



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2021 30 stp
Fakultetet for biovitenskap

Fordøyning av fôrrasjoner til mjølkekyr målt med AIA og iNDF

Digestibility of feedrations for dairy cows measured
with AIA and iNDF

Linda Høyby Slåttelid
Master i Husdyrvitenskap

Føreord

Denne oppgåva er avslutninga på mi tid som student i Ås, og for ei tid det har vore. Desse åra har eg studert og tileigna meg kunnskap i spennande tema innanfor husdyrvitskapen. Noregs Miljø- og Biovitskaplege Universitet har gitt meg moglegheit til å vidareutvikle erfaringane eg tok med meg frå småbruket heime på Sunnmøre.

Husdyrvitskap har gitt meg innblikk i fleire tema og valet av oppgåve var difor ikkje enkelt. Ernæring og fysiologi har alltid vore eit interessant tema. Å undersøke fordøyingsgrada av to fôrkvalitetar ved hjelp av interne markørar gir god innsikt i ernæring hjå mjølkekyr. I løpet av prosessen har eg lært utruleg mykje om forsøksong og eg har fått mykje god hjelp under gjennomføring av forsøket. Då eg skulle vere med å hjelpe til i mjølkekuforsøket, som bidrog med dataa eg nyttar i oppgåva, kom koronapandemien og ¾ av heile mitt masterløp har blitt gjennomført på heimekontor. Trass i dette fekk eg heldigvis moglegheita til å gjennomføre *in sacco* forsøk vinteren 2021.

Først og fremst vil eg takke rettleiarane mine Egil Prestløkken og Clementina Alvarez for tolmod, god rådgiving og rettleiing når eg har spora av, i tillegg til moglegheita til å få gjennomføre forsøk. Eg vil også takke Elise Hatch Fure for god rettleiing under *in sacco* forsøket ved Senteret for husdyrforsøk (SFH). Mi gode studievenninne Kristin Nilsen Voll fortener ein takk for god korrekturlesing. Vidare vil eg takke kollektivet mitt for god støtte under skrivinga og gode rutinar for viktige skrivepausar. Mesteparten av skrivinga har gått føre seg heime på garden og difor vil eg takke min tolmodige familie som har støtta meg og synt interesse for oppgåva gjennom denne våren. Eg nyttar også anledninga til å sende ein takk til vennegjengen heimanfrå som har bidrege med spontane pausar i ei travel skriveperiode. Tusen takk!

Ås, 28. Mai 2021

Linda Høyby Slåttelid

Samandrag

Kunnskap om næringsinnhaldet hjå fôr er fundamentalt for god fôrutnytting og effektiv mjølkeproduksjon. Fôr står for om lag 80% av dei variable kostnadane hjå mjølkegardane, og god fôrutnytting er essensielt for å skape god økonomi. Nøyaktigheita av fordøyingsgrada hjå fôret kan gi oversikt over næringsopptak hjå mjølkekyr. Fordøying av fôr og fôrkomponentar kan målast gjennom ulike metodar.

Total oppsamling (TC) er den beste metoden for å fastslå fordøyingsgrada til eit fôr, men slike fordøyingsforsøk er tidkrevjande, kostbare og krev eigene fasilitetar til gjennomføring. Andre utfordringar er dyretal og at metoden er vanskeleg å gjennomføre med høgtytande mjølkekyr. Mindre arbeidsame metodar med innsamling av stikkprøver og analyse av markørar til å estimere fordøyingsgraden til fôrkomponentar vert ofte nytta under fordøyingsforsøk hjå mjølkekyr. Syreuløyseleg oske (AIA) og ikkje-nøytralløyselege fiber (iNDF) er eksempel på interne markørar ein finn naturleg i fôret til mjølkekyr.

