterier tar over for de ønskede bakteriene i vom. Melkesyre er en sterkere syre enn de flyktige fettsyrene og vil føre til en videre senkning av pH. Akutt vomacidose kan i verste fall føre til død, men pH kan også bli så lav at store områder av vomepitelet skades og selv om tilstanden normaliseres kan dyret ha hemmet absorpsjon av næringsstoffer i ettertid (Owens et al. 1998). Den subakutte tilstanden er en mer kronisk tilstand og går ut på at dyra har lav pH i vom i store deler av døgnet. Denne tilstanden kan gi nedgang i fôropptaket, samt redusert fiberfordøyelighet og melkeproduksjon.

En av løsningene for å unngå sur vom er å tildele tilstrekkelig med struktur i rasjonen, eksempelvis i form av grovfôr, eller mer fiberrikt kraftfôr (Krause & Oetzel 2006).

Strukturrike fôrmidler består av fraksjoner som fordøyes forholdsvis langsomt. En fôring med slike fôrmidler vil dermed gi en mer langsom produksjon av syrer i vom uten kraftige fall i pH.

Fett er den komponenten i melk som er lettest å endre gjennom fôring. Lite grovfôr kombinert med store mengder kraftfôr i rasjonen kan føre til en reduksjon av fettprosenten i melk.

Årsaken til dette er en endring av forholdet mellom de ulike flyktige syrene i vom (Latham et al. 1974). Omtrent halvparten av fettene i melk stammer fra *De novo* fettsyntese i juret. Hos drøvtyggere er blant annet eddiksyre produsert i vom en viktig forløper til denne fettsyntesen (Sjaastad et al. 2010). Produksjonen av eddiksyre i vom er størst ved rasjoner med mye strukturelle karbohydrater og synker ved rasjoner med lite struktur og lettfordøyelige komponenter. Grant et al. (1990) fant at ved å redusere partikkelstørrelsen på grovfôret fra 3,1 mm til 2,0 mm ga dette en reduksjon av fettinnholdet i melk fra 3,8 % til 3,0 %. Innholdet i fett kan dermed benyttes for å vurdere om rasjonen inneholder tilstrekkelig med struktur, da en reduksjon av fett i melk kan skyldes for lite struktur i rasjonen.

Kontraksjoner i vom og nettmage er en viktig del av fordøyelsesfunksjonen hos drøvtyggere. Fôrtype og fysisk form er faktorer som påvirker disse kontraksjonene (Colvin et al. 1978). Kontraksjonene stimuleres av fylde i vom, mens dietter med liten partikkelstørrelse gir svakere og mindre hyppige vomkontraksjoner (Ruckebusch 1988). Kontraksjonene hemmes også av lav pH og ved akutt vomacidose kan pH bli så lav at vomkontraksjonene stopper helt opp (Sjaastad et al. 2010). Færre og svakere kontraksjoner vil føre til en dårligere blanding av fôrmaterialet i vom. Dette kan igjen påvirke fordøyeligheten i vom og passasjen ut av vom negativt.

Flere ulike systemer er utviklet for å vurdere om fôrrasjonen inneholder tilstrekkelig med struktur. Begrepet «kritiske grovfôrandel» introdusert av De Brabander et al. (1996) og beskrevet av Nørgaard (2003b) er et mål for den laveste mengden grovfôr som kan tildeles i en rasjon uten markant fall i melkeproduksjon og melkens fettinnhold, eller uten at kyrne vraker fôret og viser tegn på vomacidose. Den kritiske grovfôrandelen varierer med type grovfôr, da grovfôr er en svært heterogen gruppe med fôrmidler med ulikt kjemisk innhold og fysisk form. Eksempelvis vil den kritiske grovfôrandelen varierte fra 21 % av tørrstoffet for rasjoner med grassurfôr til 47 % av tørrstoffet for maisensilasje.

Tilstrekkelig med NDF i rasjonen er nødvendig for å opprettholde et godt vommiljø. Likevel er ikke NDF-innholdet i fôret aleine tilstrekkelig for å vurdere om rasjonen inneholder nok fiber. Begrepet fysiske effektive fiber er utviklet for å ta hensyn til den fysiske formen i tillegg til kjemisk sammensetning. Fysiske effektive fiber (pdNDF) defineres som andelen av NDF av tørrstoffet som holdes tilbake på en sikt med hulldiameter 1,18 mm (Nørgaard 2003b). Mertens (1997) foreslår at minimum 22 % av rasjonens tørrstoff bør bestå av fysiske effektive fiber for å sikre god pH i vom og holde fettinnholdet i melk oppe. Ved å øke innholdet av fysiske effektive fiber i dietten til melkekyr vil dette øke tyggetiden, spesielt drøvtyggingstiden, og sørge for en optimal pH i vom (Beauchemin et al. 2003).

Begrepet tyggetid innebærer en vurdering av rasjonens innhold av struktur ut i fra tid brukt til tyggeadferd. Balch (1971) foreslo at tyggetiden, som en sum av tid brukt til eting og drøvtygging, er et godt mål for å vurdere de fysiske egenskapene til fôret. Tyggetid påvirkes både av fôrets kjemiske sammensetning og fysiske form, i tillegg til forhold ved dyret og eksterne faktorer. Dette gjør tyggetid til et komplekst mål som tar hensyn til mange faktorer og gir et godt bilde på hvordan fôret påvirker dyret. Tyggetiden kan beregnes ved ulike metoder, ofte blir innholdet av NDF og fôrets fysiske struktur benyttet i beregningen. Tyggetid vil bli nærmere omtalt i avsnitt 2.4.

## 2.3 Fôropptak

Frivillig fôropptak kan defineres som den mengden et dyr spiser når det får fri tilgang på fôr (Campling 1964). Fôropptaket bør oppgis i kg tørrstoff, da innholdet av vann kan variere betraktelig mellom fôrmidler. Høyt fôropptaket er en viktig faktor for å oppnå gode produksjonsresultater. Det er en positiv sammenheng mellom tørrstoffopptak og melkeproduksjon (Dado & Allen 1994) og en god styring av fôropptaket er derfor viktig for å optimere produksjonen. God kjennskap til hvilke reguleringsmekanismer som påvirker og styrer fôropptaket er derfor viktig

### 2.3.1 Regulering av fôropptak

Den overordna reguleringen av fôropptak skjer gjennom appetitt og er styrt av sult- og metthetssenteret i hypothalamus i det sentrale nervesystemet (Sjaastad et al. 2010). Både nerve og hormonelle stimuli påvirker dette området og en tolking av mottatte signaler bestemmer om dyret føler sult eller ikke.

Mekanismene som styrer fôropptaket kan i hovedsak deles inn i en fysisk og en metabolsk regulering (Ingvarsen & Kristensen 2003). Den fysiske reguleringen skjer når opptaket begrenses av fordøyelseskanalens kapasitet (Forbes 1995). Det er strekkreseptorer i store deler av fordøyelseskanalen som registrerer fylde. Ved strekk i disse reseptorene vil det sendes signaler til det sentrale nervesystemet. Store mengder fôr i vom vil derfor begrense videre fôropptak (Campling & Balch 1961). Den fysiske reguleringen er tett bundet sammen med egenskaper ved fôret. Alle faktorer som forlenger fôrets oppholdstid vil øke fylleverdien i vom og dermed redusere fôropptaket.

Den metabolske reguleringen er et resultat av ulike signaler fra vev og stoffskifte (Ingvarsen & Kristensen 2003). Eksempler på slike signaler er hormoner, næringsstoff og ulike metabolitter. Hos drøvtyggere er spesielt tilstedeværelsen av ulike næringsstoffer i formagene viktige for reguleringen av fôropptak (Faverdin 1999). Det finnes blant annet spesielle kjemoreseptorer i vomveggen som reagerer på konsentrasjonen av VFA i vom. En høy konsentrasjon av VFA i vom kan redusere fôropptaket (Forbes 1995). En effekt av høy syrekonsentrasjon i vom er vanligvis lav pH, som også vil være med på å hemme videre opptak gjennom stimuleringen av pH-sensitive reseptorer i vomveggen. Flere ulike hormoner påvirker fôropptaket. Blant annet vil produksjonen av kjønnshormoner endres gjennom drektigheten og laktasjonen og dette har en innvirkning på fôropptaket.

Flere av reguleringsmekanismene virker sammen. Feite dyr får en reduksjon i fôropptak delvis på grunn av mindre plass i bukhula på grunn av mye bukfett. Samtidig vil store fettreserver føre til økt utskillelse av hormonet leptin som også senker fôropptaket (Ingvartsen & Boisclair 2001).

### **2.3.2 Faktorer som påvirker fôropptak**

Frivillig fôropptak av fôr påvirkes av interaksjoner mellom dyret, fôret og miljøet (Mertens 1987).

Faktorer som omhandler dyret har ofte sammenheng med dyrets størrelse og fysiologiske status (Bines 1976). Vom og nettmagens kapasitet øker lineært med dyrets levendevekt, noe som gir potensial for større fôropptak. Større volum i vom gir mer plass til fôr før reguleringsmekanismene senker dyrets sultfølelse.

Frivillig fôropptak endres gjennom laktasjonen og drektigheten (Cheeke 2005). Ytelsen i seg selv har en sterk sammenheng med fôropptaket. Da et høyere energibehov gjør at det aksepteres en større vomfylde ved at strekkreseptorene tåler mer strekk før de sender signaler om å senke opptaket til sentralnervesystemet. Høyt fôropptak gjør det enklere å dekke energibehovet og normalt oppnås høyest fôropptak i topplaktasjonen for å så avta utover i laktasjonen når energibehovet til melkeproduksjonen går ned. I siste del av drektigheten vil det vanligvis skje en reduksjon i fôropptakskapasiteten (Journet & Remond 1976). Noen av årsakene til dette er økt utskillelse av hormonet østrogen og at kalven tar større plass i bukhula, slik at det vil være mindre plass til fôr. Samme effekt vil dyrenes feitningsgrad ha, men selv om dyra ikke ser feite ut kan de ha mye fett i bukhula som begrenser den fysiske kapasiteten til vomma.

Eldre kyr har normalt potensial for større fôropptak enn yngre kyr, hovedsakelig på grunn av størrelsen, men også på grunn av ytelsesnivå (Beauchemin & Rode 1994). Ulike melkekuraser har også ulikt potensial til fôropptak (Oldenbroek & Van Eldik 1980), men variasjonen mellom raser skyldes hovedsakelig forskjeller i levendevekt (Breivik 2008).

Sammensettingen av fôrrasjonen og egenskaper ved fôret har stor innvirkning på fôropptaket. Fordøyeligheten av fôret er en av de faktorene som har mest å si for frivillig fôropptak. Hvor fort materialet i vom forsvinner bestemmes av forholdet mellom passasje ut av vom og nedbryting i vom (Campling 1964). Materialet fjernes ikke fra vom før det enten er fordøyd eller brutt ned til små nok partikler for videre passasje i tarmkanalen. Høyere fordøyelighet

betyr at fordøyelseskanalen tømmes raskere og dette fremmer høyere opptak (McDonald et al. 2011).

Partikkelstørrelsen på fôret har en betydning for opptaket, spesielt med tanke på opptak av grovfôr (Mo 2005). Opptaket av grovfôr reduseres med økt partikkelstørrelse, fordi langt grovfôr tar større plass i vomma og dyra trenger lengre tid på å ete og drøvtygge langt fôr. Mer finmalt og oppkuttet fôr øker overflaten for mikroorganismene å virke på, noe som i tillegg øker fordøyeshastigheten i vom. Større partikler trenger lengre tid i vom for fordøyelse og nedbrytning til mindre partikler for å kunne passere ut av vom.

Gjæringskvaliteten på surfôret påvirker opptaket (Dulphy & Van Os 1996).

Gjæringskvaliteten er viktig på grunn av at dagens kyr får mesteparten av grovfôret som surfôr (Sørli 2014). Innholdet av melkesyre, smørsyre og ammoniakk i surfôret kan ha forholdsvis stor effekt på fôropptaket (Mo 2005). Smørsyre er den enkeltkomponenten som har størst negativ effekt på opptaket. Alvorlig feilgjæring vil ha en negativ effekt på fôropptaket, delvis på grunn av dårlig smak og lukt (Cheeke 2005). På den andre siden kan fôr med god smakelighet øke opptaket.

Konsentrasjonen av NDF er alene den best beskrivende kjemiske komponenten for bestemmelse av frivillig fôropptak hos drøvtyggere (Waldo 1986). De strukturelle karbohydratene krever lengre oppholdstid i vom for å bli fordøyd og dette begrenser potensialet for videre opptak av fôr. Kløver inneholder mindre NDF enn gras, noe som gjør at kløver normalt omsettes raskere i vom. Et lavere innhold av celleveggstoffer gir også generelt mindre fylde i vom, noe som fremmer opptak. Korn inneholder hovedsakelig stivelse og omsettes raskt i vom. I tillegg til kjemisk innhold, vil opptaket også påvirkes av selve tørrstoffinnholdet i fôret. Opptaket av surfôr øker med økt tørrstoffinnhold opp til omtrent 30 % tørrstoff (Gjefsen 1995). Dette er på grunn av at mye vann i fôret fyller vomma og hindrer videre opptak. I tillegg betyr økt tørrstoffinnhold en større sannsynlighet for god gjæringskvalitet.

Ulike eksterne faktorer vil også påvirke fôropptaket. En fysiologisk respons ved høye temperaturer er lavere varmeproduksjon, som i hovedsak oppnås ved en reduksjon i fôropptak (Seif et al. 1979; Lough et al. 1990). På den andre siden vil lave temperaturer øke opptaket (Brouček et al. 1991), da dyra må bruke mer energi på å holde en konstant kroppstemperatur.

Forhold ved selve fôringen påvirker også eteatferden og fôropptaket. Maksimalt opptak av grovfôr oppnås ved ad libitum fôring. Ad libitum fôring kan defineres ved at dyra fri tilgang

på fôr i minst 22 timer av døgnet og at det alltid er minst 5 % rester (Ingvarsen & Kristensen 2003). Alternativet er restriktiv fôrtildeling, hvor et fôrmiddel tildeles i mindre mengde enn dyret kan ete ved ad libitum fôring. Mange fôringer i døgnet betyr ofte tilførsel av nytt fôr, noe som kan stimulere til høyere opptak. I tillegg har selve rasjonssammensetningen en effekt på opptaket. Substitusjonseffekten er et begrep for hvordan ekstra kraftfôr i rasjonen senker opptaket av grovfôr. For hver ekstra kilo med kraftfôr vil opptaket av grovfôr gå ned med 0,2-1,0 kg tørrstoff (Randby 2004). Hvor stor denne nedgangen blir, er avhengig av kvaliteten på grovfôret, bedre kvalitet på grovfôret gir en større substitusjonseffekt.

Dyr oppstallet i løsdrift har et høyere fôropptak sammenlignet med de oppstallet på bås. Det antas at dette er en effekt av økt energibehov på grunn av mer bevegelse. Mange ulike faktorer påvirker eteatferden i løsdrift, for eksempel gruppesammensetning, rangordning og sosialt stress (Grant & Albright 2001). I en situasjon med konkurranse om eteplasser vil de dominante dyra tilbringe mer tid ved eteplassen (Friend & Polan 1974; Friend et al. 1977). En slik fôringssituasjon vil normalt føre til at de dominante dyra får et høyere fôropptak enn de dyra som er lenger ned på rangstigen.

### **2.3.3 System for bestemmelse av fôropptak**

Styring og forutsigelsen av fôropptaket er en sentral del i optimeringen av produksjonen. Det er ønskelig med et system som kan forutsi fôropptaket mest mulig nøyaktig. På grunn av at fôropptaket har en komplisert regulering og påvirkes av mange faktorer vil det være behov for å inkludere mange faktorer i en fôropptaksmodell. Flere ulike systemer er utviklet, og de varierer i kompleksitet og hvilke variabler som tas med i beregningen. Mertens (1987) utviklet et system som både tar hensyn til den fysiske reguleringen gjennom fôrets egenskaper og en metabolsk regulering gjennom dyrets energibehov.

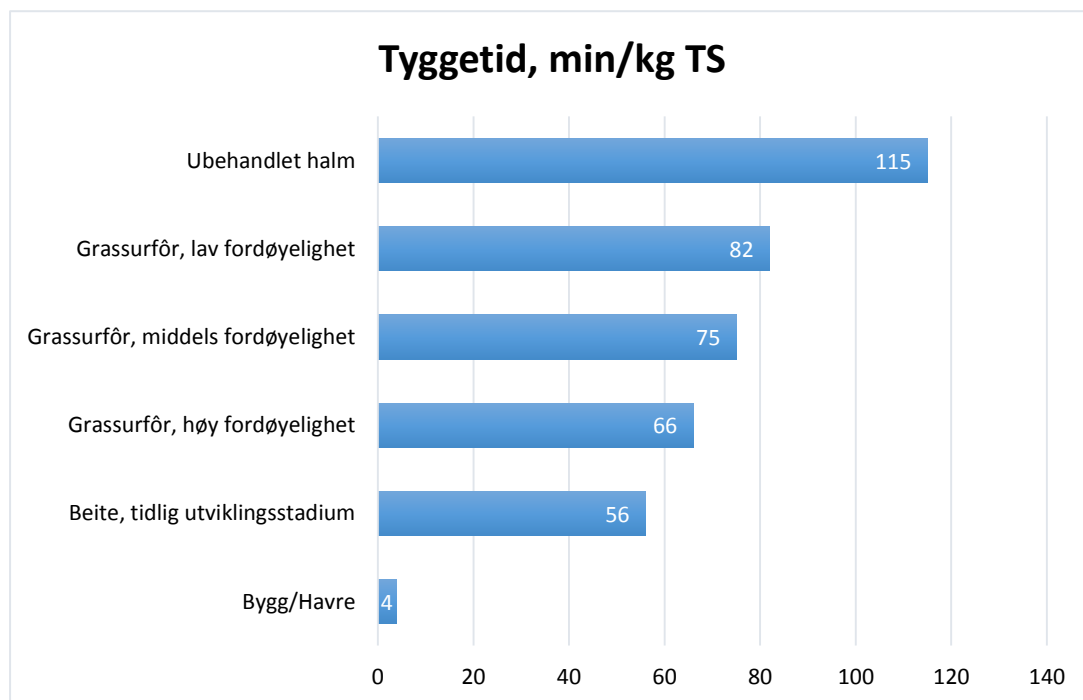
Det nordiske rasjonsvurderingsprogrammet NorFor har utviklet et system som i hovedsak forutsetter en fysisk regulering. Systemet går ut på at alle dyr har en inntakskapasitet (IC) og alle fôrmidler har en fylleverdi (FV) (Volden 2011). Fôropptaket kan dermed predikeres ved å sette  $IC = FV$ . Inntakskapasiteten og fylleverdien er ikke konstante, men varierer med ulike faktorer knyttet til dyret og fôret. Fylleverdien for kraftfôr er konstant ved 0,22. Fylleverdien for grovfôr varierer med gjæringskvalitet og en substitusjonseffekt i forhold til hvor mye kraftfôr det er i rasjonen. Dyras inntakskapasitet beregnes ut ifra dager i laktasjonen, melkeproduksjon (EKM) og kroppsvekt. Med justeringer for oppstallingsforhold (beite, bås

eller løsdrift) og andel appetittfôring av grovfôr. NorFor har satt fylleverdien til å være over 0,6 for å gi et optimalt vommiljø og god fordøyelse i vom (Volden 2011).

## 2.4 Tyggetid

Tyggetid kan beskrives som den samlede tiden en drøvtygger bruker til eting og drøvtygging. Ei melkeku vil normalt bruke 4-7 timer i døgnet til eting og 5-9 timer til drøvtygging, avhengig av rasjonens sammensetting og fysiske form (Beauchemin 1991). Varigheten av etetiden er normalt 30-40 % av den totale tyggetiden. Totalt gjennomfører ei melkeku mellom 28000 til 70000 tyggebevegelser i løpet av et døgn (Nørgaard 2003a).