Målet med forsøket var å berekne fordøyingsgrada av to surfôrkvalitetar ved å nytte AIA og iNDF som markørar. Surfôrkvalitetane var tidleg hausta, Høg Kvalitet (HQ) og seint hausta, Låg Kvalitet (LQ). Rasjonane var optimalisert for å dekkje energibehovet ut frå avdrått, og mengd kraftfôr var høgare i LQ enn HQ. AIA vart målt gjennom analysar av fôr og avføring, medan iNDF måtte bestemast gjennom 288 timars inkubasjon av fôr- og avføringsprøver i 2 vomkanulerte kyr. Analysar av fôr, avføring og markør vart nytta til å berekne fordøyingsgrada til tørrstoff (TS), organisk stoff (OM), nøytralløyselege fiber (NDF) og ein restfraksjon (rest).

Signifikante samanhengar vart funne mellom surfôrkvalitet og fordøyingsgrad hjå om lag alle komponentane hjå HQ og LQ. Det var skilnad i fordøyingsgrad berekna med to interne markørar iNDF og AIA. Samanlikna med iNDF var fordøyingsgrada høgare berekna med AIA i rasjonen med tidleg hausta surfôr, medan det var motsett i rasjonen med seint hausta surfôr der iNDF berekna høgare fordøyingsgrad enn AIA. Markørane AIA og iNDF gav ulike berekningar av fordøyingsgrad og det er utfordrande å vite kven av dei som syner mest nøyaktig resultat utan å ha samanlikna med eit TC-forsøk.

Abstract

Knowledge of the nutritional content in feed is fundamental in ruminant nutrition. In dairy farming feed is 80% of the variable costs, which makes economical utilization and production efficiency essential. Determined digestibility of feed can give an overview of nutritional absorption in dairy cows. The digestibility of feed and feed components can be measured through different methods.

Total Collection (TC) is an accurate way to determine digestibility in feed, though these experiments are laborious, time-consuming, expensive, and require special facilities to complete. Less laborious methods are preferred, and methods where faeces samples are taken to estimate digestibility of components in feed are often used in digestibility trials with dairy cows. Acid-insoluble ash (AIA) and indigestible Neutral Detergent Fibre (iNDF) are two examples of internal markers found naturally in feed.

The aim of this study was to determine the digestibility of two silages of different quality. The qualities were early harvested, High Quality (HQ) and late harvested, Low Quality (LQ). The rations were optimized to ensure daily energy-intake according to yield, and the amount of cereals were higher in LQ than HQ. AIA was measured through analysis of feed and faeces, while iNDF was determined through *in sacco* incubation for 288 hours using two rumen cannulated cows. The analyses from feed and marker were used to determine the digestibility of the feed components dry matter (TS) organic matter (OM), Neutral Detergent Fibre (NDF), and a residual fraction (rest).

Correlations were found between silage quality and digestibility for almost all components in HQ and LQ. Differences in digestibility was calculated with the markers iNDF and AIA. Compared to iNDF digestibility was higher calculated with AIA in rations consisting of early harvested silage, while the opposite result was found in rations consisting of late harvested silage where iNDF calculated higher digestibility than AIA. The markers AIA and iNDF showed unequal calculations of digestibility and this makes it a challenge to determine which is the most accurate without comparison to a TC-trial.

Innholdsliste

Føreord	II
Samandrag	III
Abstract	IV
1. Innleiing	1
2. Litteratur	2
2.1. Næringsstoff i fôr	2
2.1.1. Karbohydrat	3
2.1.2. Feitt	4
2.1.3. Protein	5
2.2. Drøvtyggjaren	6
2.3. Fordøyingsprosessar i drøvtyggjarar	8
2.3.1. Fordøying av karbohydrat	9
2.3.2. Fordøying av feitt	11
2.3.3. Fordøying av protein	13
2.4. Fôrmiddelvurdering	14
2.4.1. NorFor	16
2.5. Metodar for måling av fordøying	17
2.5.1. Total oppsamling	17
2.5.2. <i>In vitro</i>	18
2.5.3. <i>In sacco</i>	19
2.5.4. Bruk av markørar	20
3. Material og metode	23
3.1. Forsøksopplegg	23
3.2. Prøvetaking	24
3.3. Bestemming av iNDF gjennom <i>in sacco</i>	25
3.4. Analysemetodar	26

3.5. Kalkuleringar	27
3.6. Statistikk	29
4. Resultat	30
4.1. Fôropptak	30
4.2. Fordøyingsgrad med iNDF og AIA som markør	31
5. Diskusjon	35
5.1. Metodediskusjon	35
5.2. Berekna fordøying av TS gjennom markørane AIA og iNDF	37
5.3. Fôropptak og fordøying av næringsstoffa i fôrrasjonane	38
5.4. Samanheng mellom markørane	40
6. Konklusjon	42
7. Referansar	43

1. Innleiing

Om lag 80% av dei variable kostnadane hjå mjølkegardar nyttast hjå fôr, og god fôrutnytting er essensielt for å spare pengar og for å sikre effektiv produksjon (Jensen et al., 2015).

Nøyaktigheita av fordøyingsgrada til fôret kan gi oversikt over næringsopptaket hjå mjølkekyr (Morris et al., 2018). Ulike metodar vert nytta til å berekne fordøyingsgrad hjå husdyr. Total oppsamling (TC) er den beste metoden for å fastslå fordøyingsgrada til eit fôr, men slike fordøyingsforsøk er tidkrevjande, kostbare og krev eigne fasilitetar til gjennomføring (Morris et al., 2018). Andre utfordringar er dyretal og at metoden er vanskeleg å gjennomføre med høgtytande mjølkekyr (Lee & Hristov, 2013). Mindre arbeidsame metodar vil då vere å føretrekkje og bruk av markørar er eit godt alternativ.

Ufordøyelege komponentar spelar ei viktig rolle som markørar for fordøyingsgrad og som modellar for næringsomsetnad (Adams et al., 2020). Syreuløseleg oske (Acid Insoluble Ash (AIA)) og ufordøyeleg NDF (indigestible neutral detergent fiber (iNDF)) er to interne markørar som har blitt målt og evaluert gjennom ulike fordøyingsforsøk (Lee & Hristov, 2013). Måling av fordøying med markørar er ei forenkling i forhold til TC. Markørar går gjennom fordøyingsystemet utan å verte fordøydd eller absorbert, og oppkonsentrasjonen av dei i avføringa gir fordøyingsgraden av fôrkomponenten. Fordøyingsforsøk med markørar kan fastslå fordøyingsgrada gjennom uttak og analyser av stikkprøver frå fôr og avføring, i motsetnad til TC der all urin og avføring vert samla opp.

Den perfekte markøren er enda ikkje funne og forskning er stadig nødvendig. I dette forsøket var målet å finne fordøyingsgrada av to surfôrkvatitetar, tidleg hausta (HQ) og seint hausta (LQ), ved å nytte to markørar. Markørane vart så samanlikna for å sjå kven av dei som gav nøyaktigast fordøyingsgrad av tørrstoff (TS), nøytralløselege fiber (NDF), organisk stoff (OM) og restfraksjonen (rest). AIA og iNDF vart samanlikna og undersøkt gjennom analysar av fôr og avføring. I tillegg vart iNDF mengda i fôr og avføring bestemt gjennom eit *in sacco* forsøk. Forventningane for markørane er at dei vil syne same fordøyingsgrad innanfor HQ og LQ med samanliknbare resultat frå andre forsøk. Det er forventa at HQ har høgare fordøyingsgrad enn LQ. Resultata frå forsøket kan vere nyttige for å velje riktig markør der det ikkje er mogleg å gjennomføre TC-forsøk.