Tyggetiden oppgis vanligvis i tidsenhet som min/dag eller timer/dag, men også i forhold til dyrets fôropptak av tørrstoff (min/kg TS) og NDF (min/kg NDF). Dietten til en drøvtygger består av ulike fôrmidler som bidrar med store variasjoner i tyggetid (Figur 4). Dette er blant annet på grunn av ulik kjemisk sammensetning og partikkelstørrelse.

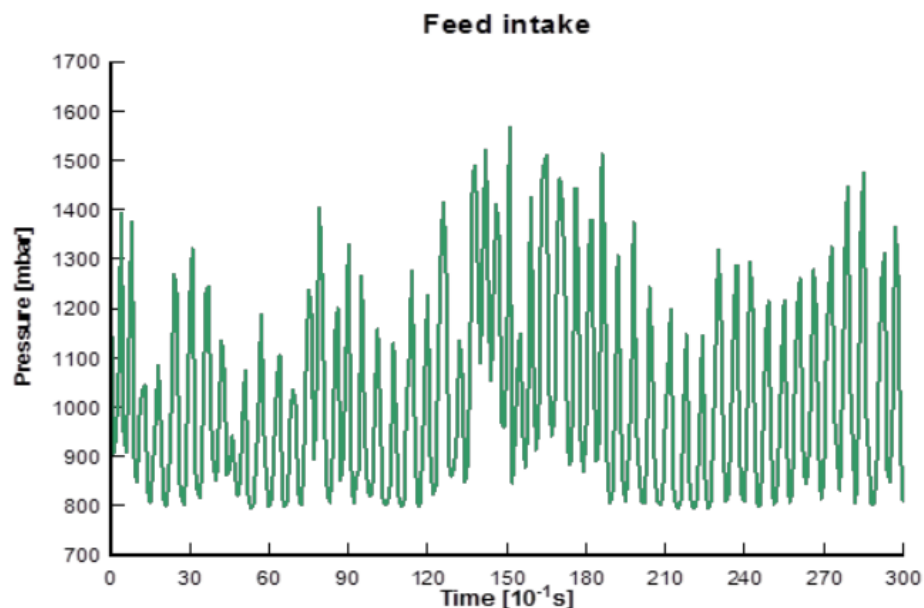


**Figur 4 Tyggetid (min/kg TS) for ulike fôrmidler (NorFor feedtable).**

Etetid vil si den tiden dyret bruker på fôropptak. Under fôropptak blir fôrpartiklene oppdelt tilstrekkelig til å kunne forme en bolus som kan svelges. Tyggebevegelesene under eting står for omtrent 25 % av partikkelreduksjonen som skjer med store partikler (McLeod & Minson 1988). Etetiden kan variere betraktelig mellom fôrmidler, fra finmalt kraftfôr som gir 4 min/kg TS til 30 min/kg TS for halm (Nørgaard 2003a).

I løpet av et døgn har ei ku flere store og små måltider. Antallet måltider er avhengig av flere faktorer, blant annet fôringsprinsipp. Måltidsfordelingen ved ad libitum fôring kan karakteriseres ved et stort måltid rett etter at fôring og flere mindre måltider resten av dagen (Albright & Timmons 1981; Heinrichs & Conrad 1987). Vasilatos og Wangsness (1980) fant at kyr fôret ad libitum hadde i gjennomsnitt 12 måltider hver dag og måltidene varte i gjennomsnitt 21 minutter. Ved restriktiv fôring vil måltidene ofte vare lenger av gangen fordi dyra eter når de har tilgang på fôr slik at den totale etetiden normalt ikke vil gå ned.

Etehastigheten kan beskrives som andel fôr konsumert per tidsenhet, eksempelvis i gram/minutt. Hastigheten er raskest i starten av et måltid og avtar mot slutten (Suzuki et al. 1969). Dette er delvis på grunn av sult, da sult øker etehastigheten. Kjevebevegelsene under fôropptak er forholdsvis uregelmessige og raske (Figur 5), med en frekvens på 70 til 90 tygg per minutt (Welch & Hooper 1988). Etehastigheten er avhengig av flere faktorer blant annet egenskaper ved fôret og utfôringen. Fôrmidler med lang fysisk form senker etehastigheten. Kraftfôr konsumeres derfor raskere enn grovfôr (Beauchemin et al. 2008). Friskt gras etes raskere enn fôrmidler med forventet dårligere smaklighet som halm (Baumont 1996).



**Figur 5** Frekvens og styrke av kjevebevegelsene under fôropptak (Zehner et al. 2012).

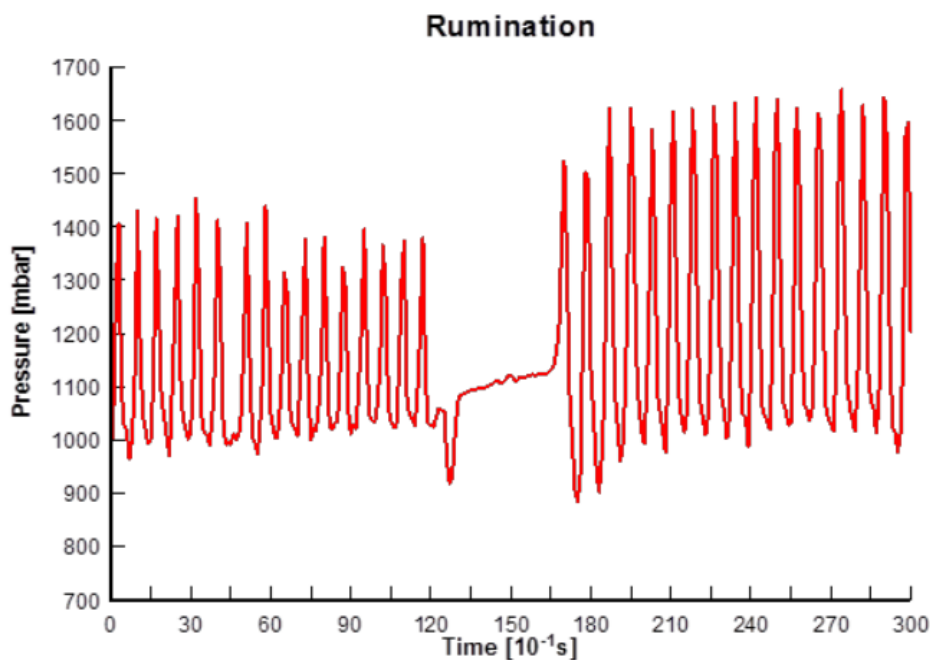
Drøvtygging er den prosessen hvor dyret gulper opp en porsjon med vominnhold(bolus) til munnen for å tygge det igjen. Drøvtygging står for mesteparten av partikkelreduksjonen av fôret. McLeod og Minson (1988) viste at 50 % av partikkelreduksjonen av store partikler skjer gjennom drøvtyggingen. Drøvtygging stimuleres av grove partikler i området rundt spiserørsåpningen (McDonald et al. 2011). Drøvtyggingen skjer ved hjelp av spesielle



vomkontraksjoner. Rett før oppgulping skjer det en trippelkontraksjon i nettmagen og det dannes et vakuum som trekker materialet mot spiserørsåpningen (Ruckebusch 1988).

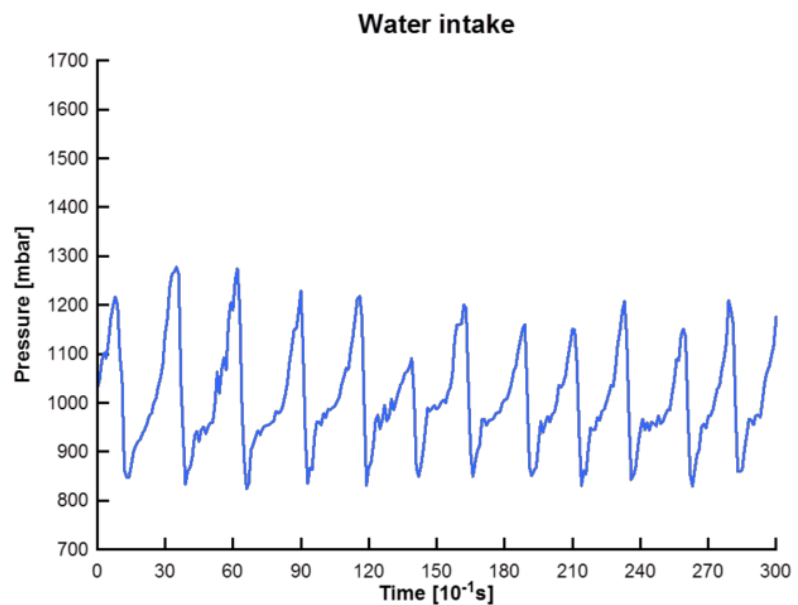
Antiperistaltiske bevegelser fører materialet opp spiserøret til munnen.

Den oppgulpede bolusen tygges i 30-60 sekunder før den svelges igjen. Drøvtyggingen skjer vanligvis i perioder på noen få minutter til 2 timer av gangen. Hvert døgn drøvtygger ei melkeku vanligvis i 10 til 20 perioder (Beauchemin 1991). I hver drøvtyggingperiode oppgulpes det typisk 30 til 60 boluser. I løpet av et døgn kan en drøvtygger gulpe opp mellom 100 og 600 boluser (Nørgaard 2003a). Kjevebevegelsene under drøvtyggingen er regelmessige og har en langsom frekvens med et klart skille mellom to boluser hvor det blir et opphold i kjevebevegelsene (Figur 6). Frekvensen er vanligvis mellom 50-55 tygg per minutt (Welch & Hooper 1988). Stimuleringen av spyttsekresjon under drøvtygging skjer på den siden i munnen som bolusen tygges på (Church 1988). Drøvtygging kan foregå når dyra er oppreist, men skjer hovedsakelig når dyra ligger og hviler (Schirmann et al. 2012).



**Figur 6** Frekvens og styrke av kjevebevegelsene under drøvtygging (Zehner et al. 2012).

Tilstrekkelig med drikkevann er nødvendig for å oppnå god produksjon hos melkekyr (Murphy 1992). Store mengder vann trengs til både spytt- og melkeproduksjon, da spytt og melk består av henholdsvis 99 og 87 % vann (Beede 2005; McDonald et al. 2011). Ei ku bruker vanligvis bare noen få minutter av et døgn på drikkeaktivitet (Huzzey et al. 2005). Drikkeatferd har et karakteristisk langsomt kjevemønster (Figur 7). Kyrne vil ofte drikke rett etter et måltid, men mengden vann konsumert varierer med blant annet ytelse, fôropptak og lufttemperatur (Cardot et al. 2008).



**Figur 7** Frekvens og styrke av kjevbeveggelsene ved drikkeaktivitet (Zehner et al. 2012).

#### 2.4.1 Faktorer som påvirker tyggetid

Daglig tyggeaktivitet påvirkes av ulike forhold ved dyret, fôret og miljøet. Mange av faktorene som påvirker fôropptaket har tett sammenheng med tyggetiden. Tyggetiden kan derfor benyttes for å estimere fôropptaket (Pahl et al. 2016). Faktorer som gir høyt opptak av fôr vil normalt også gi en lengre tyggetid.

Tyggetid kan variere betraktelig mellom dyr. Individuelle forskjeller oppstår normalt på grunn av variasjoner i produksjonspotensial, kroppsvekt og fysiologisk stadium (De Boever et al. 1990). Blant annet kan større dyr bryte ned partikler gjennom drøvtyggingen mer effektivt enn mindre dyr (Welch & Hooper 1988). Dette gir forskjeller mellom dyr avhengig av laktasjonsnummer, da førstekalvskyr normalt er mindre enn eldre kyr. Eldre kyr eter også raskere enn førstekalvskyr (Burt 1957). Forskjellene mellom dyr i effektivitet i tyggetiden er størst for finmalte fôrmidler som kraftfôr og varierer mindre for ubehandlet grovfôr (Beauchemin 1991).

Lengden av etetiden og drøvtyggingstiden er tett sammenbundet, da en lang etetid normalt fører til en lang drøvtyggingstid. Dette kan delvis forklares med at drøvtyggingen forutsetter

at det er et fôropptak. Likevel kan en fôrtildeling som gir en kort etetid kompenseres med en lengre drøvtyggingstid (Freer & Campling 1965).

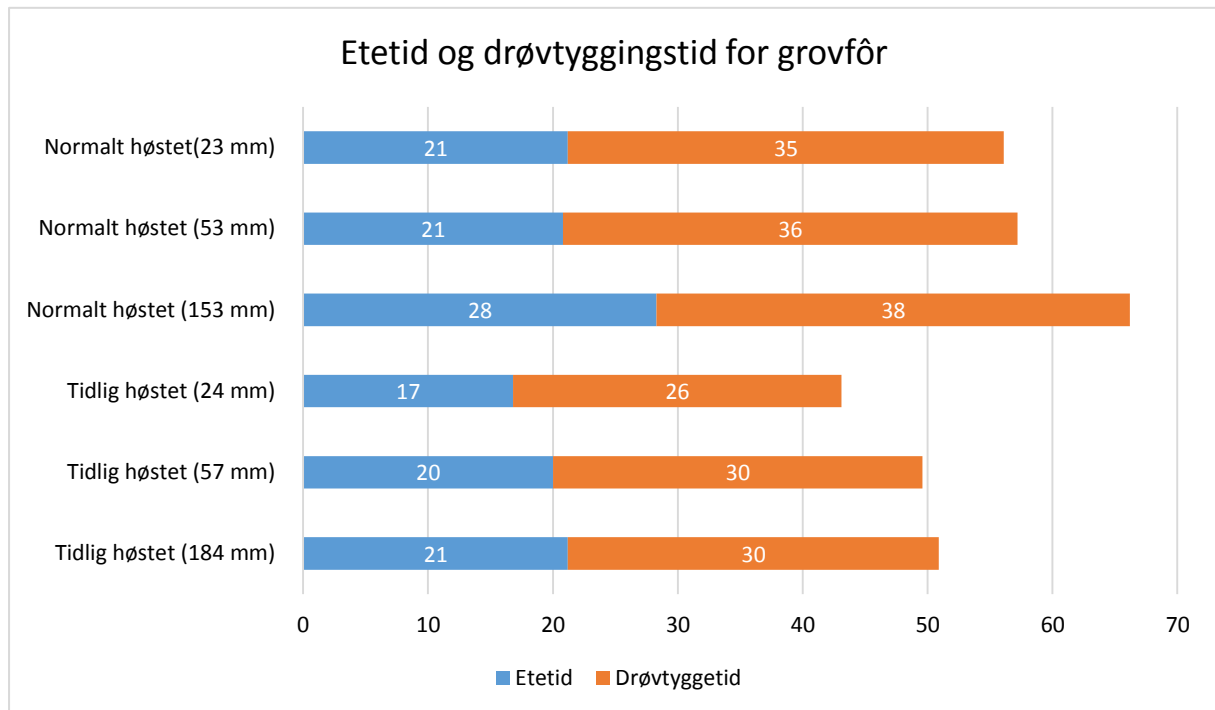
Tyggetiden er tett sammenbundet med mengden fôr som konsumeres. En høy melkeproduksjon har som tidligere nevnt en positiv sammenheng med fôropptak. Økt fôrnivå vil øke den totale tyggetiden, men gir mindre drøvtygging per kg tørrstoff (Welch & Smith 1969). Årsaker til dette er at drøvtyggingen blir mer effektiv ved høye fôrnivåer eller at den mikrobielle nedbrytningen i vom får en større rolle i partikkelreduksjonen (Bae et al. 1979; Van Soest 1992).

Selve etehastigheten kan påvirke den totale tyggetiden på flere måter. En raskere etehastighet kan fremme et høyere opptak (Chase et al. 1976), men kan også redusere den totale tyggetiden. Fysiologisk stadium kan påvirke dyras etehastighet, som igjen vil ha en innvirkning på den totale tyggeaktiviteten. Campling (1966) observerte at lakterende kyr ått raskere enn ikke-lakterende kyr. Dette kan være som følge av ulikt energibehov. Drektige kyr ått saktere og brukte lengre tid på å ete og drøvtygge sammenlignet med kyr som ikke var drektige (Campling 1966).

Den totale tyggetiden er sterkt avhengig av fôrets kvalitet. Mengden NDF og partikkelstørrelsen er de faktorene ved fôret som har størst påvirkning på tyggetiden. Tiden brukt til eting og drøvtygging øker lineært i forhold til innholdet av NDF i rasjonen (Beauchemin & Buchanan-Smith 1989). Innholdet av både NDF og iNDF har sammenheng med høstetidspunkt. iNDF er den ufordøyelige fraksjonen av NDF og er assosiert med økt lignifisering av NDF fraksjonen i planter (Weisbjerg & Sjøgaard 2008). Innholdet av iNDF er avgjørende for fôrets energiverdi, men denne fraksjonen er også viktig for fôrets strukturverdi. Økt innhold av NDF og iNDF vil gjøre den fysiske nedbrytningen av fôret vanskeligere og mer tidkrevende. Generelt vil seinere høstetidspunkt gi en lengre daglig tyggetid (De Boever et al. 1993) og dette er hovedsakelig på grunn av det økte NDF innholdet i gras ved senere utviklingsstadium (Byskov et al. 2014).

Redusert partikkelstørrelse på fôret gir lavere tyggetid. Denne effekten er spesielt tydelig på finmalte fôrmidler som kraftfôr. Kraftfôr bidrar generelt i svært liten grad til drøvtygging. De karakteristiske trippelkontraksjonene i nettmagen kan observeres ved rasjoner med lite struktur, men uten at det skjer noe videre drøvtygging (Freer & Campling 1965). Dette er på grunn av at kraftfôret har en partikkelstørrelse som ikke behøver videre bearbeiding og vil derfor ikke stimulere til drøvtygging. Redusert kuttelengde av surfôr har samme effekt på

tyggetid. Ved å redusere den gjennomsnittlige partikkelstørrelsen på grovfôret fra 51 mm til 31 mm kan dette senke den totale tyggetiden med nærmere 2 timer, og dette er hovedsakelig gjennom en reduksjon i drøvtyggingstiden (Santini et al. 1983). Et forsøk gjennomført av Garmo et al. (2007) studerte effekten av ulikt høstetidspunkt i sammenheng med kuttelengden på surfôret. Resultatene viser at total tyggetid er generelt lavere for gras høstet tidlig sammenlignet med gras som er høstet ved normalt utviklingsstadium, og en reduksjon av partikkelstørrelsen gir en nedgang i tyggetid for begge surfôrkviteter (Figur 8).



**Figur 8 Etetid og drøvtyggingstid for grovfôr i fôrrasjoner med ulikt høstetidspunkt og partikkelstørrelse på surfôret (Garmo et al. 2007).**

Som tidligere nevnt vil økt tørrstoffinnhold i grovfôret fremme et høyere opptak og et høyere opptak kan føre til en lengre total tyggetid. Teller et al. (1989) fant at ved å øke tørrstoffinnholdet fra 20 til 40 % ga dette et høyere tørrstoffopptak og en høyere total tyggetid i minutter, men tyggetiden i forhold til tørrstoffopptak (min/kg TS) var lavere for det surfôret med høyest tørrstoffinnhold. Dette tyder derfor på at økt tørrstoffinnhold øker tyggetiden, men den blir ikke mer effektiv per kg tørrstoff.

Det er sammenheng mellom tyggetiden og energiverdien av rasjonen. Varigheten av den daglige tyggetiden ved ad libitum fôring kan benyttes som indikator på dyrenes energistatus (Nørgaard 2003a). En svært høy daglig tyggeaktivitet, opp mot 20 timer, kan indikere en utilstrekkelig energiforsyning. Dette kan eksempelvis skje med høyt ytende melkekyr på rasjoner med mye grovfôr med lav fordøyelighet. På den andre siden kan lav total tyggetid

indikere en høy energiforsyning med fare for vektøkning og sur vom. Dette vil typisk være en rasjon bestående av store mengder kraftfôr.