2. Litteratur

Mjølkekyr er drøvtyggjarar og står for det meste av mjølkeproduksjonen i verda (Dijkstra et al., 2005). Drøvtyggjarane skil seg frå andre pattedyr gjennom deira eigenskap til å omsetje tungt fordøyeleg plantemateriale, som gras, til råvarer som menneske kan nytte seg av, til dømes mjølk og kjøt. Fôrrasjonar beståande av surfôr og kraftfôr utgjer det meste av dietten til høgt-ytande mjølkekyr. I desse rasjonane er det hovudsakleg karbohydrat som utgjer størsteparten, medan protein og feitt utgjer ein lågare del (Weisbjerg et al., 2003).

2.1. Næringsstoff i fôr

Fôrrasjonane til høgtytande mjølkekyr er ein samansetnad av grovfôr, til dømes gras, og kraftfôr. Analyser av grovfôr og kraftfôr vert gjort for å karakteriserte dei etter innhald av næringsstoff. Innhald av protein, karbohydrat, feitt og andre næringsstoff spelar ei viktig rolle her (Volden, 2011b). Næringsinnhaldet i gras vert påverka av grastype, jordkvalitet, gjødsling og klima (Randby et al., 2012). Fôret består av tørrstoff (TS) som delast inn i organisk stoff (OM) og oske. OM vert vidare delt inn i protein, nøytralløselege fiber, stivelse, fermenteringsprodukt, rest karbohydrat og råfeitt (Volden, 2011b). Tabell 1 syner ei oversikt over kjemisk innhald av typar grovfôr og kraftfôringrediensar. Tabellen syner at variasjonen i innhald av tørrstoff og kjemiske komponentar er stor. Haustetid påverkar grasets morfologi og fordøyingsgrad. Ved aukande utviklingstrinn aukar delen av tungtfordøyelege komponentar medan delen lettfordøyelege komponentar og proteininnhaldet reduserast. Dette gir fôret lågare fordøyingsgrad og dermed lågare fôrverdi (Søgaard et al., 2003).

Tabell 1: Kjemisk innhald i nokre utvalde fôrtypar, g/kg TS med mindre anna er presisert (NorFor, u.å.-a).

	Tørrstoff g/kg	Stivelse	NDF ¹	Råprotein	Råfeitt	Oske
Grassurfôr, Høg fordøyingsgrad	329	0	477	162	36	72
Grassurfôr, Låg fordøyingsgrad	320	0	538	150	34	68
Halm	850	0	771	306	13	60
Bygg	883	615	198	219	32	23
Kveite	881	667	127	131	28	19
Rapsfrø	914	15	167	312	461	45
Soyabønner	887	81	121	616	211	55