I en rasjon bestående av ulike fôrmidler vil tyggetiden påvirkes av samspillet mellom fôrmidlene. Balch (1971) viste at en rasjon med surfôr ga en tyggetid mellom 99-120 min/kg TS og at tyggetiden varierte for finmalt kraftfôr med 4 min/kg TS opp til halm som ga over 2 timer/kg TS med tyggetid. Ved å gi store mengder kraftfôr i rasjonen vil dette senke den totale tyggetiden. Dette er på grunn av at kraftfôr generelt gir lite tyggetid og at kyrne vil få et lavere opptak av grovfôr på grunn av substitusjonseffekten. Et lavere opptak av grovfôret senker tyggetiden, da grovfôr er den komponenten i rasjonen som hovedsakelig bidrar til tyggetiden.

Flere ulike eksterne faktorer kan påvirke tyggetiden til drøvtyggere, deriblant kyrnes oppstallingsforhold. Colenbrander et. al. observerte at kyr oppstallet på bås hadde flere måltider enn de i løsdrift, men den totale tyggetiden var den samme (1991). Melin et. al. viste at selv om dyr av lav og høy rang hadde samme fôropptak i et løsdriftssystem, brukte dyra av høy rang mer tid på tygging under fôropptak (2007). Noe som kan tyde på at dyr med lav rang var mer effektive under fôropptak. Det er forventet at mange ulike faktorer i et løsdriftssystem påvirker tyggetiden til enkeltindivider, deriblant rang og antall tilgjengelig eteplasser.

#### **2.4.2 Metoder for å måle tyggetid**

Flere ulike metoder er utviklet for å registrere tyggetid. Den enkleste metoden er manuelle registreringer. Det vil si bruk av direkte observasjoner eller videoovervåking. I dag har det blitt det mer vanlig å bruke automatisert utstyr for å registrere eteatferd, hovedsakelig på grunn av at manuelle registreringer av atferd er svært arbeidskrevende (Elischer et al. 2013). Likevel blir manuelle registreringer fortsatt benyttet, ofte for å validere at ulike automatiske metoder fungerer korrekt (Rutter et al. 1997; Lindgren 2009; Braun et al. 2013).

Det er utviklet flere ulike typer utstyr for automatisk registrering av tyggetid. Metodene varierer hovedsakelig i hva som benyttes for å detektere kjevebevegelsene og hvordan data lagres og leses av (Luginbuhl et al. 1987). Flere metoder bruker grimer med ulike typer sensorer for å registrere kjevebevegelser. Bevegelsene kan omdannes til ulike signaler som kan lagres og tolkes som eting, drøvtygging eller andre kjevebevegelser. Eting og drøvtygging har som tidligere nevnt et karakteristisk kjevemønster som gjør det lett å skille mellom de ulike atferdene.

Stobbs og Cowper (1972) benyttet en mikrobryter festet på ei grime. Denne mikrobryteren var følsom for kjevebevegelser og lagret disse endringene på en egen opptaker. Rutter et al.

(1997) benyttet ei grime med sensorer som registrerte elektrisk resistans. Resistansen i båndet rundt kjeven endret seg når dyret beveget kjeven og disse endringene ble lagret på et minnekort. Målingene kan i ettertid leses av og analyseres på en PC gjennom en egen programvare kalt Graze (Rutter 2000). Braun et al. (2013) og Zehner et al. (2012) benyttet grimer med en trykksensor i nesebåndet. I dette nesebåndet var det en oljefyllt tube som registrerte trykkendringer som skjedde når dyret beveget kjeven. Disse trykkendringene kunne tolkes som forskjellig atferd ut i fra styrke og frekvensen på kjevebevegelsene gjennom en tilhørende programvare. Dette programmet benytter egne analysealgoritmer til å klassifisere de ulike trykkendringene til verdier for dyras aktivitet (Zehner et al. 2017).

Registrering av karakteristiske lyder i sammenheng med eting og drøvtygging kan benyttes for å bestemme tyggetiden. Ulik frekvens og styrke av lydene benyttes for å skille mellom ulike atferder. En stor fordel med denne metoden er at den kan observere eteatferd og fôropptak på beitende dyr uten å forstyrre den naturlige atferden (Clapham et al. 2011). Laca og WallisDeVries (2000) benyttet en trådløs mikrofon festet i pannen på beitende kastrater for å finne tyggetiden. Samme metode ble benyttet av Galli et al. (2011) på beitende søyer. Her ble i tillegg opptakene synkronisert med videoovervåking for å sikre at rett atferd ble registrert.

Registrering av de karakteristiske vomkontraksjonene assosiert med drøvtygging kan benyttes for å finne tyggetiden. For å detektere disse kontraksjonene kan det benyttes en trykksensor og en vannfylt gummislange som registrerer trykkforandringer i nettmagen (Dado & Allen 1993). Denne måleren vil registrere trippelkontraksjonene som skjer i nettmagen før oppgulping av en bolus. For å finne den totale tyggetiden kan kontraksjonene benyttes i tillegg til ulike metoder for å måle etetiden. Eksempelvis kan registrering av vektendring i fôrkar benyttes for å finne etetiden (Dado & Allen 1993).

### **2.4.3 Beregning av tyggetid**

For en bonde ville det være problematisk og arbeidskrevende å måle tyggetiden selv. Det er derfor nyttig å ta i bruk et fôroptimeringsprogram som kan beregne tyggetiden. Slike programmer benytter ulik informasjon om selve dyret og fôret for å beregne tyggetid for et fôrmiddel eller en fôrrasjon. Bruk av tyggetid i fôroptimeringen kan være spesielt nyttig ved vurdering av rasjonssammensetningen.

Ulike metoder kan benyttes for å beregne forventet tyggetid. I rasjonsvurderingsprogrammet NorFor er tyggetid et viktig begrep i fôroptimeringen. Tyggetid er en av

optimeringsvariablene som vurderer om rasjonen inneholder tilstrekkelig med struktur. Tyggetidssystemet som benyttes i NorFor er en videreutvikling av det danske systemet utviklet på 1980 og 1990-tallet, blant annet beskrevet av Nørgaard (1986). I systemet tildeles hvert fôrmiddel en tyggetidsindeks (CI) oppgitt i min/kg TS. Denne tyggetidsindeksen er igjen beregnet som summen av etetidsindeksen (EI) og drøvtyggingstidsindeksen (RI) for hvert fôrmiddel (Volden 2011). Flere forsøk ble gjennomført for å finne tyggetiden for ulike fôrmidler og ut i fra dette de beste ligningene for å beregne tyggetiden. Alle disse forsøkene ble relatert til ei standard ku slik at resultatene kan sammenlignes og relateres til hverandre. Denne standard kua med en fast kroppsvekt, gjennomsnittlig fôropptak og tyggetid benyttes i dagens beregninger av tyggetid i NorFor, da drøvtyggingstiden beregnes ut ifra en standardisert drøvtyggingstid og etetiden beregnes ut ifra en standardisert etetid (Volden 2011).

Tyggetid for hele rasjonen blir beregnet ved å addere tyggetiden for hvert enkelt fôrmiddel som inngår i rasjonen. Finmalt kraftfôr har en fast tyggetid på 4 min/kg TS i NorFor, hovedsakelig på grunn av liten partikkelstørrelse som ikke drøvtygges. Fôrmidler med større partikkelstørrelse og høyere innhold av strukturelle komponenter vil få en lengre tyggetid. NorFor anbefaler at tyggetiden for ei melkeku bør ligge på minst 32 min/kg TS. Dette vil sørge for en god fiberfordøyelse, godt vommiljø og ønskelig fettinnhold i melk (Volden 2011).

## 3.0 Egne undersøkelser

### 3.1 Material og metode

Forsøket ble utført ved Senter for Husdyrforsøk(SHF) på Ås gård i perioden august 2016 til mars 2017.

#### 3.1.1 Forsøksdyr

I alt deltok 61 kyr av rasen NRF i forsøket. Dyra deltok i forsøket 7 dager før forventet kalving og fram til omtrent 120 dager etter kalving. Kyrne gikk i løsdrift på spaltegolv og ble melket i DeLaval melkerobot. Kyrne ble gruppert etter laktasjonsnummer som førstekalvskyr, andrekalvskyr eller eldre kyr (Tabell 2). Ei ku i gruppen med eldre kyr ble slaktet før forsøket ble avsluttet. I utgangspunktet skulle 64 kyr delta i forsøket, men flere kyr ble slaktet eller tatt ut av forsøket uten at den kunne erstattes, slik at antall kyr i forsøket ble 61.

**Tabell 2 Oversikt over antall forsøksdyr.**

	Antall dyr
Førstekalvskyr	23
Andrekalvskyr	16
Eldre kyr	22
Totalt	61

#### 3.1.2 Fôrrasjoner

##### Grovfôr

To kvaliteter av surfôr ble benyttet i forsøket. Et ble høstet ved tidlig utviklingsstadium og et ved normalt utviklingsstadium, de vil i oppgaven bli omtalt som surfôr ved henholdsvis tidlig normal høstetid. Det tidlig høstede graset ble slått like før skyting på timoteiplantene. Det med normal høstetid ble slått når mesteparten av timoteien hadde skutt. Det tidlige høstede graset ble slått 31/5-2016 og 1/6-2016. Det normalt høstede graset ble slått 9/6-2016. Den botaniske sammensetningen av graset hadde sterk overvekt av timotei, med noe innblanding av engsvingel. Alt gras ble høstet ved skiftene Vollhaugen og Sørås på Ås og presset i rundball. Innholdet av tørrstoff varierte noe mellom høstetid og høstested (Tabell 3). For å jevne ut forskjellene ble grovfôret blandet i en fullfôrmikser av merket Siloking ved å blande sammen rundballer fra de to skiftene innen høstetid. For graset høstet ved normal høstetid ble



det tilsatt vann i fullfôrmikseren for å gi et tørrstoffinnhold på omtrent 35 %. Utfôring av nytt grovfôr skjedde normalt to ganger om dagen, ca. kl. 8.00 og 20.00.

**Tabell 3 Generell informasjon om surfôret som inngikk i forsøket.**

Høstedata	Høstested	Høstetid	Antall baller	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 %

### Kraftfôr

Kraftfôr av typen FORMEL Energi premium 70 fra Felleskjøpet ble benyttet i forsøket.

### Fôringsregime

Innenfor hver surfôr kvalitet ble det benyttet to fôringsregimer (Tabell 4). Den ene gruppa fikk statistisk tildeling etter standard laktasjonskurver fra NorFor. Den andre gruppa fikk en dynamisk tildeling, hvor fôrtilgangen ble justert etter faktisk produksjon og opptak av fôr.

**Tabell 4 Oversikt over forsøksledd.**

Tidlig høstet surfôr, høy kvalitet.	Ledd 1	Statisk fôrtildeling
	Ledd 2	Dynamisk fôrtildeling
Normalt høstet surfôr, middels kvalitet.	Ledd 3	Statisk fôrtildeling
	Ledd 4	Dynamisk fôrtildeling

Fôrplaner ble satt opp for begge grupper, med utgangspunkt i ytelse på 7500 EKM for førstekalvskyr, 8500 EKM for andrekalvskyr og 9000 EKM for eldre kyr. Oversikt over antall dyr i hvert forsøksledd er presentert i Tabell 5.

**Tabell 5 Antall kyr i hvert forsøksledd.**

Forsøksledd	1.kalskyr	2.kalvskyr	Eldre kyr
Statisk tidlig	6	4	5
Dynamisk tidlig	6	4	6
Normal statisk	6	4	6
Normal dynamisk	5	4	5
Totalt	23	16	22

En uke før forventet kalving ble kyrne satt på tildelingen av de respektive kvaliteter av surfôr. Før kalving og de første tre ukene av laktasjonen ble kraftfôr tildelt etter standard laktasjonskurver fra NorFor med basis i de to surfôrkvalitetene. Kyrne ble trappet opp med 0,5 kg kraftfôr/dag til planlagt nivå fra dag 1 etter kalving. Kraftfôrnivået ved kalving var 2 kg/dag. Den statiske gruppa fulgte anbefalingene fra NorFor i hele forsøksperioden. Fra 21 dager etter kalving ble tildelingen av kraftfôr i den dynamiske gruppa justert ukentlig etter rullende gjennomsnitt over behov basert på levendevekt, produksjon (EKM) og opptak av energi fra grovfôr. Tildelingen ble ikke justert hvis fôrbehovet ikke hadde endret seg mer enn 5 % fra forrige endring. Justeringene ble gjort relativt konservativt ved at endring på 0,5 kg ble gjort over 10 dager, justeringer mellom 0,5 og 1,0 kg ble gjort over 14 dager, og endringer på mer enn 1,0 kg/dag ble gjort over 21 dager.

### 3.1.2 Registrering av fôropptak

Grovfôret ble tildelt i totalt 46 separate fôrkar med veieceller. Kyrne fikk bare tilgang til fôrkarene med den surfôr kvaliteten de tilhørte. Fôrkarene var lukket med en port som åpnet seg når ei ku ble identifisert ved porten. Vektendring i fôrkarene før og etter besøk ble betegnet som fôropptaket og disse registreringene ble gjort fortløpende gjennom dagen og summert til daglig opptak i kilo. To ganger hver uke ble fôrkarene tømt for rester og en gang hver uke ble karene rengjort og vektene kalibrert.

Kraftfôr ble tildelt i melkeroboten og tre egne kraftfôrautomater med bakport. Fôropptak av kraftfôr ble registrert som den mengden systemet utfôret.

### 3.1.3 Registrering av tyggetid

Tyggetid ble registret ved trådløse grimer av merket RumiWatch (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Sveits). Nesebåndet i grima bestod av en oljefylt silikontube tilkoblet en trykksensor.

Trykksensoren var koblet sammen med en datalogger på høyre sida og et batteri på venstre side av grima (Figur 9).



**Figur 9** Til venstre et bilde av ei RumiWatch-grime, til høyre ei ku med grima festet på.

Trykksensoren i grima var følsom for trykkendringer i den oljefylte tuben og alle registrerte endringer ble lagret på et minnekort. Lagrede data ble hentet ut ved hjelp av en USB kabel. Råfilene ble behandlet gjennom det tilhørende programmet RumiWatch Converter (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Sveits). Egne algoritmer i dette programmet klassifiserte datamaterialet inn i fire atferder: eting, drøvtygging, drikking og annen aktivitet.

To ulike output over tyggeaktivitet ble benyttet for videre bearbeiding av data. Det første var et sammendrag over minutter hver time benyttet til ulike tyggeaktiviteter. Her ble tilgjengelig tyggetidsdata for hele døgnet benyttet for å relatere tyggetiden til fôropptak og opptak av NDF. Videre ble det laget et mer detaljert 10 minutters sammendrag av alle tyggetidsdata. Disse dataene ble benyttet til å lage figurer over gjennomsnittlig tid brukt til ulike tyggeaktiviteter.

Tyggetid ble registret ved tre stadier i laktasjonen i ei uke av gangen (Tabell 6).

**Tabell 6 Perioder for tyggetidsregistrering.**

Dager etter kalving	
Periode 1	Dag 21-28
Periode 2	Dag 56-63
Periode 3	Dag 98-105

### 3.1.4 Prøvetaking og analyser

#### Surfôr

Tre ganger hver uke ble det tatt ut surfôrprøver av begge kvalitetene for analyse av tørrstoffinnhold. Tørrstoffanalysen ble gjort ved Stoffskifteavdelingen ved NMBU. Samtidig ble det også tatt ut en representativ råprøve av surfôr som senere ble samlet i en felles prøve for hver måned. Disse samleprøvene for hver måned ble brukt til kjemiske analyser.

Følgende kjemiske analyser ble utført på surfôret:

#### Tørrstoff

Bestemmes ved tørking på 60°C til konstant vekt. Differanseforskjell før og etter tørking betegnes som vanninnholdet. Tørrstoffet ble korrigert med fast faktor for tap av syrer ved tørking fra NorFor.

#### Aske

Bestemmes ved total forbrenning i en askeovn på 550°C i minst 4 timer. Andelen etter forbrenning betegnes som aske eller mineralinnholdet i prøven.

#### NDF

Innholdet av NDF i en prøve ble funnet ved hjelp av Ankom<sup>200</sup> Fiber Analyzer (Berg 2013). Prøven blir varmet opp i en nøytral såpeløsning og den fraksjonen som gjenstår etter koking vil være NDF. Prøvene kan også askekorrigeres og amylasebehandles. For å finne askekorrigert NDF (NDFom) kan prøven forbrennes på 550°C for å finne den uorganiske delen. Innholdet av aske trekkes deretter fra totalt NDF og gir innholdet av NDF fra den organiske delen. Amylasebehandling gjøres for å fjerne eventuell stivelse fra prøven.  $\alpha$ -amylase blir da tilsatt såpeløsningen for å oppløse stivelsen slik at rester av stivelse ikke går inn i NDF fraksjonen.

### *i-NDF*

iNDF ble analysert ved hjelp av NIR-metoden (Near infrared spectroscopy). Metoden går ut på at prøven skannes med elektromagnetisk stråling ved bølgelengder nært infrarødt lys (Marten et al. 1989). Energien som reflekteres fra prøven kan benyttes til å identifisere den kjemiske sammensetningen av fôret. Resultatet er avhengig av god kalibreringen av instrumentet.

### *Kjeldahl-N*

Kjeldahlmetoden benyttes for å finne innholdet av nitrogen i en prøve. Metoden ble utført ved hjelp av instrumentene 2400/2460 Kjeltex™ Auto Sampler System og Tecator™ Digestor Auto (Berg 2011). Metoden har tre ulike steg, nedbrytning, destillering og titrering. Første steg gikk ut på å legge prøven i svovelsyre, slik at nitrogenet ble omdannet til ammonium. Så tilsettes base slik at ammonium kan destilleres av, og innholdet bestemmes deretter ved titrering (Persson et al. 2008). Ut i fra mengden nitrogen kan mengden protein bestemmes ved å multiplisere med en faktor på 6,25, fordi protein i gjennomsnitt inneholder 16 % nitrogen.

### *Råfett*

For å finne mengden råfett ble ekstraksjonsmetoden Accelerated solvent Extraction (ASE) benyttet (Tingstad 2010). Ekstraksjonen skjer ved at løsningsmiddelet blir pumpet inn i en ekstraksjonscelle som inneholder prøven som skal analyseres. Ved valgt temperatur og trykk blir prøven ekstrahert. Ekstraktet blir samlet i et oppsamlingsglass og til slutt fjernes løsemiddelet fra prøven.

### *Kraftfôr*

Sammensetningen av kraftfôret ble ikke analysert. Verdiene benyttet i resultatene ble basert på beregnede verdier fra innleggsseddel.

### *Melk*

Daglig melkeproduksjon ble registrert i roboten. Tre ganger hver uke ble det tatt melkeprøver fra alle kyr i forsøket. Disse ble sendt til kjemisk analyse ved TINE sitt laboratorium i Bergen. Analysert innhold av fett, protein og laktose ble brukt til å beregne produksjon av EKM.

## **3.1.5 Beregninger og statistikk**

### *Beregning av tyggetid i NorFor*

Tyggetidsindeksen er summen av etetidsindeksen og drøvtyggingsindeksen (Formel 1).

$$CI = EI + RI.$$

Formel 1

Etetidsindeksen i NorFor blir beregnet ut i fra fôrmiddelets NDF-innhold og en korreksjonsfaktor for fôrets partikkellengde (Formel 2).

$$EI = 50 \times \frac{NDF}{1000} \times Size\_E$$

Formel 2

Denne korreksjonsfaktoren (Size\_E) spenner fra 0,67 for finmalt grovfôr opp til 1 for ukuttet grovfôr. Formelen inneholder en standardisert etetid på 50 min/kg NDF som er relatert til etetiden hos ei standard ku.

Drøvtyggingstidsindeksen blir beregnet ut i fra fôrets NDF-innholdet, en korreksjonsfaktor for fôrets partikkellengde og en hardhetsfaktor (Formel 3).

$$RI = 100 \times \frac{NDF}{1000} \times Size\_R \times Hardness\_factor$$

Formel 3

I denne formelen benyttes standardisert drøvtyggingstid på 100 g/kg NDF, noe som forutsetter at ei ku drøvtygger 100 minutter per kg NDF. Korreksjonsfaktoren for fôrets partikkellengde (Size\_R) spenner fra 0 for finmalt kraftfôr til 1 for ukuttet grovfôr. Hardhetsfaktoren er relatert til innholdet av iNDF i fôrmiddelet. Denne hardhetsfaktoren vil typisk være i 0,8 i ungt beitegras og øker med høyere iNDF nivå. Hvis partikkelstørrelsen til et fôrmiddel er under 2,0 mm slik som finmalt kraftfôr vil RI bli null.

### Variansanalyse

Resultatene ble undersøkt statistisk ved hjelp av «Mixed» prosedyren i SAS (SAS, versjon 9.4, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) etter følgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + BC_{jk} + CD_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

Hvor  $Y_{ijk}$  er den undersøkte parameteren;

$\mu$  er gjennomsnittet for undersøkt variabel;

$A_i$  er effekten av dag ( $i=1 \dots 6$ );

$B_j$  er effekten av periode, ( $j=1, 2, 3$ );

$C_k$  er effekten av ledd, ( $k=1,2,3,4$  statisk tidlig, dynamisk tidlig, statisk normal, dynamisk normal);

$D_l$  er effekten av laktasjonsnummer, ( $l=1,2,3$ ; førstekalvskyr, andrekalvskyr, eldre kyr);

$(A*B)_{ij}$  er samspilleffekt mellom dag og periode;

$(B*C)_{jk}$  er samspilleffekt mellom periode og ledd;

$(C*D)_{kl}$  er samspilleffekt mellom ledd og klasse;

$\varepsilon_{ijkl}$  er tilfeldig feil.

Det ble valgt en autoregressiv kovariansstruktur for dager innen ku, med ku som tilfeldig effekt og dager som gjentak. Alle middeltall er beregnet som least square means (LSMeans) med standardfeil (SEM). Signifikansnivå  $p<0,05$  ble benyttet.

### Kontraster

Forskjellene mellom fôringsregime og høstetidspunkt ble testet ved hjelp av kontraststatement i SAS og prosedyren «Mixed». Kontrasten mellom fôringsstrategi og høstetidspunkt ble funnet ved bruk av «Contrast» funksjonen i SAS. Forskjellen mellom gruppene ble vurdert som statistisk signifikante ved  $p<0,05$ .

## 3.2 Resultater

Den statistiske modellen som ble benyttet inneholdt en samspilleffekt mellom periode og forsøksledd. Denne samspilleffekten hadde ingen signifikant effekt på noen av resultatene og er derfor ikke fremstilt i resultatene.

### 3.2.1 Kjemisk innhold i fôr

Kjemisk innhold i de to grovfôrkvalitetene og kraftfôret benyttet i forsøket er fremstilt i Tabell 7.

**Tabell 7 Gjennomsnittlig kjemisk innhold i grovfôr og kraftfôr benyttet i forsøket, med standardavvik for variasjon i sammensetning gjennom forsøksperioden.**

	Surfôr tidlig høstetid	Surfôr normal høstetid	FORMEL Energi Premium 70
Tørrstoff <sup>1</sup>	261 ± 23,5	359 ± 10,2	878
Aske	74,9 ± 2,51	61,5 ± 1,87	78
Råprotein	151 ± 6,85	127 ± 5,82	227
Råfett	30,9 ± 1,89	23,7 ± 1,91	65
aNDFom <sup>2</sup>	579 ± 7,11	614 ± 7,57	179
iNDF <sup>3</sup> , g/kg NDF	134 ± 58,9	206 ± 32,3	206
Restfraksjon <sup>4</sup>	164 ± 7,40	173 ± 4,65	162
Stivelse	0	0	289

<sup>1</sup> Alle verdier i g/kg TS hvis ikke annet oppgitt. <sup>2</sup> NDF i surfôret er amylasebehandlet og askekorrigert. <sup>3</sup> Bare to surfôranalyser for iNDF. <sup>4</sup> Restfraksjon i surfôr=1000 – aske – råprotein – råfett – aNDFom - stivelse.

Tabell 7 viser at de to surfôrtypene skiller seg en del fra hverandre i tørrstoffinnhold, henholdsvis 261 g/kg TS for det tidlige høstede og 359 g/kg TS for det høstet ved normal høstetid. Det tidlig høstede surfôret har høyest råproteininnhold, 151g/kg TS mot 127 g/kg TS. Det normalt høstede har både høyere NDF og iNDF-innhold enn det surfôret med tidlig høstetid.



### 3.2.2 Fôropptak

Tørrstoffopptak i hvert forsøksledd i de tre periodene og gjennomsnittlig opptak alle forsøksperioder er fremstilt i Tabell 8.

**Tabell 8 Kraftfôr, grovfôr og totalt opptak i hvert ledd de ulike periodene (kg tørrstoff).**

	Forsøksledd <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	p-verdi		
	TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
<u>Dag 22-27 (Periode 1)</u>								
Kraftfôr <sup>5</sup>	8,13 <sup>b</sup>	7,73 <sup>ab</sup>	9,95 <sup>a</sup>	9,60 <sup>a</sup>	0,201	0,001	0,001	0,065
Grovfôr	12,9 <sup>a</sup>	11,8 <sup>ab</sup>	10,8 <sup>bc</sup>	10,7 <sup>b</sup>	0,394	0,001	0,001	
Totalt	21,0 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	20,8 <sup>ab</sup>	20,3 <sup>ab</sup>	0,445	0,086		0,025
<u>Dag 57-62 (Periode 2)</u>								
Kraftfôr	7,03 <sup>bc</sup>	7,61 <sup>c</sup>	9,21 <sup>a</sup>	8,47 <sup>ac</sup>	0,351	0,001	0,001	
Grovfôr	14,3 <sup>a</sup>	12,7 <sup>b</sup>	12,0 <sup>b</sup>	11,7 <sup>b</sup>	0,436	0,001	0,001	0,038
Totalt	21,3	20,3	21,2	20,2	0,473			0,048
<u>Dag 99-104 (Periode 3)</u>								
Kraftfôr	5,64 <sup>bc</sup>	5,74 <sup>bc</sup>	8,11 <sup>a</sup>	6,44 <sup>c</sup>	0,467	0,001	0,001	0,098
Grovfôr	15,5 <sup>ac</sup>	14,0 <sup>c</sup>	11,6 <sup>b</sup>	13,3 <sup>bc</sup>	0,452	0,001	0,001	
Totalt	21,2 <sup>a</sup>	19,8 <sup>ab</sup>	19,6 <sup>b</sup>	19,8 <sup>b</sup>	0,479	0,099	0,093	
<u>Gjennomsnitt alle målinger</u>								
Kraftfôr	6,94 <sup>bcd</sup>	7,05 <sup>cd</sup>	8,99 <sup>ad</sup>	8,23 <sup>a</sup>	0,231	0,001	0,001	
Grovfôr	14,3 <sup>ac</sup>	12,9 <sup>bc</sup>	11,5 <sup>b</sup>	11,9 <sup>b</sup>	0,282	0,001	0,001	0,094
Totalt	21,2 <sup>a</sup>	19,9 <sup>b</sup>	20,5 <sup>ab</sup>	20,1 <sup>b</sup>	0,479	0,015		0,005

<sup>1</sup> TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>2</sup> SEM= standard error for LSMeans. <sup>3</sup> Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>4</sup> Kontrast dynamisk mot statisk fôring.

<sup>5</sup> Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Grovfôropptaket øker jevnt i alle forsøksledd gjennom forsøksperioden, fra periode 1 til 3 (Tabell 8). Generelt ligger totalt opptak på rundt 20 kg tørrstoff gjennom hele forsøksperioden for alle forsøksledd. Forsøksleddene er sterkt signifikant forskjellige for grovfôr- og kraftfôropptak i alle perioder og totalt for alle målinger (p=0,001). Kontrast for høstetid viser at tidlig høstet grovfôr har sterkt signifikant høyest tørrstoffopptak av grovfôr i alle perioder sammenlignet med det høstet ved normal høstetid (p=0,001). De forsøksleddene som har fått normalt høstet surfôr har signifikant høyest tørrstoffopptak av kraftfôr i alle perioder (p=0,001). Kontrasten for fôringsregime er signifikant forskjellig for totalt tørrstoffopptak i periode 1 og 2, og i tillegg for gjennomsnittlig totalt opptak for alle målinger.

Tabell 9 viser tørrstoffopptak i de ulike forsøksleddene fordelt i de ulike laktasjonsgruppene.

**Tabell 9 Kraftfôr, grovfôr og totalt opptak i hvert ledd i de ulike laktasjonsgruppene (kg tørrstoff).**

	Forsøksledd <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	p-verdi		
	TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
<u>Førstekalvskyr</u>								
Kraftfôr <sup>5</sup>	5,00	4,24	7,10	7,20	0,471	0,001	0,001	
Grovfôr	12,6 <sup>b</sup>	12,0 <sup>b</sup>	11,6 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	0,456		0,090	
Totalt	17,6 <sup>ab</sup>	16,3 <sup>b</sup>	18,7 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	0,482	0,008	0,003	
<u>Andrekalvskyr</u>								
Kraftfôr	7,88 <sup>b</sup>	8,47 <sup>ab</sup>	9,80 <sup>a</sup>	8,67 <sup>ab</sup>	0,583		0,090	
Grovfôr	15,1 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	11,8 <sup>b</sup>	12,3 <sup>b</sup>	0,531	0,003	0,016	0,025
Totalt	22,9 <sup>a</sup>	20,5 <sup>b</sup>	21,6 <sup>ab</sup>	20,8 <sup>b</sup>	0,503	0,023		0,008
<u>Eldre kyr</u>								
Kraftfôr	7,98 <sup>bc</sup>	8,36 <sup>bc</sup>	10,1 <sup>a</sup>	8,86 <sup>ac</sup>	0,259	0,001	0,001	
Grovfôr	14,9 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>	11,0 <sup>b</sup>	12,0 <sup>b</sup>	0,492	0,001	0,001	
Totalt	22,9 <sup>a</sup>	23,0 <sup>a</sup>	21,1 <sup>b</sup>	20,9 <sup>b</sup>	0,473	0,007	0,001	

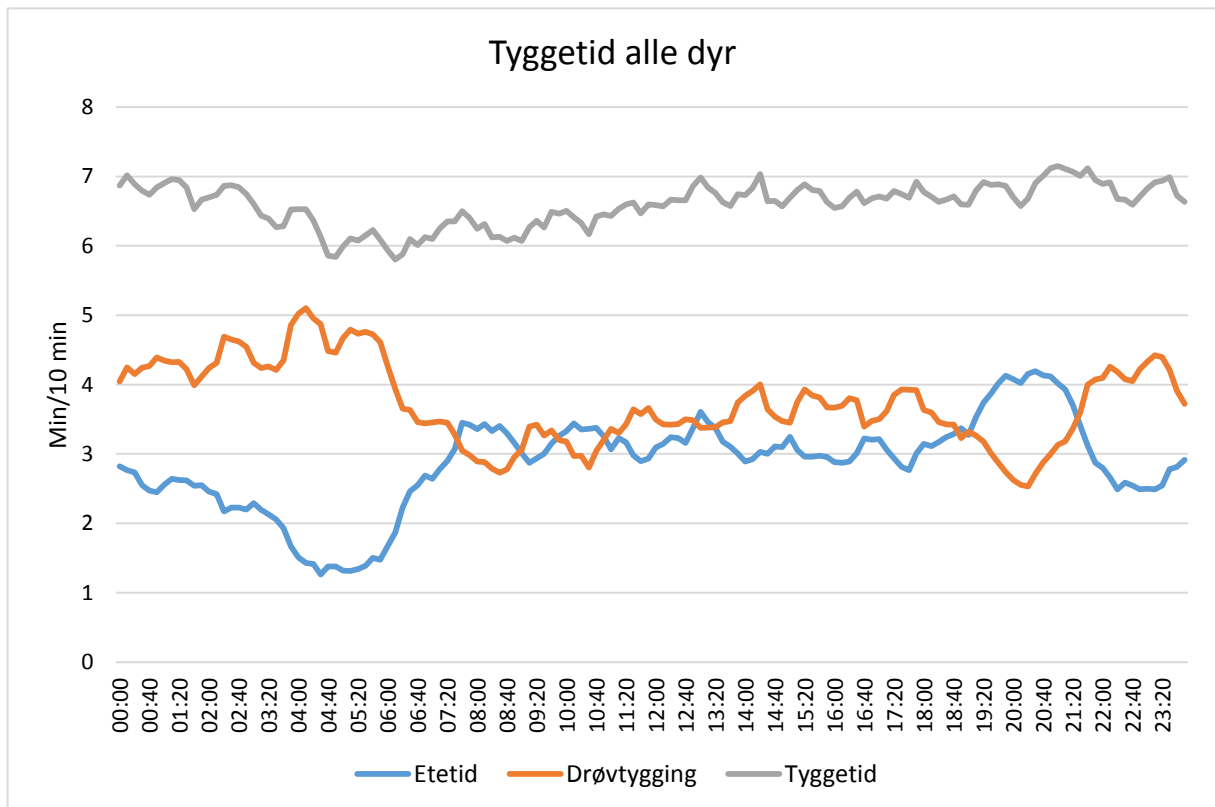
<sup>1</sup> TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>2</sup> SEM= standard error for LSMmeans. <sup>3</sup> Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>4</sup> Kontrast dynamisk mot statisk fôring.

<sup>5</sup> Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Den gruppa med eldre kyr har det høyeste opptaket av både kraftfôr og grovfôr sammenlignet med de to andre gruppene (Tabell 9). Fôropptaket av kraftfôr er signifikant høyere i de normalt høstede rasjonene for førstekalvskyr og eldre kyr (p=0,001). Fôropptaket av grovfôr er signifikant høyere for de tidlig høstede rasjonene for andrekalvskyr (p=0,016) og eldre kyr (p=0,001). Totalt tørrstoffopptak er signifikant høyere for de tidlig høstede rasjonene for førstekalvskyr og for eldre kyr. Kontrasten for fôringsregime er signifikant forskjellig for andrekalvskyr på grovfôropptak og totalt tørrstoffopptak.

### 3.2.3 Gjennomsnittlig tyggetid alle dyr

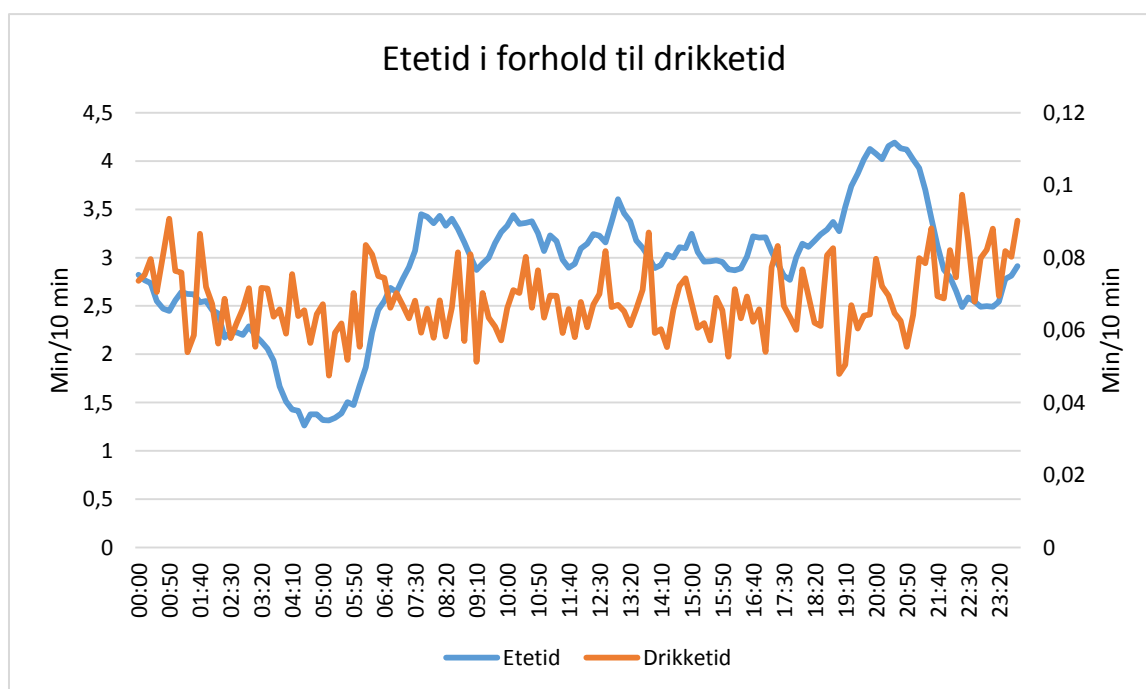
Gjennomsnittlig tyggetidsmålinger for alle dyr er fremstilt i Figur 10.



**Figur 10** Gjennomsnittlig daglig tid benyttet til eting, drøvtygging og total tyggetid hvert tiende minutt for alle dyr i alle perioder.

Figur 10 viser et tydelig mønster for etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid gjennom døgnet. Total tyggetid er forholdsvis jevn gjennom hele døgnet, med en svak nedgang på natten og tidlig morgen. Eting og drøvtygging foregår i svingninger omvendt av hverandre. Den klareste forskjellen er midt på natten da det er forholdsvis lite eting, men mye drøvtygging. Slike små og store svingninger mellom etetid og drøvtyggetid observeres gjennom hele døgnet.

Etetiden i forhold til drikkeaktiviteten er satt opp i Figur 11.



**Figur 11 Forholdet mellom etetid og drikketid for alle dyr. Primærakse viser tiden for etetid og sekundæraksen for drikketid.**

Figur 11 viser ingen klare tendenser for en sammenheng mellom etetid og drikkeaktivitet. Dyra drikker i flere ujevne topper gjennom hele døgnet.

Registreringer over antall minutter i døgnet benyttet til ulike kjevebevegelser er fremstilt i Tabell 10.