¹Nøytralløselege fiber

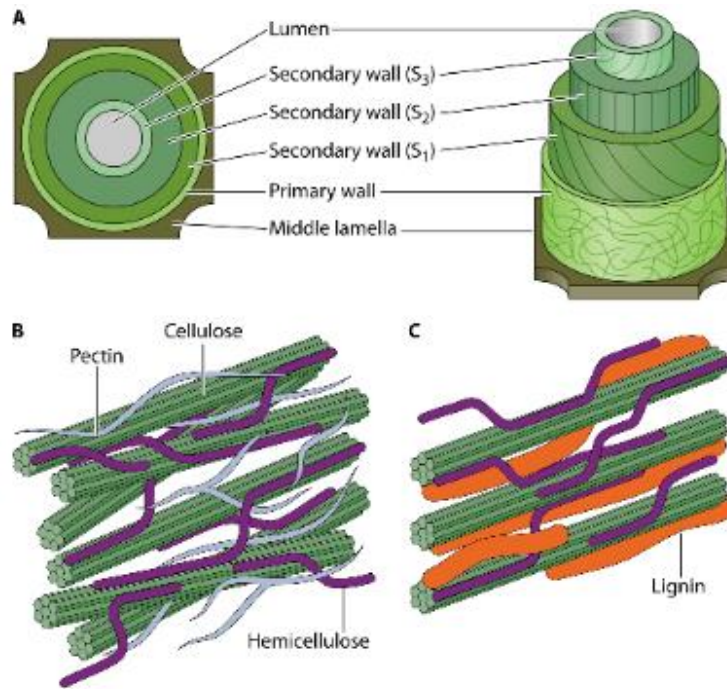
2.1.1. Karbohydrat

Karbohydrat består av sukker, stivelse og fiber, og utgjør om lag 75% av ei mjølkekyrs rasjon. I fordøyingsystemet til kyra er karbohydrat den viktigaste energikjelda. Gjennom ulike prosessar vert karbohydrat omsett til mellom anna kortkjeda feittsyrer (VFA), som er viktige substrat i kyra si energiforsyning (Weisbjerg et al., 2003). Karbohydrat er delt inn i sukker og ikkje-sukker. Døme på sukker er monosakkarida glukose og fruktose, og disakkarid som sukrose og maltose. Ikkje-sukker er polysakkarid der stivelse og fiber er viktigast (Weisbjerg et al., 2003).

I plantecella finn ein stivelse i form av granulat inne i plantecella, der storleiken og forma varierer i ulike planter. Granulata av stivelse er tettpakka og består av amylopektin (α 1-4 og α 1-6 bindingar) og amylose (α 1-4 bindingar), som begge er polymerar av glukose (Weisbjerg et al., 2003). Amylopektin har ein forgreina struktur og utgjør 70-80% av stivelsen. Amylose har ein lineær struktur og utgjør resten av 20-30% av stivelsen (McDonald et al., 2011b; Nocek & Tamminga, 1991). Amylopektin og amylose bind seg tett saman med hydrogenbindingar (Huntington, 1997). Innhaldet av stivelse i fôringrediensar er høgt i korn, til dømes bygg og kveite (Tabell 1). Tilgjengelegheita av stivelse i fôringrediensar kan påverkast, til dømes gjennom blautlegging og varmebehandling (McDonald et al., 2011b).

Plantecelleveggen består av cellulose, hemicellulose og noko lignin. Cellulose er den mest utbreidde polymeren i planteriket og dannar fundamentet for strukturen i plantecelleveggen. Cellulose er eit homoglycan beståande av glukose bunde saman i β -1,4 bindingar, der cellubiose er den repeterande eininga (McDonald et al., 2011b). Hemicellulose består av xylose- og arabinoseiningar bunde saman av β -1,4 bindingar (Weisbjerg et al., 2003). Lignin er ikkje eit karbohydrat, men vert ofte medrekna som det grunna sin tendens til å binde seg til hemicellulose i celleveggen (McDonald et al., 2011b; Weisbjerg et al., 2003).

Plantecelleveggen delast inn i ein primær og sekundær cellevegg. Ved byrjande utvikling av graset vil den primære celleveggen hovudsakleg bestå av cellulose, og etter som planta utviklar seg vil denne celleveggen utvikle høgare mengder cellulose, hemicellulose og noko pektin. I slutten av utviklingstrinnet til graset vil lignin binde seg til hemicellulose i både den primære og sekundære celleveggen og danne ein grovare struktur av celleveggstoff (Harper & McNeill, 2015). Figur 1 syner ei forenkla oppbygging av celleveggstrukturen. Summen av hemicellulose, cellulose og lignin utgjør nøytralløselege fiber (NDF).

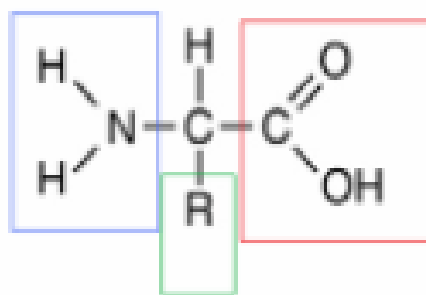


Figur 1: Forenkla oppbygging av celleveggstrukturen. A er sjølve plantestengelen med inndeling av primær og sekundær cellevegg. B er den primære celleveggen bestående av cellulose og hemicellulose. C er den sekundære vegg rundt lumen etter aukande alder på planta. (Rytioja et al., 2014).