**Tabell 10 Etetid, drøvtyggetid, total tyggetid, drikketid og annen aktivitet i de ulike forsøksleddene (min/dag).**

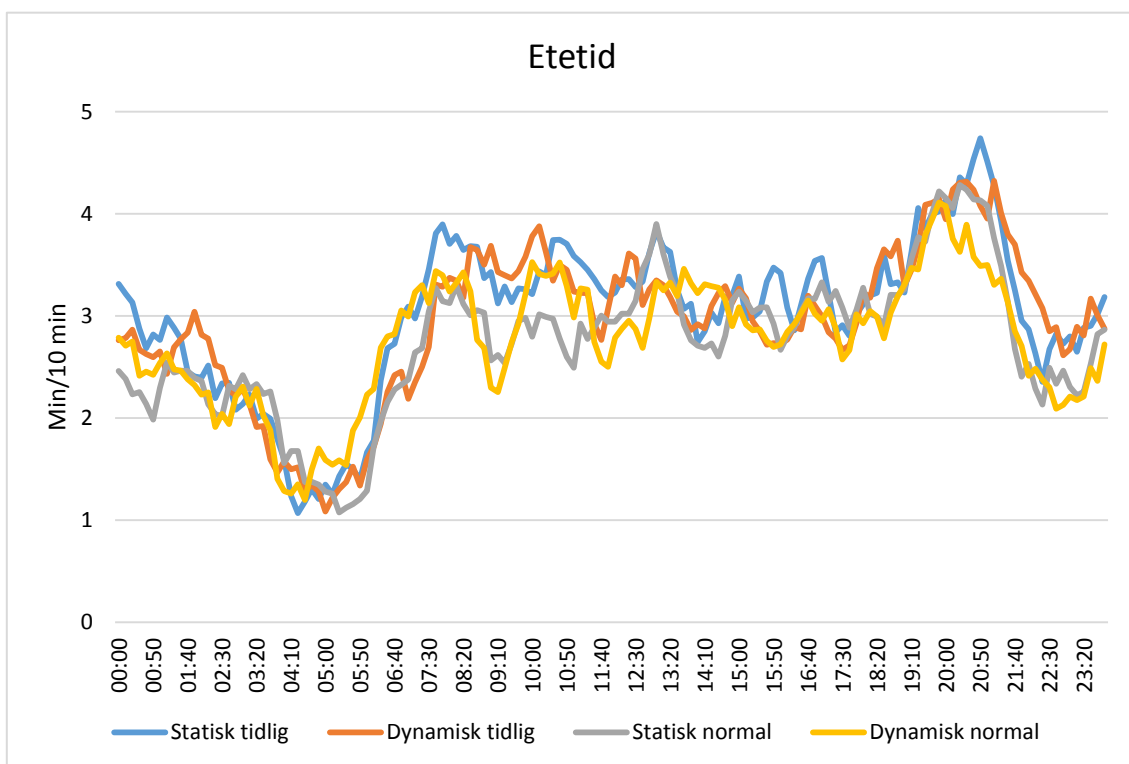
	Forsøksledd <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	p-verdi			
	TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>	LA*LE <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	417 <sup>a</sup>	407 <sup>ab</sup>	383 <sup>b</sup>	385 <sup>b</sup>	10,2	0,053	0,007		
Drøvtyggetid	556 <sup>a</sup>	525 <sup>b</sup>	561 <sup>a</sup>	572 <sup>a</sup>	7,61	0,001	0,001		0,036
Tyggetid	972 <sup>a</sup>	932 <sup>b</sup>	944 <sup>ab</sup>	955 <sup>ab</sup>	10,4	0,053			0,001
Drikketid	9,50	10,7	10,7	10,3	0,91				0,016
Annen aktivitet	457 <sup>b</sup>	497 <sup>a</sup>	484 <sup>ab</sup>	474 <sup>ab</sup>	10,3	0,063			0,002

<sup>1</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>2</sup>SEM= standard error for LSMeans. <sup>3</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>4</sup>Kontrast dynamisk mot statisk føring.

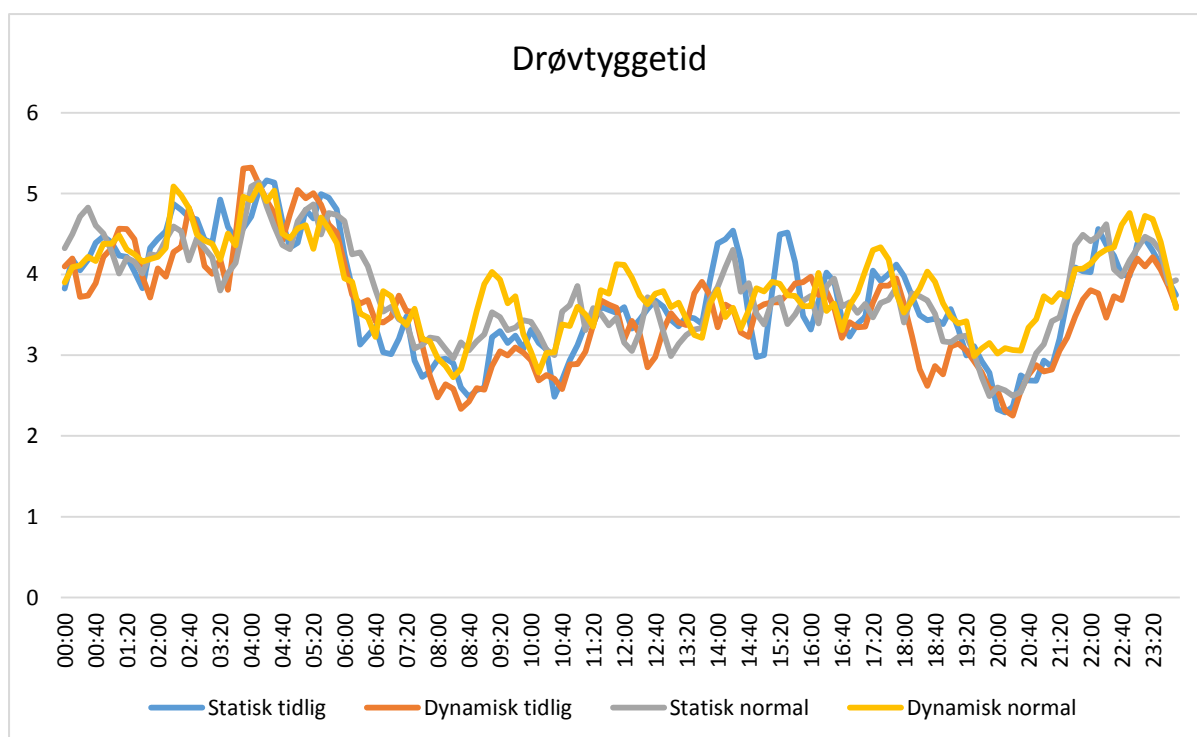
<sup>5</sup>Samspilleffekt mellom laktasjonsnummer og forsøksledd. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Tabell 10 viser at drøvtyggingsaktivitet (min/døgn) er sterkt signifikant forskjellig mellom forsøksledd ( $p < 0,001$ ). Det er drøvtyggingstid i den tidlige dynamiske rasjonen som er signifikant forskjellig fra alle andre forsøksledd. Sammenligningen mellom tidlig og normalt høstet surfôr viser signifikant forskjell på etetid ( $p = 0,07$ ) og drøvtyggingstid ( $p = 0,001$ ). Alle aktiviteter utenom etetid har signifikant samspilleffekt mellom laktasjonsnummer og forsøksledd.

Gjennomsnittlig etetid og drøvtyggingstid gjennom døgnet for de ulike forsøksleddene kan ses i Figur 12 og 13.



Figur 12 Minutter benyttet til etetid gjennom døgnet i de forskjellige forsøksleddene.



**Figur 13** Minutter benytter til drøvtygging gjennom døgnet i de forskjellige forsøksleddene.

Figur 12 og 13 viser forholdsvis like døgnrytmer i etetid og drøvtyggetid for de ulike forsøksleddene. Det er en tendens til at de to gruppene som har fått tidlig høstet surfôr har jevnt høyest kurve for etetid og lavest for drøvtyggetid gjennom hele døgnet.

Tyggeaktivitet i forhold til fôropptak i de ulike forsøksleddene kan ses i Tabell 11.

**Tabell 11** Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg tørrstoff) for de ulike forsøksleddene.

	Forsøksledd <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	p-verdi			
	TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>	LA*LE <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	20,3 <sup>ab</sup>	21,5 <sup>a</sup>	19,0 <sup>b</sup>	19,5 <sup>b</sup>	0,60	0,024	0,008		0,001
Drøvtyggetid	27,0 <sup>b</sup>	27,5 <sup>b</sup>	27,8 <sup>b</sup>	29,6 <sup>a</sup>	0,52	0,006	0,007	0,029	0,001
Tyggetid	47,2 <sup>ab</sup>	49,1 <sup>a</sup>	46,8 <sup>b</sup>	49,1 <sup>a</sup>	0,81	0,089		0,013	0,001

<sup>1</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>2</sup>SEM= standard error for LSMeans. <sup>3</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>4</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring.

<sup>5</sup>Samspilleffekt mellom laktasjonsnummer og forsøksledd. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Etetid og drøvtyggetid (min/kg TS) er signifikant forskjellig mellom ledd (Tabell 11). For drøvtyggingstid er rasjonen med normalt høstet surfôr og dynamisk fôrtiledeling signifikant høyere enn alle andre forsøksledd. På etetid er det tidlige høstede surfôret med dynamisk fôrtiledeling signifikant høyere enn de to rasjonene med normalt høstet surfôr. Kontrasten for høstetid er signifikant forskjellig for etetid og drøvtyggingstid. Samspilleffekt mellom laktasjonsnummer og forsøksledd er sterkt signifikante for alle tyggeaktiviteter (p=0,001).

Tyggetid i forhold til opptak av NDF er fremstilt i Tabell 12.

**Tabell 12 Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg NDF) for de ulike forsøksleddene.**

	Forsøksledd <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	p-verdi			
	TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>	LA*LE <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	45,5	49,0	45,6	45,3	1,46				0,002
Drøvtyggetid	60,5 <sup>b</sup>	62,9 <sup>b</sup>	66,6 <sup>a</sup>	68,4 <sup>a</sup>	1,24	0,001	0,001	0,099	0,001
Tyggetid	105,9 <sup>b</sup>	111,9 <sup>a</sup>	112,2 <sup>a</sup>	113,7 <sup>a</sup>	2,07	0,057	0,056	0,076	0,001

<sup>1</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>2</sup>SEM= standard error for LSMMeans. <sup>3</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>4</sup>Kontrast dynamisk mot statisk føring.

<sup>5</sup>Samspilleffekt mellom laktasjonsnummer og forsøksledd. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Drøvtyggingstid i forhold til NDF-opptak er sterkt signifikant forskjellig mellom ledd (P<0,001). Begge de tidlige høstede rasjonene er signifikant lavere enn de to med normal høstetid. Dette bekreftes også gjennom en sterkt signifikant forskjell for kontrasten for høstetidspunkt.

### 3.2.4 Tyggetid i de ulike periodene

De ulike tyggetidsregistreringene i hver periode er vist i Tabell 13.

**Tabell 13 Etetid, drøvtyggingstid, total tyggetid, drikketid og annen aktivitet sortert etter tre perioder i laktasjonen.**

		Dag 22-27	Dag 57-62	Dag 99-104	SEM <sup>1</sup>	p-verdi
Etetid <sup>2</sup>	Min/dag	384 <sup>b</sup>	408 <sup>a</sup>	402 <sup>ab</sup>	7,66	0,040
	Min/kg TS	19,4 <sup>b</sup>	20,1 <sup>ab</sup>	20,8 <sup>a</sup>	0,46	
	Min/kg NDF	47,2	46,4	45,4	1,13	
Drøvtyggetid	Min/dag	551,3	550,2	558,6	6,04	
	Min/kg TS	27,7 <sup>ab</sup>	27,4 <sup>b</sup>	28,8 <sup>a</sup>	0,43	0,063
	Min/kg NDF	67,3 <sup>a</sup>	63,4 <sup>b</sup>	63,2 <sup>b</sup>	1,03	0,005
Tyggetid	Min/dag	935,1 <sup>b</sup>	957,3 <sup>a</sup>	959,7 <sup>a</sup>	7,95	0,044
	Min/kg TS	47,1 <sup>b</sup>	47,6 <sup>b</sup>	49,5 <sup>a</sup>	0,65	0,023
	Min/kg NDF	114,4 <sup>a</sup>	109,7 <sup>b</sup>	108,6 <sup>b</sup>	1,69	0,032
Drikketid	Min/dag	9,14 <sup>b</sup>	11,0 <sup>a</sup>	10,8 <sup>ab</sup>	0,68	0,071
Annen aktivitet	Min/dag	494,6 <sup>a</sup>	471,4 <sup>b</sup>	468,4 <sup>b</sup>	7,94	0,030

<sup>1</sup>SEM= standard error for LSMMeans. <sup>2</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom periode.

Hovedsakelig er det periode 1 som skiller seg fra de to andre periodene (Tabell 13). Total tyggetid er signifikant forskjellig for min/dag, min/kg TS og min/kg NDF mellom perioder. Etetid (min/dag) er signifikant forskjellig mellom periode 1 og 2. Drøvtyggingstid og total tyggetid er signifikant høyere i periode 1 sammenlignet med de to andre periodene for parameteren min/kg NDF.

En sammenligning av tyggetiden i de ulike forsøksleddene i hver periode kan ses i Tabell 14.

**Tabell 14 Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/dag) i forsøksleddene i hver periode.**

	Periode <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	Periode 1	407	392	362	375	16,1		0,061	
	Periode 2	424 <sup>a</sup>	420 <sup>ab</sup>	405 <sup>ab</sup>	381 <sup>b</sup>	14,5		0,049	
	Periode 3	414	408	383	396	15,7			
Drøvtyggetid	Periode 1	553 <sup>ab</sup>	523 <sup>b</sup>	576 <sup>a</sup>	550 <sup>ab</sup>	12,9	0,040	0,059	0,032
	Periode 2	552 <sup>c</sup>	510 <sup>b</sup>	541 <sup>bc</sup>	586 <sup>a</sup>	12,6	0,001	0,007	
	Periode 3	559 <sup>ab</sup>	541 <sup>b</sup>	556 <sup>ab</sup>	580 <sup>a</sup>	12,1			
Tyggetid	Periode 1	960 <sup>a</sup>	915 <sup>b</sup>	940 <sup>ab</sup>	923 <sup>ab</sup>	14,8			0,039
	Periode 2	977 <sup>a</sup>	931 <sup>b</sup>	945 <sup>ab</sup>	966 <sup>ab</sup>	14,4			
	Periode 3	970	948	938	976	18,4			

<sup>1</sup>Periode 1=dag 22-27, Periode 2= dag 57-62, Periode 3=dag 99-104. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMMeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Tabell 14 viser at forsøksleddene er signifikant forskjellige for drøvtyggingstid (min/dag) i periode 1 og 2. I periode 1 er kontrasten mellom fôringsregime signifikant forskjellig for drøvtyggingstid og total tyggetid. I periode 2 er det signifikant forskjell mellom høstetid for etetid og drøvtyggingstid.



Tyggetid i forhold til fôropptak i de ulike forsøksleddene i hver periode er fremstilt i Tabell 15.

**Tabell 15 Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg tørrstoff) i forsøksleddene i hver periode.**

	Periode <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	Periode 1	20,0 <sup>ab</sup>	21,2 <sup>a</sup>	17,8 <sup>b</sup>	18,9 <sup>ab</sup>	1,00		0,028	
	Periode 2	20,5 <sup>ab</sup>	21,6 <sup>a</sup>	19,3 <sup>b</sup>	19,4 <sup>b</sup>	0,77		0,028	
	Periode 3	20,3	21,9	20,1	20,7	1,07			
Drøvtyggetid	Periode 1	27,0	28,0	28,2	28,0	0,90			
	Periode 2	26,9 <sup>b</sup>	26,0 <sup>b</sup>	26,1 <sup>b</sup>	30,5 <sup>a</sup>	0,85	0,002	0,036	0,047
	Periode 3	27,2 <sup>b</sup>	28,7 <sup>ab</sup>	29,0 <sup>ab</sup>	30,6 <sup>a</sup>	0,87	0,084	0,042	0,084
Tyggetid	Periode 1	46,8	49,1	46,0	46,9	1,35			
	Periode 2	47,5 <sup>ab</sup>	47,6 <sup>ab</sup>	45,3 <sup>b</sup>	49,9 <sup>a</sup>	1,17	0,071		0,052
	Periode 3	47,5	50,5	49,0	51,2	1,50			0,081

<sup>1</sup>Periode 1=dag 22-27, Periode 2= dag 57-62, Periode 3=dag 99-104. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMMeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Drøvtygging er signifikant forskjellig mellom forsøksleddene i periode 2 (Tabell 15).

Kontrast for høstetid er signifikant forskjellig på drøvtyggingstid i periode 2 og 3 og for etetid i periode 1 og 2. Kontrast for fôringsregime er signifikant forskjellig for drøvtyggingstid i periode 2.

Tyggetid i forhold til NDF-opptak i de ulike forsøksleddene i hver periode kan ses i Tabell 16.

**Tabell 16 Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg NDF) i forsøksleddene i hver periode.**

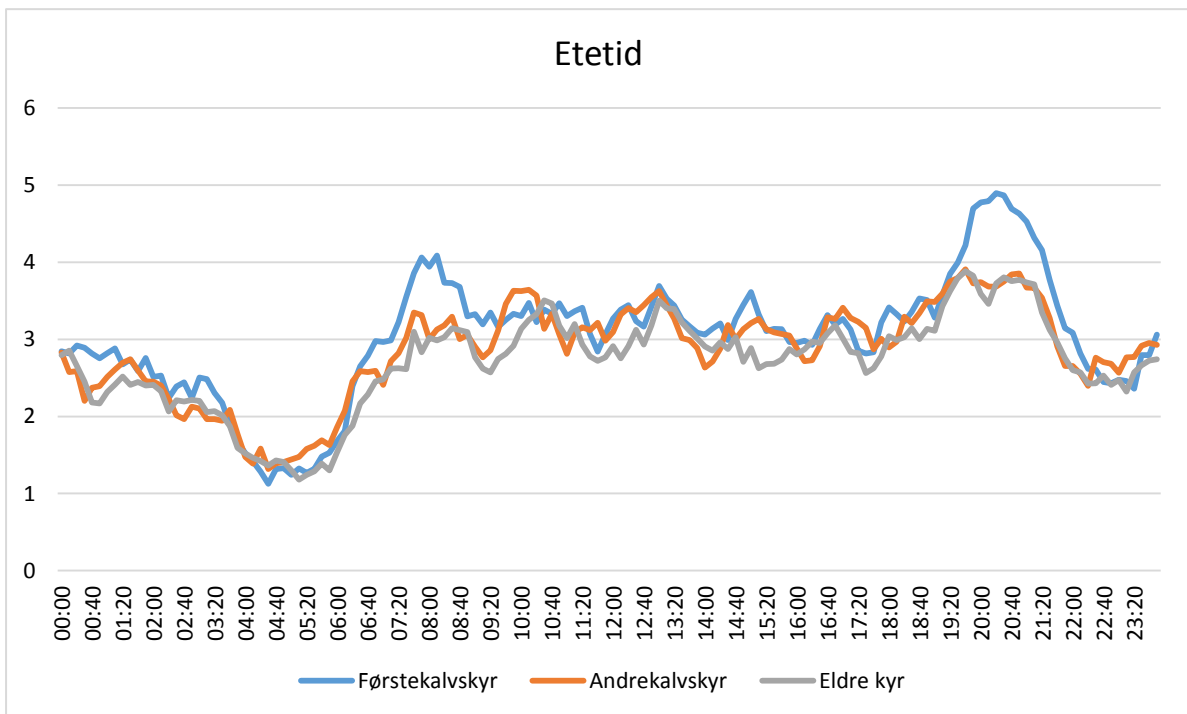
	Periode <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	SD		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	Periode 1	47,4	50,3	44,7	46,9	2,44			
	Periode 2	46,0	49,9	45,6	44,9	1,79			
	Periode 3	43,3	46,9	47,1	44,3	2,70			
Drøvtyggetid	Periode 1	63,6 <sup>b</sup>	66,5 <sup>ab</sup>	70,2 <sup>a</sup>	69,6 <sup>ab</sup>	2,09		0,025	
	Periode 2	60,4 <sup>b</sup>	59,8 <sup>b</sup>	62,0 <sup>b</sup>	70,7 <sup>a</sup>	2,04	0,002	0,004	0,051
	Periode 3	58,1 <sup>b</sup>	62,5 <sup>ab</sup>	67,5 <sup>a</sup>	65,4 <sup>a</sup>	2,12	0,021	0,006	
Tyggetid	Periode 1	110,7	116,8	114,9	116,3	3,37			
	Periode 2	106,5 <sup>b</sup>	109,7 <sup>ab</sup>	107,4 <sup>ab</sup>	115,6 <sup>a</sup>	2,90			0,054
	Periode 3	101,2 <sup>b</sup>	109,4 <sup>ab</sup>	114,4 <sup>a</sup>	109,6 <sup>ab</sup>	4,12			

<sup>1</sup>Periode 1=dag 22-27, Periode 2= dag 57-62, Periode 3=99-104. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMmeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

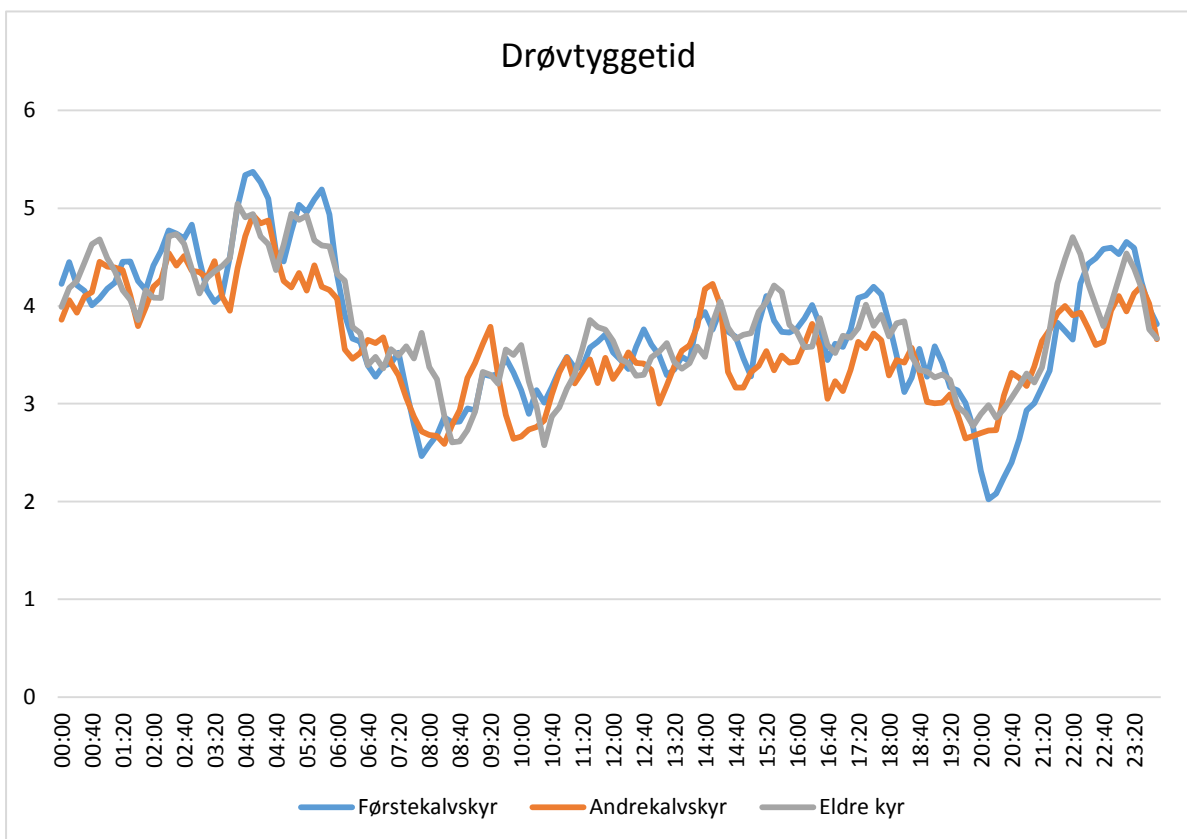
Drøvtyggingstid (min/kg NDF) i de ulike forsøksleddene er signifikant forskjellig i periode 2 og 3 (Tabell 16). Kontrast for høstetidspunkt er signifikant forskjellig for drøvtyggingstid i alle perioder for drøvtyggingstid.

### 3.2.5 Tyggetid i de ulike laktasjonsgruppene

Figur 14 og 15 viser henholdsvis etetid og drøvtyggingstid gjennom døgnet for de ulike laktasjonsgruppene.



Figur 14 Minutter benyttet til etetid i de forskjellige laktasjonsgruppene.



Figur 15 Minutter benyttet til drøvtygging i de forskjellige laktasjonsgruppene.

Inndelingen av tidsbruken til etetid og drøvtyggingstid etter laktasjonsnummer viser forholdsvis like døgnrytmer mellom gruppene, spesielt for drøvtygging (Figur 15). Dyra eter i forholdsvis jevne topper uavhengig av laktasjonsnummer (Figur 14). Alle dyr har en nedgang på natten og eter forholdsvis jevnt resten av døgnet. De eneste som skiller seg ut er førstekalvskyrne som har to forholdsvis klare topper med eting i løpet av døgnet, en om morgenen og en om kvelden. De to andre gruppene har en mer jevn fordeling av etetid med en liten topp på kvelden.

De ulike tyggetidsaktivitetene varierer mellom laktasjonsgruppene (Tabell 17).

**Tabell 17 Etetid, drøvtyggingstid, total tyggetid, drikketid og annen aktivitet i de ulike laktasjonsgruppene.**

		1.kalvskyr	2.kalvskyr	Eldre dyr	SEM <sup>1</sup>	p-verdi
Etetid <sup>2</sup>	Min/dag	419,1 <sup>a</sup>	397,3 <sup>ab</sup>	377,2 <sup>b</sup>	8,84	0,004
	Min/kg TS	24,0 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	17,6 <sup>b</sup>	0,52	0,001
	Min/kg NDF	52,9 <sup>a</sup>	44,2 <sup>b</sup>	42,0 <sup>b</sup>	1,26	0,001
Drøvtyggetid	Min/dag	562,0 <sup>a</sup>	537,5 <sup>b</sup>	560,5 <sup>a</sup>	6,57	0,025
	Min/kg TS	32,3 <sup>a</sup>	25,5 <sup>b</sup>	26,2 <sup>b</sup>	0,45	0,001
	Min/kg NDF	71,2 <sup>a</sup>	60,3 <sup>b</sup>	62,3 <sup>b</sup>	1,07	0,001
Tyggetid	Min/dag	980,4 <sup>a</sup>	934,6 <sup>b</sup>	937,1 <sup>b</sup>	8,93	0,001
	Min/kg TS	56,3 <sup>a</sup>	44,1 <sup>b</sup>	43,8 <sup>b</sup>	0,70	0,001
	Min/kg NDF	124,1 <sup>a</sup>	104,4 <sup>b</sup>	104,2 <sup>b</sup>	1,79	0,001
Drikketid	Min/dag	8,50 <sup>b</sup>	12,1 <sup>a</sup>	10,3 <sup>ab</sup>	0,79	0,009
Annen aktivitet	Min/dag	450,2 <sup>b</sup>	491,9 <sup>a</sup>	492,3 <sup>a</sup>	8,93	0,001

<sup>1</sup>SEM= standard error for LSMmeans. <sup>2</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom laktasjonsgrupper.

Tabell 17 viser signifikant forskjell mellom laktasjonsgrupper for alle verdier, hovedsakelig er det førstekalvskyrne som skiller seg fra de to andre gruppene. Førstekalvskyrne har lengere total tyggetid (min/dag) og drøvtyggingstid (min/dag) sammenlignet med andrekalvskyrne og eldre kyr. Innenfor etetid og drøvtyggingstid har førstekalvskyrne en signifikant høyere etetid enn de to andre laktasjonsgruppene i forhold til tørrstoffopptak (min/kg TS) og NDF-opptak (min/kg NDF). Statistikken viser mye av samme tendensen som Figur 14 og 15, førstekalvskyrne har generelt høyere etetid og drøvtyggetid enn de andre laktasjonsgruppene.

En sammenligning av daglig tyggetid i de ulike forsøksleddene i hver laktasjonsgruppe kan ses i Tabell 18.

**Tabell 18 Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/dag) i forsøksleddene i de ulike laktasjonsgruppene.**

	Laktasjonsnr. <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	1	436 <sup>ab</sup>	462 <sup>a</sup>	394 <sup>b</sup>	385 <sup>b</sup>	20,9	0,054	0,010	
	2	421	370	397	396	17,2			
	3	390	391	356	372	14,7		0,092	
Drøvtyggetid	1	551	547	568	580	12,5		0,060	
	2	554 <sup>ac</sup>	478 <sup>b</sup>	535 <sup>c</sup>	578 <sup>a</sup>	13,7	0,002	0,012	
	3	564	545	579	556	13,9			
Tyggetid	1	988 <sup>ab</sup>	1009 <sup>a</sup>	962 <sup>b</sup>	961 <sup>b</sup>	15,3		0,025	
	2	972 <sup>a</sup>	848 <sup>b</sup>	934 <sup>a</sup>	974 <sup>a</sup>	21,0	0,004	0,057	0,068
	3	955	934	935	927	17,7			

<sup>1</sup>1=førstekalvskyr, 2=andrekalvskyr, 3=eldre kyr. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMmeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Som vist i Tabell 18 er drøvtyggingstid og total tyggetid hos andregangskalvende på tidlig dynamisk fôring signifikant forskjellig fra alle de andre forsøksleddene. Kontrasten for høstetidspunkt er signifikant forskjellig for førstekalvskyr for både etetid (p=0,010) og total tyggetid (p=0,025).

Tabell 19 viser tyggetiden (min/kg TS) i de ulike forsøksleddene i hver laktasjonsgruppe.

**Tabell 19** Eteid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg tørrstoff) i forsøksleddene i de ulike laktasjonsgruppene.

	Laktasjons.nr. <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Eteid <sup>6</sup>	1	24,7 <sup>a</sup>	29,3 <sup>b</sup>	21,2 <sup>a</sup>	21,1 <sup>a</sup>	1,32	0,001	0,001	
	2	18,6	17,9	18,6	19,4	0,81			
	3	17,4	17,4	17,4	18,0	0,81			
Drøvtyggetid	1	31,4 <sup>ab</sup>	34,6 <sup>a</sup>	30,2 <sup>b</sup>	32,8 <sup>ab</sup>	1,19	0,079		0,024
	2	24,6 <sup>a</sup>	23,2 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	28,6 <sup>b</sup>	0,91	0,008	0,006	
	3	24,9 <sup>b</sup>	26,6 <sup>b</sup>	28,0 <sup>a</sup>	27,4 <sup>a</sup>	0,61	0,001	0,001	
Tyggetid	1	56,1 <sup>b</sup>	63,9 <sup>a</sup>	51,3 <sup>b</sup>	53,9 <sup>b</sup>	1,78	0,001	0,001	0,009
	2	43,2 <sup>b</sup>	41,1 <sup>b</sup>	43,9 <sup>b</sup>	48,1 <sup>a</sup>	1,32	0,019	0,013	
	3	42,3 <sup>b</sup>	42,1 <sup>b</sup>	45,3 <sup>a</sup>	45,5 <sup>a</sup>	0,98	0,032	0,004	

<sup>1</sup>1=førstekalvskyr, 2=andrekalvskyr, 3=eldre kyr. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMmeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Tyggetid i forhold til tørrstoffopptak (min/kg TS) for førstekalvskyr er sterkt signifikant forskjellig mellom forsøksledd på eteid, rasjonen med tidlig dynamisk fôrtildeling er høyere enn alle andre forsøksledd (Tabell 19). Alle laktasjonsgrupper er signifikant forskjellige mellom forsøksledd for total tyggetid. Kontrasten for høstetidspunkt viser signifikant forskjell for alle laktasjonsnummer for total tyggetid, for andrekalvskyr og eldre dyr på drøvtyggingstid og for eteid på førstekalvskyr.

Tyggetid i forhold til NDF-opptak (min/kg NDF) mellom laktasjonsgruppene i de forskjellige forsøksleddene er fremstilt i Tabell 20.

**Tabell 20** Etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid (min/kg NDF) i forsøksleddene i de ulike laktasjonsgruppene.

	Laktasjonsnr. <sup>1</sup>	Forsøksledd <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>	p-verdi		
		TS	TD	NS	ND		Ledd	H <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>
Etetid <sup>6</sup>	1	53,7 <sup>b</sup>	62,4 <sup>a</sup>	47,6 <sup>b</sup>	48,4 <sup>b</sup>	3,00	0,008	0,003	
	2	42,3	44,3	45,4	44,6	1,72			
	3	40,2	40,3	44,4	43,0	2,34			
Drøvtyggetid	1	68,1	73,8	67,8	74,8	2,58			0,024
	2	56,2 <sup>b</sup>	57,3 <sup>b</sup>	61,8 <sup>ab</sup>	65,6 <sup>a</sup>	2,09	0,018	0,006	
	3	57,5 <sup>c</sup>	57,1 <sup>c</sup>	70,6 <sup>a</sup>	64,9 <sup>b</sup>	1,17	0,001	0,001	
Tyggetid	1	121,9 <sup>b</sup>	136,5 <sup>a</sup>	115,2 <sup>b</sup>	123,7 <sup>b</sup>	4,10	0,012	0,025	0,013
	2	98,3 <sup>b</sup>	101,6 <sup>ab</sup>	107,3 <sup>a</sup>	110,3 <sup>a</sup>	2,90	0,045	0,010	
	3	97,7 <sup>bc</sup>	97,4 <sup>b</sup>	114,9 <sup>a</sup>	107,8 <sup>ac</sup>	3,34	0,003	0,001	

<sup>1</sup>1=førstekalvskyr, 2=andrekalvskyr, 3=eldre kyr. <sup>2</sup>TS= Tidlig statisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statisk, ND= Normal dynamisk. <sup>3</sup>SEM= standard error for LSMmeans. <sup>4</sup>Kontrast tidlig høstetid mot normal høstetid. <sup>5</sup>Kontrast dynamisk mot statisk fôring. <sup>6</sup>Ulik bokstav innen samme linje viser signifikant forskjell på 5 % nivå mellom forsøksledd.

Tyggetiden i forhold til NDF-opptak viser at total tyggetid er signifikant forskjellig mellom forsøksledd for alle laktasjonsnummer (Tabell 20). Kontrasten for høstetidspunkt er også signifikant forskjellig for alle laktasjonsnummer for total tyggetid. Drøvtyggingstiden er signifikant forskjellig mellom forsøksledd og mellom høstetidspunkt for andregangskalvende og eldre kyr.

### 3.2.4 Sammenligning med NorFor

Tabell 21 viser tyggetid observert i forsøket sammenlignet med verdier beregnet i Norfor.

**Tabell 21 Egne verdier sammenlignet med beregnet NorFor-verdi for tyggetid i alle forsøksledd (min/kg tørrstoff).**

	Forsøksledd <sup>1</sup>			
	TS	TD	NS	ND
<u>Egen verdi</u>				
Etetid	20,3	21,5	19,0	19,5
Drøvtyggetid	27,0	27,5	27,8	29,6
Total tyggetid	47,2	49,1	46,8	49,1
<u>Beregnet i NorFor</u>				
Etetid	20,4	20,2	18,6	19,4
Drøvtyggetid	34,5	33,2	32,9	34,7
Total tyggetid	54,9	53,4	51,5	54,1

<sup>1</sup> TS= Tidlig statistisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statistisk, ND= Normal dynamisk.

Beregnet og observert etetid er forholdsvis like (Tabell 21). Drøvtyggingstid og total tyggetid er noe høyere for de verdiene beregnet i NorFor.

En sammenligning mellom observerte verdier og beregnede verdier i NorFor i alle de ulike periodene i forsøket er fremstilt i Tabell 22.



**Tabell 22 Sammenligning mellom egne verdier for tyggetid og beregnede verdier i NorFor i de tre periodene i forsøket (min/kg tørrstoff).**

		Forsøksledd <sup>1</sup>			
		TS	TD	NS	ND
Dag 22-27	<b><u>Egen verdi</u></b>				
	Etetid	20,0	21,2	17,8	18,9
	Drøvtyggetid	27,0	28,0	28,2	28,0
	Total tyggetid	46,8	49,1	46,0	46,9
	<b><u>Beregnet i NorFor</u></b>				
	Etetid	18,9	18,6	17,5	17,8
	Drøvtyggetid	31,2	30,7	30,5	31,1
	Total tyggetid	50,0	49,3	48,0	48,9
Dag 57-62	<b><u>Egen verdi</u></b>				
	Etetid	20,5	21,6	19,3	19,4
	Drøvtyggetid	26,9	26,0	26,1	30,5
	Total tyggetid	47,5	47,6	45,3	49,9
	<b><u>Beregnet i NorFor</u></b>				
	Etetid	20,3	19,3	18,8	19,1
	Drøvtyggetid	34,3	32,2	33,4	34,0
	Total tyggetid	54,6	51,5	52,2	53,1
Dag 99-104	<b><u>Egen verdi</u></b>				
	Etetid	20,3	21,9	20,1	20,7
	Drøvtyggetid	27,2	28,7	29,0	30,6
	Total tyggetid	47,5	50,5	49,0	51,2
	<b><u>Beregnet i NorFor</u></b>				
	Etetid	20,7	20,3	19,3	31,4
	Drøvtyggetid	37,4	36,3	34,6	39,3
	Total tyggetid	59,1	57,6	53,9	60,7

<sup>1</sup> TS= Tidlig statistisk, TD= Tidlig dynamisk, NS= Normal statistisk, ND= Normal dynamisk.

Tabell 22 viser samme tendensen som Tabell 19 med at eteiden stemmer bra mellom egne verdier og NorFor-verdier. Drøvtyggingstid beregnet i NorFor er nærmest de observerte verdiene i periode 1.

## 4.0 Diskusjon

I løpet av forsøket var det enkelte problemer knyttet til registrering av fôropptak, blant annet på grunn av strømbrudd. Feilregistrering av grovfôropptak vil gi feil tyggetid i forhold til opptak av tørrstoff og NDF pr. tidsenhet, men også feil kraftfôrmengde i de dynamiske rasjonene som får kraftfôrmengden justert etter grovfôropptak. Kjente feil i opptak av grovfôr ble derfor tatt ut av forsøket. Mer utfordrende var det at det ble observert kyr på rasjoner med normalt høstet surfôr som forsøkte å stjele grovfôr av de på tidlig høstet surfôr. Mengden stjålet surfôr ble dessverre ikke registrert i datasystemet slik at det er vanskelig å si noe om omfang, men dersom stjelingen var omfattende burde det ha vist seg med en høy andel eting og drøvtygging på et lavt grovfôropptak. På bakgrunn av resultatene over fôropptak og tyggetid er det imidlertid ikke mulig å skille disse dyra fra resten av kyrne. Det er derfor sannsynlig at stjelingen var beskjeden sammenlignet med opptak av tillat fôr.

Tyggetid ble registrert ved hjelp av tyggegrimer. Det var få problemer knyttet til grimene. De var enkle å sette på og det virket ikke som de forstyrret kyrnes naturlige adferd. Typen grimer som ble benyttet har blitt validert i forsøk tidligere, med gode resultater (Zehner et al. 2012; Zehner et al. 2017). Validering av en annen type grime med samme trykksensor i nesebåndet fant at kjevebevegelsene under drøvtygging er lett gjenkjennbare og registreres korrekt (Nydegger et al. 2010). Det er mer problemer knyttet til registrering av etetid, da den ujevne frekvensen kan gjøre at noe av etetiden blir registret som annen aktivitet. Dette er spesielt en risiko hvis grimene ikke er festet stramt nok rundt kyrnes mule. Problemer med unøyaktig registrering av drikkeaktivitet med disse grimene har blitt beskrevet av Ruuska et al. (2016) og Zehner et al. (2017) tidligere, og Ruuska et al. (2016) konkluderer med at drikketidsmålingene var lite nyttige da de består av både tilfeldige og systematiske feil. Noe av årsaken til at det er vanskelig å registrere drikketid korrekt er at ei ku bruker lite tid på drikking. I følge Huzzey et al. (2005) bruker ei ku mellom 5,5 til 6,8 minutter daglig, slik at datamaterialet til å utvikle og validere gode analysealgoritmer for slike data er begrenset (Zehner et al. 2017).