Innhaldet av nøytralløyslege fiber (NDF) i fôret variera og utgjer 40-80% av tørrstoffet (TS) i grovfôr. Variasjonen vert påverka av botanisk samansetnad, utviklingstrinn (vekstfase) og ensileringsmetode. Hjø kraftfôr variera innhaldet av NDF frå om lag ingenting til 80% av TS (Noziere et al., 2010). NDF er inndelt i fordøyeleg NDF (DNDF), potensielt fordøyelege NDF (pdNDF) og ikkje fordøyelege NDF (iNDF) (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006; Stensig & Robinson, 1997; Volden, 2011b). Seint hausta fôr inneheld meir NDF og dermed meir iNDF enn normalt og tidleg hausta fôr (Noziere et al., 2010).

2.1.2. Feitt

Med unntak av oljefrø som kan innehalde meir enn 40% feitt, inneheld plantar om lag 5% feitt på tørrstoffbasis (Doreau & Chilliard, 1997). Feittet er bygd opp som feittsyrer med mellom 2-24 karbonatom i ein kjedestruktur med ei karboksylgruppe i enden (McDonald et al., 2011c). Dei vanlegaste feittsyrene i rasjonar til drøvtyggjarar er til dømes palmitinsyre (C16:0), oljesyre (C18:1) og linolsyre (C18:2) (Sjaastad et al., 2016b). Den kjemiske samansetninga av palmitinsyre og linolsyre er synt i Figur 2. Korn og kraftfôr inneheld triglyserid som består av 3 feittsyrer festa til eit glyserolmolekyl. Hjø gras og anna grovfôr er feittet lagra som galaktolipid, der den eine feittsyra er bytta ut med eit galaktosemolekyl



Figur 3: Generell oppbygging av ei aminosyre. Dei ulike fargane markera dei ulike gruppene. Blå er aminogruppa, raud er karboksylgruppa og grøn er den varierende sidegruppa (Kierulf, 2019)

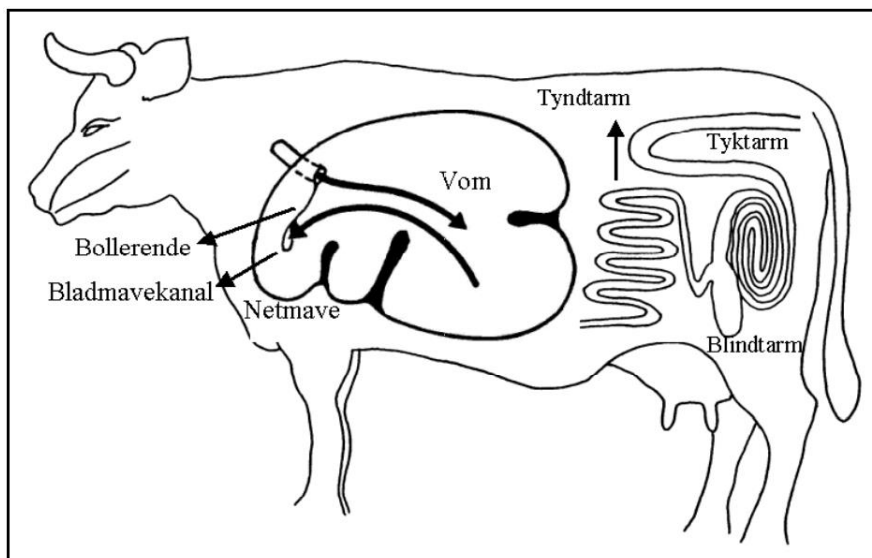
Aminosyrene vert delt inn i essensielle og ikkje-essensielle etter om dyret kan syntetisere dei frå andre næringsstoff eller om dei må tilsetjast i fôret. Alle essensielle aminosyrer pattedyr treng er lysin, metionin, treonin, tryptofan, isoleucin, leucin, histidin, fenylalanin og valin (Hvelplund et al., 2003; Mathews et al., 2013). Ulike aminosyrer er bunde saman av peptidbindinger i lange rekkjer med ulike rekkjefølge etter proteinets eigenskapar. Fôrproteinet består av aminosyrer og ikkje protein-nitrogen (NPN) til dømes ammonium, urea og nukleinsyrer. I surfôr vil innhaldet av NPN vere om lag 70% av totalt N-innhald (Sjaastad et al., 2016b).

Innhaldet av protein i fôr omtalast som råprotein (CP) og vert berekna gjennom å multiplisere N med 6.25. Innhaldet av N vert bestemt gjennom Kjeldahl-N metoden under føresetnaden at protein inneheld 16% N på molekylær basis (Weisbjerg & Hvelplund, 2003). CP vert delt inn i tre fraksjonar: løyseleg råprotein (sCP), potensielt fordøyeleg råprotein i vom (pdCP) og ikkje fordøyeleg råprotein (iCP) (Volden, 2011b). Løysingsgrada til dei ulike proteina variera frå heilt uløyselege, til dømes keratin, og løyselege, til dømes albumin (McDonald et al., 2011d). Fôringrediensar har ulikt innhald av protein (Tabell 1). Spesielt hjå gras vert innhaldet av protein redusert ved aukande alder, difor er tilleggsfôring av kraftfôr med høgare mengder protein viktig. Soyamjøl er eit døme på ein kraftfôringrediens som inneheld mykje protein og vert ofte tilsett i kraftfôr for å dekkje proteinbehovet til høgt-ytande mjølkekyr (Gjefsen, 2016a).

2.2. Drøvtyggjaren

Drøvtyggjaren har eit karakteristisk fordøyingsystem beståande av forkammer. Figur 4 syner fordøyingsystemet til ei mjølkekyr, som er ein drøvtyggjar. Fordøyingsystemet gir kyra

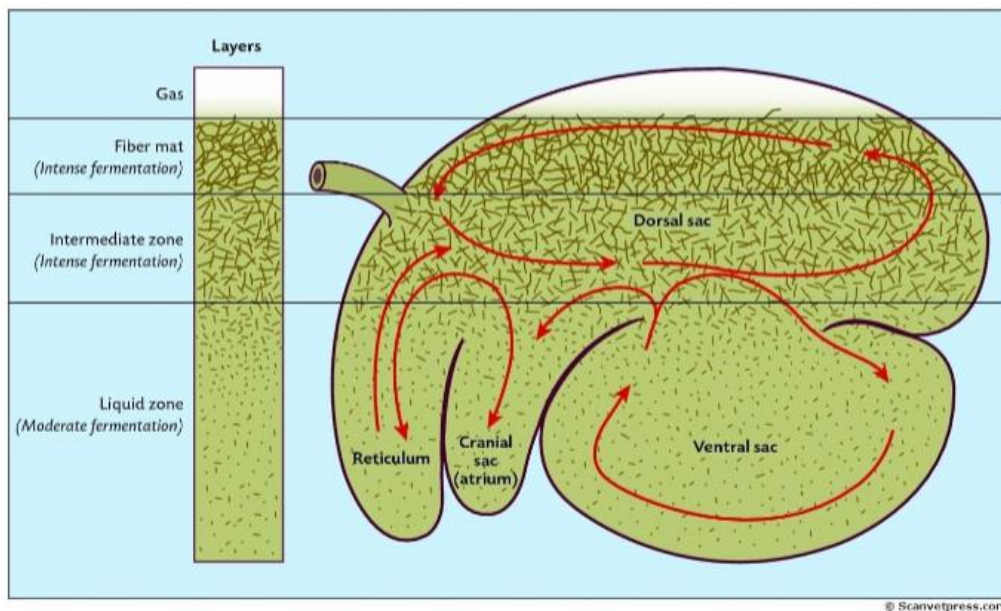
moglegheit til å utnytte tungtfordøyelege plantemateriale andre dyr ikkje kan nytte seg av. Forkammera består av vom, nettmage og bladmage, i denne oppgåva vert desse omtala som vom. Etter vomma følger løypen, denne tilsvara magesekken hjå einmaga dyr. Fordøyingssystemet hjå drøvtyggjaren baserer seg på mikrobiell fermentering av tungtfordøyeleg plantemateriale i vomma (Krizsan et al., 2010). Fermentering er ei anaerob omsetting av fôret (omsetting utan oksygen). Drøvtyggjaren er avhengig av bakteriar, protozoar og sopp for å bryte ned fôret dei et (Kristensen et al., 2003). I denne oppgåva omtalast desse som mikrobar.



Figur 4: Oversikt over fordøyingssystemet hjå kyra med vom, nettmage, bladmage, tynntarm, blindtarm og tjukktarm (Nørgaard & Hveldplund, 2003).

Innhaldet i vomma består av ulike fasar beståande av gass, væske og partiklar (Figur 5). Partikkelfasen består av partiklar av ulik partikkelstorleik, desse fasane vert jamleg blanda i vomma gjennom kontraksjonar. Vomma gjennomfører primærkontraksjonar (blanding av innhald), sekundære kontraksjonar (utslepp av gass) og kontraksjonar relatert til drøvtygging (Sjaastad et al., 2016b). Drøvtygging går føre seg ved at kontraksjonar i vomma leier vominnhald til oppstøyting gjennom matrøyret til munnen. Kyra tygg då fôret på nytt før det svelgjast igjen. Når fôrpartiklane er mellom 1 og 2 mm vil dei passere ut av vomma. Innhaldet i vomma gjeng vidare til løypen og inn i tynntarmen der vidare fordøying og absorpsjon av næringsstoff går føre seg (Nørgaard & Hveldplund, 2003). I tjukktarmen er det også noko mikrobiell fermentering, men dette utgjer om lag 10% av all fermentering gjennom fordøyingssystemet (Noziere et al., 2010; Weisbjerg et al., 2003). Fôr som ikkje vert fordøydd vert skilt ut som avføring i endetarmen.

Sett bort frå fôr og mikrobar inneheld vomma eddiksyre, propionsyre og smørsyre, også kalla flyktige feittsyrer (VFA). VFA er den viktigaste energikjelda til drøvtyggjaren. Andre fermenteringsprodukt i vomma er til dømes ammonium (NH_4^+), ammoniakk (NH_3) og gass, hovudsakleg i form av karbondioksid (CO_2) og metan (CH_4). Innhaldet av VFA vil auke etter fôring og dermed redusere pH-en i vomma. Normalt vil pH-en i vomma ligge rundt 6.2, og ein pH under dette over lenger tid er skadeleg for miljøet i vomma. Fôrrasjonar med høgt innhald av hurtig fordøyelege næringsstoff, til dømes stivelse, vil auke produksjonen av propionsyre og dermed redusere pH-en ytterlegare. For at pH-en ikkje skal bli for låg er det viktig med ein fôrrasjon med tilstrekkelege mengder saktefordøyelege næringsstoff, til dømes fiber (Sjaastad et al., 2016b).



Figur 5: Lag i vomma. Øvst vil det vere eit gasslag med ei fibermatte rett under. Det vil vere mest fermentering i fibermatta og den intermediere fasen og moderat fermentering i væskefasen. Desse fasane vert jamleg blanda av kontraksjonar i vomma (raude piler) (Sjaastad et al., 