Nedgangen i etetid på natten og tidlig morgen skyldes at de fleste ligger og hviler på denne tiden av døgnet (Figur 10). Dette bekreftes også gjennom økt i drøvtygging som oftest foregår når dyra ligger og hviler (Schirmann et al. 2012). Dette stemmer også bra med litteratur samlet av Murphy et al. (1983) som fant en topp i drøvtygging tidlig om morgenen uavhengig av fôringsregime. Det er også normalt at kyr drikker etter et måltid. Det kan være en svak

tendens til en topp i drikkeaktivitet etter noen av måltidstoppene (Figur 11), men effekten er ikke klar.

I gjennomsnitt var total tyggetid 15 timer og 48 minutter. Av dette utgjorde eting 6 timer og 36 min og drøvtygging 9 timer og 12 minutter hver dag. Dette er i samsvar med tidligere forsøk som viser til en etetid mellom 4-7 timer (Senn et al. 1995; Schleisner et al. 1999; Braun et al. 2013), mens drøvtyggingstiden ligger i overkant av tidligere undersøkelser som beskriver en daglig drøvtyggingstid mellom 5-9 timer (Beauchemin & Buchanan-Smith 1989; Beauchemin 1991). Tid benyttet til eting og drøvtygging stod for i henholdsvis 42 og 58 % av den totale tyggetiden. Dette samsvarer bra med en studie av Schleisner et al. (1999) som viste at etetiden og drøvtyggingstiden stod for henholdsvis 39 og 61 % av den totale tyggetiden. Det stemmer også forholdsvis bra med en antagelse om at etetiden normalt står for 30-40 % av den totale tyggetiden (Nørgaard 2003a).

Tyggetiden per kg NDF stiger med økt innhold av NDF (Mertens 1997). Dette samsvarer med resultatene i forsøket da surfôret høstet ved normal høstetid hadde høyest NDF innhold og gjennomgående ga lengst drøvtyggingstid og total tyggetid per kg NDF (Tabell 12, 16 og 20 )

Periodene med tyggetidsregistrering var ved tre stadier i laktasjonen og det var forventet at tyggetiden ville variere mellom periodene. Den totale tyggetiden og etetiden var lavere i periode 1 sammenlignet med de to andre periodene (Tabell 13). At etetiden øker utover i laktasjonen er i samsvar med DeVries et al. (2003) og har sammenheng med at fôropptaket normalt øker i første del av laktasjonen. Gjennomsnittlig drøvtyggingstid var forholdsvis konstant mellom perioder og økningen i total tyggetid skyldes derfor hovedsakelig økt etetid. Tyggetiden i forhold til NDF-opptak (min/kg NDF) synker gjennom forsøksperioden. Årsaker til dette kan være at dyra er mindre effektive til å bryte opp de groveste partiklene tidlig i laktasjonen.

Det var forventet at de ulike laktasjonsgruppene ville variere noe i tyggetid, blant annet grunnet ulik kroppsvekt og produksjonspotensial (De Boever et al. 1990). Sammenlignet med andrekalvskyr og eldre kyr bruker førstekalvskyrne mer tid på å ete i tiden rundt fôring (Figur 14). Mulig årsak til dette kan være at de er mer ivrig på ferskt fôr, eller bare spiser saktere. Eteaktiviteten er imidlertid sammenfallende for alle kyr og indikerer at antallet spisesplasser ikke har vært begrensende for når fôr har vært tilgjengelig for de ulike laktasjonsgruppene.

Totalt har gruppene med andregangskalvende og eldre kyr større fôropptak enn førtegangskalvende, noe som samsvarer godt med Maekawa et al. (2002) og Beauchemin og

Rode (1994). Maekawa et al. (2002) fant at flergangskalvende kyr hadde en lengre tyggetid enn førstekalvskyr og denne effekten var forventet å komme av et større tørrstoffopptak. Dette stemmer ikke med observasjonene i denne oppgaven hvor førstekalvskyrne hadde den lengste tyggetiden, men det laveste tørrstoffopptaket. På den andre siden fant Beauchemin og Rode (1994) at tyggetiden i forhold til tørrstoffopptak og NDF-opptak var høyere for førstekalvskyr selv om de har et lavere tørrstoffopptak. De konkluderte med at førstekalvskyr eter saktere enn eldre dyr og behøver mer tid for å bryte ned partiklene tilstrekkelig.

Utsatt høsting av graset er assosiert med en lengre tyggetid, hovedsakelig på grunn av at gras høstet ved senere utviklingsstadium krever mer tygging. I dette forsøket er det hovedsakelig kjemisk sammensetning som er forskjellen mellom de to surfôrtypene (Tabell 7). Surfôret høstet ved normal høstetid har et høyere innhold av både NDF og iNDF enn surfôr høstet tidlig. Økt innhold av både NDF og iNDF med senere utviklingsstadium er forventet (Randby 2003; Yu et al. 2003). På grunn av at celleveggs-fraksjonen utgjør en større del av plantene og lignifiseringsgraden øker. Surfôret med høyest NDF innhold ga lengst drøvtyggingstid. Dette er i samsvar med Byskov et al. (2014) som i en studie med ulikt høstetidspunkt fant at grovfôret med høyest NDF innhold ga den lengste drøvtyggingstiden. Resultatene er også i samsvar med studien til Beauchemin og Buchanan-Smith (1989) som fant at drøvtyggingstiden økte med nærmere 100 minutter, fra 344 til 414 ved å øke NDF konsentrasjonen i rasjonen fra 26 til 34 %.

NDF innholdet i graset i dette forsøket er noe høyere enn det som er forventet ved de respektive høstetidspunkt. Randby (2003) fant i sin studie et NDF innhold på 438 g/kg TS for surfôr slått en uke før skyting og 529 g/kg TS en uke etter skyting. Dette er vesentlig lavere enn 579 g NDF/kg TS observert for surfôr av gras slått omtrent en uke før skyting og 614 g NDF/kg TS for gras slått 9 dager seinere (Tabell 7). Rinne et al. (2002) fant en gjennomsnittlig daglig økning på av 7,6 g NDF/kg TS ved utsatt høsting, men økningen var ikke lineær. I dette forsøket økte NDF i gjennomsnitt 3,5 - 3,9 g/kg TS hver dag, eller omtrent det halve observert av Rinne et al. (2002). Årsaken til dette kan være at alle NDF verdier i dette forsøket var tidlig i utviklingsstadiet mens Rinne et al. (2002) hadde utsatt høstingen lenger. NDF konsentrasjonen vil normalt øke kraftigere ved seint utviklingsstadium.

Resultatene tyder på at kvaliteten av surfôret har hatt en direkte effekt på fôropptaket av både kraftfôr og grovfôr (Tabell 8 og 9). Byskov et al. (2014) fant at daglig fôropptak var signifikant høyest for grovfôr høstet tidlig sammenlignet med det høstet seint. Samme effekt er funnet i forsøk utført av Randby (2003). Det var forventet at tidlig høstet gras har en høyere

energiverdi enn seint høstet gras. Mer strukturrike komponenter senker energiverdien av graset og et slikt grovfôr krever en høyere kraftfôrtildeling for å oppnå ønsket energikonsentrasjon av rasjonen. Beauchemin et al. (1994) observerte at tørrstoffopptaket avtok med økt innhold av NDF. Fôring med mye fiber gir et større behov for drøvtygging slik at kyrne har mindre tid til eting og som en konsekvens av dette får et lavere fôropptak (Martz & Belyea 1986). Dette kan også ses i forsøket gjennomført ved Ås gård. Rasjonene med normalt høstet surfôret har den lengste drøvtyggingstiden, men lavere grovfôropptak og som konsekvens av dette en høyere kraftfôrtildeling og lavere etetid.

Tafaj et al. (2005) undersøkte effekten ulike kraftfôrnivåer og ulike kvaliteter av grovfôr på blant annet tyggetid. Uavhengig av kraftfôrmengde ga grovfôret med høyest NDF-innhold den lengste tyggetiden. Ved å øke kraftfôrnivået fra 20 til 50 % av rasjonen førte dette til at tyggetiden per kg tørrstoff og per kg NDF synker på rasjonsbasis for begge grovfôrkvaliteter, men tyggetiden i forhold til kun grovfôret økte. Dette viser at økt kraftfôr i rasjonen gjør at dyra tygger lenger på grovfôret. Det er dermed forventet at ulike kraftfôrnivåer har samme effekt ved en nedgang i tyggetid, men hvor stor effekten blir er avhengig av kvaliteten på grovfôret. Sammenlignet med forsøket i denne oppgaven er kraftfôrnivået høyest i de rasjonene med normalt høstet surfôr, det betyr at det vil være forventet at tyggetiden blir lavere i denne rasjonen fordi en større andel av rasjonen består av kraftfôr som etes fort og drøvtygges minimalt. Denne effekten er som tidligere nevnt observert på etetid, men ikke drøvtyggingstiden. Grunnen til at drøvtyggingstiden øker selv om rasjonen består av en større andel kraftfôr kan skyldes faktorer ved grovfôret som har en stor innvirkning på drøvtyggingstiden, blant annet partikkelstørrelse og NDF-innhold.

Tørrstoffinnholdet i de to surfôrtypene varierte mer enn ønskelig. Noe av forskjellen ble utlignet ved å tilsette vann, men forskjellen ble likevel på nærmere 10 %. Teller et al. (1993) undersøkte effekten av direktehøstet og fortørket surfôr på blant annet fôropptak og tyggetid. Denne studien viste at høyere tørrstoffinnhold i tillegg til lavere partikkelstørrelse fremmet høyere fôropptak både for kviger og melkekyr. Dette førte likevel til at eteiden var lavere for det fortørkede graset, men drøvtyggingstid og total tyggetid var høyere enn for direkte høstet. Samme effekten av ulikt tørrstoffinnhold kan ikke ses i denne oppgaven. Surfôret høstet ved normalt høstetidspunkt hadde det høyeste tørrstoffinnholdet og ut ifra dette var det forventet å gi økt fôropptak, dette kan ikke ses i dette forsøket da graset høstet ved normal høstetid har gitt lavest grovfôropptak.

Periodeinndelingen viser de samme resultatene som de totale verdiene for forsøket.

Drøvtyggingstiden er høyere for det graset høstet ved normalt høstetidspunkt og rasjonene med gras høstet tidlig har høyere etetid.

Høstetidspunkt har gitt ulike resultater innen laktasjonsgruppene. For førstekalvskyr er den totale tyggetiden per kg tørrstoff og per kg NDF høyest for det tidlig høstede graset, men hos andrekalvskyr og eldre kyr er den totale tyggetiden høyest for det graset høstet ved normal høstetid. Dette tyder på ulik respons på fôring i de ulike laktasjonsgruppene, noe som bekreftes gjennom signifikant samspilleffekt mellom laktasjonsgruppe og forsøksledd.

Uavhengig av laktasjonsgruppe har tidlig høstet surfôr gitt høyest grovfôropptak. En høyere tyggetid hos de førstekalvskyr kan derfor være på grunn av at de behøver mer tid for å bryte ned fôret tilstrekkelig når rasjonen består av en større andel grovfôr. Dette er også i samsvar med Nørgaard et al. (2011) som observerte at etetid og drøvtyggingstid per kg NDF avtok med økt levendevekt. Førstekalvskyr er normalt mindre enn eldre kyr og vil ut i fra dette være mindre effektive ved større andel grovfôr i rasjonen. I tillegg har førstekalvskyr et høyere kraftfôropptak i rasjonene med det normalt høstede surfôret, dette har ført til en lavere etetid for disse rasjonene som også er noe av årsaken til den lavere totale tyggetiden. Grunnen til at andregangskalvende og eldre kyr har en høyere total tyggetid for graset høstet ved normal høstetid er en konsekvens av høyere drøvtyggingstid for disse rasjonene. Dette stemmer bra med gjennomsnittlige observasjoner for forsøket som viser til en høyere drøvtyggingstid for gras høstet ved normalt høstetidspunkt.

Hypotesen om at surfôret høstet ved normal høstetid ga en lengre tyggetid kan dermed delvis bekreftes. Rasjonene med normalt høstet surfôr ga en signifikant høyere drøvtyggingstid, men dette førte ikke til en høyere total tyggetid fordi etetiden var lavere for disse rasjonene sammenlignet med det tidlige høstede graset.

Det har ikke vært mulig å finne litteratur som har sett på tyggetid i forhold til statisk og dynamisk fôrtildeling. En mulig forventet effekt av dynamiske fôring kunne vært høyere grovfôropptak. Dette på grunn av at kyrne fikk vise sitt potensial for grovfôropptak fordi kraftfôrmengden ble justert etter grovfôropptaket. I følge Welch og Smith (1969) vil høyere fôrnivå øke den totale tyggetiden, men tyggingen ble mer effektiv i forhold til hvert kg tørrstoff. Denne effekten kan ikke ses i dette forsøket da total tyggetid og drøvtyggingstid i forhold til tørrstoffopptak var signifikant høyest for de dynamiske rasjonene (Tabell 11) selv om fôropptak var signifikant lavere (Tabell 8). Dette tyder dermed på at de statiske har vært mer effektive ved å tygge mindre per enhet fôr.

Nedgangen i drøvtyggingstid og etetid ved høye kraftfôrmengder er dokumentert tidligere. Beauchemin og Rode (1994) fant at dersom kraftfôrandelen i rasjonen økte fra 35 til 65 % så sank drøvtyggingstiden med 45 minutter. De forklarer dette som en direkte effekt av en lavere andel NDF i rasjonen. Tilsvarende vil etetiden bli redusert ved høye kraftfôrmengder fordi kraftfôr etes raskere enn grovfôr. De to surfôrkvalitetene ga forskjell i kraftfôropptak i de to fôringsregimene (Tabell 8). For tidlig høstet surfôr var tildelingen av kraftfôr høyere på dynamisk enn på statisk fôring, mens det for normalt høstet surfôr var motsatt med høyest tildeling av kraftfôr med statisk fôring. Årsaken til dette er ikke kjent, men kan skyldes ulikt grovfôropptak. Da det kan være en tendens til at de rasjonene med lavest kraftfôrtildeling har høyest grovfôropptak.

Det var ikke noe entydig mønster i tyggetid for fôringsregime i de ulike periodene. Periodeinndelingen viser ikke de samme resultatene som gjennomsnittet for hele forsøksperioden. Dette tyder på at fôringsregime ikke har gitt en tydelig effekt, men ulike tilfeldige variasjoner har gitt forskjeller.

Utslaget for fôringsregime på tyggetid var klarest for førstekalvskyr. Førstekalvskyrne har en lengre drøvtyggingstid og total tyggetid for de dynamiske rasjonene. Denne effekten kan ikke forklares av et høyere grovfôropptak, da de dynamiske rasjonene hadde lavere grovfôropptak (Tabell 8).

Noe av årsaken til at det ikke er observert forskjell mellom de to fôringsregimene kan være at det i utgangspunktet ikke var stor nok forskjell mellom de to fôrtildelingene, eller at forsøksstiden fram til litt over 100 dager ut i laktasjonen var for kort. Uansett er det ikke mulig å bekrefte hypotesen om at den dynamiske fôringen skulle gi lavere tyggetid på grunn av mer nøyaktig tildeling av fôr. Det er heller en tendens til at dynamisk fôring har økt tyggetiden sammenlignet med statisk fôrtildeling, det tyder dermed på at det er statisk fôrtildeling som gir lavere tyggetid og mer effektiv tygging.

Ved utregning av tyggetid i NorFor er fôrets innhold av NDF og iNDF sentrale faktorer i beregningen (Volden 2011). Innholdet av NDF er godt dokumentert i analyser, mens iNDF kun er analysert i to av forsøksmånedene ved hjelp av NIR-analyse. Dette betyr at spesielt iNDF verdiene er usikre. Noe som også bekreftes gjennom høyt standardavvik (Tabell 7). Ideelt sett burde iNDF vært bestemt gjennom in sacco. I tillegg er det noe usikkerhet til NDF verdiene, da analyserte verdier er høyere enn hva som er forventet ved de respektive høstetidspunkt. I gjennomsnitt vil en endring av iNDF verdien på 100 g/kg NDF endre

drøvtyggingstiden med 3-4 min/kg TS i beregningen i NorFor. Tilsvarende vil en endring av NDF innholdet på 100 g/kg TS gi en endring av drøvtyggingstiden på omtrent 5 min/kg TS. Dette betyr at beregningene av drøvtyggingindeks i NorFor er følsom for korrekthet av verdiene for iNDF og NDF som legges til grunn. Særlig innholdet av iNDF må stadfestes bedre før det kan trekkes endelige konklusjoner om drøvtyggingstiden beregnet i NorFor stemmer med den observert i forsøket.

I tillegg viser en oversiktsartikkel av De Boever et al. (1990) til ulike faktorer som påvirker tyggetid, blant annet rasjonens proteininnhold, dyrenes kroppsvekt og fysiologiske status. Dette er faktorer som det ikke blir tatt hensyn til i beregningen i NorFor som hovedsakelig legger vekt på fôregenskapene. Noe av variasjonene mellom observerte og beregnede verdier kan derfor også skyldes at NorFor ikke tar hensyn til alle faktorer som kan påvirke tyggetiden.

Alle verdier for tyggetid registrert i forsøket og beregnet i NorFor har imidlertid en total tyggetid betydelig over 32 min/kg TS som er den anbefalte nedre grense fra NorFor. Dette tyder på at fôrrasjonene i forsøket sørget for et godt vommiljø med god fiberfordøyelse og grunnlag for produksjon av melk med et høyt fettinnhold.



## 5.0 Konklusjon

Fra dette forsøket kan det bekreftes at høstetid på surfôret har en effekt på tyggetid. Normal høstetid gir lengre drøvtyggingstid sammenlignet med surfôr høstet tidlig. Denne effekten antas å skyldes et høyere NDF og iNDF innhold i det surfôret høstet ved normal høstetid. I dette forsøket er det andrekalvskyr og eldre kyr som har den klareste effekten av høstetid.

Det er vanskelig å bekrefte noen entydig konklusjon over effekt av fôringsregime på tyggetid. Noen signifikante forskjeller er funnet, men det kan ikke bekreftes et klart mønster eller en klar konklusjon ut i fra dette. Det er førstekalvskyrne som har hatt størst effekt av ulikt fôringsregime. Det var en tendens til at kyrne tygger fôret mindre effektivt ved dynamisk fôring enn statisk fôring. Mulige grunner til at det ikke er observert større forskjeller mellom fôringsregime kan skyldes at forskjellen mellom tildelingene ikke var stor nok eller at forsøksperioden var for kort til å få en effekt.

Validering mot tyggetid beregnet med NorFor-ligninger ga like verdier for etetid gjennom hele forsøket, men NorFor verdiene for drøvtygging var høyere enn de observert i forsøket. Dette kan skyldes bruk av unøyaktige NDF og iNDF-verdier. Ingen av tyggetidsverdiene i dette forsøket var kritisk lave og dette tyder på en rasjonssammensetning som har fremmet god fordøyelse av næringsstoffer, god helse og optimal produksjon.

## Litteraturliste

- Agarwal, N., Kamra, D. N. & Chaudhary, L. C. (2015). Rumen microbial ecosystem of domesticated ruminants. I: Puniya, A. K., Singh, R. & Kamra, D. N. (red.) *Rumen Microbiology : From Evolution to Revolution*: Springer India : Imprint: Springer.
- Albright, L. D. & Timmons, M. B. (1981). *Behavior of dairy cattle in free stall housing*: ASAE.
- Bae, D. H., Welch, J. & Smith, A. (1979). Forage intake and rumination by sheep. *Journal of animal science*, 49 (5): 1292-1299.
- Bailey, C. B. (1961). Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 3. The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating, with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. *The British journal of nutrition*, 15: 443.
- Baker, S. (1999). Rumen methanogens, and inhibition of methanogenesis. *Crop and Pasture Science*, 50 (8): 1293-1298.
- Balch, C. (1958). Observations on the act of eating in cattle. *British Journal of Nutrition*, 12 (03): 330-345.
- Balch, C. C. (1971). Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. *Br J Nutr*, 26 (3): 383-392.
- Baumont, R. (1996). *Palatability and feeding behaviour in ruminants. A review*. Annales de zootechnie: Paris: Institut national de la recherche agronomique, 1960-2000. 385-400 s.
- Beauchemin, K. & Buchanan-Smith, J. (1989). Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (9): 2288-2300.
- Beauchemin, K., Yang, W. & Rode, L. (2003). Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 86 (2): 630-643.
- Beauchemin, K. A., Zelin, S., Genner, D. & Buchanan-Smith, J. G. (1989). An Automatic System for Quantification of Eating and Ruminating Activities of Dairy Cattle Housed in Stalls. *Journal of Dairy Science*, 72 (10): 2746-2759.
- Beauchemin, K. A. (1991). Ingestion and Mastication of Feed by Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7 (2): 439-463.
- Beauchemin, K. A. & Rode, L. M. (1994). Compressed Baled Alfalfa Hay for Primiparous and Multiparous Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77 (4): 1003-1012.
- Beauchemin, K., Farr, B., Rode, L. & Schaalje, G. (1994). Optimal Neutral Detergent Fiber Concentration of Barley-Based Diets for Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of dairy science*, 77 (4): 1013-1029.

- Beauchemin, K. A., Eriksen, L., Nørgaard, P. & Rode, L. M. (2008). Short Communication: Salivary Secretion During Meals in Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 91 (5): 2077-2081.
- Beede, D. K. (2005). *The most essential nutrient: Water*. Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference.
- Berg, M. B. (2011). *Metodespesifikasjon - IHA-nr.: MSP-1040, Kjeldahl-N*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/om/institutt/iha/tjenester/node/10055> (lest 27.03.2017).
- Berg, M. B. (2013). *Metodespesifikasjon - IHA-nr.: MSP-1042, Askekorrigert aNDF(aNDFom)*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/om/institutt/iha/tjenester/node/10055> (lest 14.03.2017).
- Bines, J. A. (1976). Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production.*, 3 (2): 115-128.
- Bondi, A. A. & Drori, D. (1987). *Animal nutrition*. Chichester: J. Wiley. XVI, 540 s.
- Braun, U., Trosch, L., Nydegger, F. & Hassig, M. (2013). Evaluation of eating and rumination behaviour in cows using a noseband pressure sensor.(Methodology article)(Report). *BMC Veterinary Research*, 9: 164.
- Breivik, J. (2008). *Fôropptak, produksjon og energiutnyttelse hos Norsk Rødt Fe (NRF) og Sidet Trønderfe og Nordlandsfe (STN) i rasjoner med og uten kraftfôr = Feed intake, production and energy utilization in Norwegian Red (NR) and Blacksided Trønder and Nordland Cattle (STN) in rations with or without concentrate supplementation*. Ås: J. Breivik.
- Brouček, J., Letkovičová, M. & Kovalčuj, K. (1991). Estimation of cold stress effect on dairy cows. *International Journal of Biometeorology*, 35 (1): 29-32.
- Burt, A. (1957). 678. The effect of variations in nutrient intake upon the yield and composition of milk II. Factors affecting rate of eating roughage and responses to an increase in the amount of concentrates fed. *Journal of Dairy Research*, 24 (03): 296-315.
- Byskov, M. V., Schulze, A.-K. S., Weisbjerg, M., Markussen, B. & Nørgaard, P. (2014). Recording rumination time by a rumination monitoring system in Jersey heifers fed grass/clover silage and hay at three feeding levels. *Journal of animal science*, 92 (3): 1110-1118.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsætning i mave-tarmkanalen. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 314-330: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Campling, R. (1966). A preliminary study of the effect of pregnancy and of lactation on the voluntary intake of food by cows. *British Journal of Nutrition*, 20 (01): 25-39.

- Campling, R. C. & Balch, C. C. (1961). Factors affecting the voluntary intake of food by cows. *Br J Nutr*, 15 (4): 523-530.
- Campling, R. C. (1964). Factors affecting the voluntary intake of grass \*. *Proc. Nutr. Soc.*, 23 (1): 80-88.
- Cardot, V., Le Roux, Y. & Jurjanz, S. (2008). Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *Journal of dairy science*, 91 (6): 2257-2264.
- Chase, L., Wangsness, P. & Baumgardt, B. (1976). Feeding Behavior of Steers Fed a Complete Mixed Ration1. *Journal of Dairy Science*, 59 (11): 1923-1928.
- Cheeke, P. R. (2005). *Applied animal nutrition : feeds and feeding*. 3rd ed. utg. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Church, D. C. (1988). Salivary function and production. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal : digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Clapham, W. M., Fedders, J. M., Beeman, K. & Neel, J. P. S. (2011). Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76 (1): 96-104.
- Colenbrander, V. F., Noller, C. H. & Grant, R. J. (1991). Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. *Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior* (8): 2681-2690.
- Colvin, H. W., Digesti, R. D. & Louvier, J. A. (1978). Effect of Succulent and Nonsucculent Diets on Rumen Motility and Pressure before, during, and after Eating. *Journal of Dairy Science*, 61 (10): 1414-1421.
- Dado, R. G. & Allen, M. S. (1993). Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminant pH of Cattle. *Journal of Dairy Science*, 76 (6): 1589-1600.
- Dado, R. G. & Allen, M. S. (1994). Variation in and Relationships Among Feeding, Chewing, and Drinking Variables for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77 (1): 132-144.
- De Boever, J. L., Andries, J. I., De Brabander, D. L., Cottyn, B. G. & Buysse, F. X. (1990). Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure — A review of factors affecting it. *Animal Feed Science and Technology*, 27 (4): 281-291.
- De Boever, J. L., De Smet, A., De Brabander, D. L. & Boucque, C. V. (1993). Evaluation of Physical Structure. 1. Grass Silage1. *Journal of Dairy Science*, 76 (1): 140-153.
- De Brabander, D., De Smet, A., Vanacker, J. & Boucqué, C. (1996). Contribution to a physical structure value system for dairy cattle. *Book Abstr. 47th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., Lillehammer, Norway. JAM van Arendonk, ed. Wageningen Press, Wageningen, The Netherlands* 74 (Beskrevet av Nørgaard, 2003b).

- DeVries, T. J., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. & Beauchemin, K. A. (2003). Measuring the Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows in Early to Peak Lactation. *Journal of Dairy Science*, 86 (10): 3354-3361.
- Dulphy, J. & Van Os, M. (1996). Control of voluntary intake of precision-chopped silages by ruminants: a review. *Reproduction Nutrition Development*, 36 (2): 13-135.
- Elischer, M. F., Arceo, M. E., Karcher, E. L. & Siegford, J. M. (2013). Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 96 (10): 6412-6422.
- Faverdin, P. (1999). The effect of nutrients on feed intake in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, 58 (3): 523-531.
- Forbes, J. M. (1995). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International.
- Freer, M. & Campling, R. C. (1965). Factors affecting the voluntary intake of food by cows. *Br J Nutr*, 19 (1): 195-207.
- Friend, T. H. & Polan, C. E. (1974). Social Rank, Feeding Behavior, and Free Stall Utilization by Dairy Cattle1. *Journal of Dairy Science*, 57 (10): 1214-1220.
- Friend, T. H., Polan, C. E. & McGilliard, M. L. (1977). Free Stall and Feed Bunk Requirements Relative to Behavior, Production and Individual Feed Intake in Dairy Cows1. *Journal of Dairy Science*, 60 (1): 108-116.
- Galli, J. R., Cangiano, C. A., Milone, D. H. & Laca, E. A. (2011). Acoustic monitoring of short-term ingestive behavior and intake in grazing sheep. *Livestock Science*, 140 (1-3): 32-41.
- Garmo, T. H., Randby, Å. T. & Nørgaard, P. (2007). Effekt av haustetid og kuttelengde av grassurfôr på tyggeaktivitet og rasjonsfordøyelegheit hos mjølkeku. *Ikke Angivet*.
- Gjefsen, T. (1995). *Foringslære*. 2. utg. utg. Oslo: Landbruksforl.
- Grant, R. J., Colenbrander, V. F. & Mertens, D. R. (1990). Milk Fat Depression in Dairy Cows: Role of Silage Particle Size1. *Journal of Dairy Science*, 73 (7): 1834-1842.
- Grant, R. J. & Albright, J. L. (2001). Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, Supplement: E156-E163.
- Heinrichs, A. J. & Conrad, H. R. (1987). Measuring Feed Intake Patterns and Meal Size of Lactating Dairy Cows1. *Journal of Dairy Science*, 70 (3): 705-711.
- Huzzey, J. M., von Keyserlingk, M. A. G. & Weary, D. M. (2005). Changes in Feeding, Drinking, and Standing Behavior of Dairy Cows During the Transition Period. *Journal of Dairy Science*, 88 (7): 2454-2461.

- Hveplund, T., Madsen, J., Misciattelli, L. & Weisbjerg, M. R. (2003). Proteinomsætningen i mave-tarmkanalen og dens kvantificering. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. s 282-311: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Ingvartsen, K. L. & Boisclair, Y. R. (2001). Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domestic Animal Endocrinology*, 21 (4): 215-250.
- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering af foderoptagelsen. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 148-210: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Journet, M. & Remond, B. (1976). Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review. *Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review.*, 3 (2): 129-146.
- Krause, K. M. & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126 (3-4): 215-236.
- Kristensen, N. B., Hveplund, T., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiel omsætning i formaverne. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 212-237: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Laca & Wallisdevries. (2000). Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, 55 (2): 97-104.
- Latham, M. J., Sutton, J. D. & Sharpe, M. E. (1974). Fermentation and Microorganisms in the Rumen and the Content of Fat in the Milk of Cows Given Low Roughage Rations. *Journal of Dairy Science*, 57 (7): 803-810.
- Lindgren, E. (2009). Validation of rumination measurement equipment and the role of rumination in dairy cow time budgets.
- Lough, D. S., Beede, D. L. & Wilcox, C. J. (1990). Effects of Feed Intake and Thermal Stress on Mammary Blood Flow and Other Physiological Measurements in Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 73 (2): 325-332.
- Luginbuhl, J. M., Pond, K. R., Russ, J. C. & Burns, J. C. (1987). A simple electronic device and computer interface system for monitoring chewing behavior of stall-fed ruminant animals. *A simple electronic device and computer interface system for monitoring chewing behavior of stall-fed ruminant animals* (6): 1307-1312.
- Maekawa, M., Beauchemin, K. A. & Christensen, D. A. (2002). Chewing Activity, Saliva Production, and Ruminal pH of Primiparous and Multiparous Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 85 (5): 1176-1182.
- Marten, G. C., Shenk, J. & Barton, F. (1989). Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality. *Agriculture handbook (USA)*.

- Martz, F. A. & Belyea, R. L. (1986). Role of Particle Size and Forage Quality in Digestion and Passage by Cattle and Sheep<sup>1,2</sup>. *Journal of Dairy Science*, 69 (7): 1996-2008.
- Mathews, C. K., Van Holde, K. E., Appling, D. R. & Anthony-Cahill, S. J. (2013). *Biochemistry*. 4th ed. utg. Toronto, Ont: Pearson.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition*. Harlow: Prentice Hall. xvii, 692 s.
- McLeod, M. & Minson, D. (1988). Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfalfa. *Journal of Animal Science*, 66 (4): 992-999.
- Melin, M., Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K. & Wiktorsson, H. (2007). effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. *effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems*, 107: 13-21.
- Mertens, D. R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function* (5): 1548-1558.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows* (7): 1463-1481.
- Mo, M. (2005). *Surförboka*. Oslo: Landbruksforl.
- Murphy, M. (1992). Water metabolism of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 75 (1): 326-333.
- Murphy, M. R., Baldwin, R. L., Ulyatt, M. J. & Koong, L. J. (1983). A quantitative analysis of rumination patterns [Sheep]. *A quantitative analysis of rumination patterns [Sheep]* (5): 1236-1240.
- NorFor feedtable*. NorFor. Tilgjengelig fra: <http://feedstuffs.norfor.info/> (lest 17.02.2017).
- Nydegger, F., Gyax, L. & Wendelin, E. (2010, 6–8 September). *Automatic measurement of rumination and feeding activity using a pressure sensor*. In Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering CIGR-AgEng, , Clermont-Ferrand, France.
- Nørgaard, P. (1986). Physical structure of feeds for dairy cows.(a new system for evaluation of the physical structure in feedstuffs and rations for dairy cows). *AGRIC. SER.:* 85-107.
- Nørgaard, P. (2003a). Optagelse av foder og drøvtygning. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 119-146: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.

- Nørsgaard, P. (2003b). Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. I: Hveplund, T. & Nørsgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks
- Nørsgaard, P., Nadeau, E. & Randby, Å. (2011). A new Nordic structure evaluation system for diets fed to dairy cows: a meta analysis. I: *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*, s. 112-120: Springer.
- Oldenbroek, J. K. & Van Eldik, P. (1980). Differences in feed intake between holstein Friesian, Dutch Red and White and Dutch Friesian cattle. *Livestock Production Science*, 7 (1): 13-23.
- Owens, F., Secrist, D., Hill, W. & Gill, D. (1998). Acidosis in cattle: a review. *Journal of animal science*, 76 (1): 275-286.
- Owens, F. N. & Goetsch, A. L. (1988). Ruminant fermentation. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Pahl, C., Hartung, E., Grothmann, A., Mahlkow-Nerge, K. & Haeussermann, A. (2016). Suitability of feeding and chewing time for estimation of feed intake in dairy cows. *Animal*, 10 (9): 1507-1512.
- Persson, J., Wennerholm, M. & O'Halloran, S. (2008). *Handbook for Kjeldahl digestion. A Recent Review of the Classical Method with Improvements Developed by Foss*: FOSS, DK-3400 Hilleroed, Denmark.
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N. & McBride, B. W. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176 (1): 21-31.
- Randby, Å. T. (2003). Høstetid og fôr kvalitet. *Kvithamarmøtet, Planteforsk. Grønn kunnskap*, 7: 27-43.
- Randby, Å. T. (2004). *Surfôr kvalitetens betydning for fôropptak og tilvekst i storfekjøttproduksjonen*. Grovfornett.nlr.no. Tilgjengelig fra: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/7024/> (lest 04.05.2017).
- Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S. (2002). Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity.(Abstract). *Journal of Animal Science*, 80 (7): 1986.
- Ruckebusch, Y. (1988). Motility of the gastro-intestinal tract. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal : digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Russell, J. B. & Wilson, D. B. (1996). Why Are Ruminant Cellulolytic Bacteria Unable to Digest Cellulose at Low pH? *Journal of Dairy Science*, 79 (8): 1503-1509.
- Rutter, S., Champion, R. & Penning, P. (1997). An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54 (2): 185-195.



- Rutter, S. (2000). Graze: A program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32 (1): 86-92.
- Ruuska, S., Kajava, S., Mughal, M., Zehner, N. & Mononen, J. (2016). Validation of a pressure sensor-based system for measuring eating, rumination and drinking behaviour of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 174: 19-23.
- Santini, F. J., Hardie, A. R., Jorgensen, N. A. & Finner, M. F. (1983). Proposed Use of Adjusted Intake Based on Forage Particle Length for Calculation of Roughage Indexes1. *Journal of Dairy Science*, 66 (4): 811-820.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Heuwieser, W. & von Keyserlingk, M. A. G. (2012). Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (6): 3212-3217.
- Schleisner, C., Nørgaard, P. & Hansen, H. H. (1999). Discriminant analysis of patterns of jaw movement during rumination and eating in a cow. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 49 (4): 251-260.
- Seif, S., Johnson, H. & Lippincott, A. (1979). The effects of heat exposure (31 C) on Zebu and Scottish Highland cattle. *International journal of biometeorology*, 23 (1): 9-14.
- Senn, M., Dürst, B., Kaufmann, A. & Langhans, W. (1995). Feeding patterns of lactating cows of three different breeds fed hay, corn silage, and grass silage. *Physiology & Behavior*, 58 (2): 229-236.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2 utg.: Scandinavian Veterinary Press. 804 s.
- Stobbs, T. & Cowper, L. (1972). Automatic measurement of the jaw movements of dairy cows during grazing and rumination. *Tropical Grasslands*, 6 (2): 107-112.
- Suzuki, S., Fujita, H. & Shinde, Y. (1969). Change in the rate of eating during a meal and the effect of the interval between meals on the rate at which cows eat roughages. *Animal Production*, 11 (01): 29-41.
- Sørli, T. J. (2014). *Rekordhøy avdrått hos norske kyr*. Bondebladet.no. Tilgjengelig fra: <http://www.bondebladet.no/gardsdrift/rekordhoy-avdratt-hos-norske-kyr/> (lest 25.04.2017).
- Tafaj, M., Kolaneci, V., Junck, B., Maulbetsch, A., Steingass, H. & Drochner, W. (2005). Influence of fiber content and concentrate level on chewing activity, ruminal digestion, digesta passage rate and nutrient digestibility in dairy cows in late lactation. *Cellulose*, 22 (16.4): 30.0.
- Teller, E., Vanbelle, M. & Kamatali, P. (1993). Chewing behaviour and voluntary grass silage intake by cattle. *Livestock Production Science*, 33 (3-4): 215-227.
- Teller, E., Vanbelle, M., Kamatali, P. & Wavreille, J. (1989). Intake of direct cut or wilted grass silage as related to chewing behavior, ruminal characteristics and site and extent of digestion by heifers. *Journal of animal science*, 67 (10): 2802-2809.

- Tingstad, H. (2010). *Metodespesifikasjon- IHA-nr: MSP 1045, Råfett (Accelerated Solvent Extraction, ASE)* Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/om/institutt/iha/tjenester/node/10055> (lest 14.03.2017).
- Van Soest, P. J. (1992). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. utg. Ithaca, N.Y: Comstock Pub.
- Vasilatos, R. & Wangsness, P. J. (1980). Feeding behavior of lactating dairy cows as measured by time-lapse photography. *Journal of dairy science*, 63 (3): 412.
- Volden, H. (2011). *NorFor - the Nordic feed evaluation system*. EAAP publication (Wageningen : 1988(1982)-), b. No. 130. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Waghorn, G. & Reid, C. (1983). Rumen motility in sheep and cattle given different diets. *New Zealand journal of agricultural research*, 26 (3): 289-295.
- Waldo, D. (1986). Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*, 69 (2): 617-631.
- Weisbjerg, M. & Sjøgaard, K. (2008). *Feeding value of legumes and grasses at different harvest times*. Biodiversity and animal feed: future challenges for grassland production. Proceedings of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation, Uppsala, Sweden, 9-12 June 2008: Swedish University of Agricultural Sciences. 513-515 s.
- Weisbjerg, M. R., Lund, P. & Hveplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hveplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 240-280: DJF rapport - Husdyrbrug 53. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Welch, J. & Smith, A. (1969). Effect of varying amounts of forage intake on rumination. *Journal of Animal Science*, 28 (6): 827-830.
- Welch, J. G. & Hooper, A. P. (1988). Ingestion og feed and water. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal : digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Yokoyama, M. T. & Johnson, K. A. (1988). Mikrobiology of the rumen and intestine. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Yu, P., Christensen, D., McKinnon, J. & Markert, J. (2003). Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalfa. *Canadian journal of animal science*, 83 (2): 279-290.
- Zebeli, Q., Tafaj, M., Weber, I., Dijkstra, J., Steingass, H. & Drochner, W. (2007). Effects of Varying Dietary Forage Particle Size in Two Concentrate Levels on Chewing Activity, Ruminant Mat Characteristics, and Passage in Dairy Cows1. *Journal of Dairy Science*, 90 (4): 1929-1942.

Zehner, N., Niederhauser, J. J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hoch, M., Haeussermann, A. & Schick, M. (2012). *Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows*. Proceedings of international conference of agricultural engineering CIGR-Ageng. C0438 s.

Zehner, N., Umstätter, C., Niederhauser, J. J. & Schick, M. (2017). System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136: 31-41.



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway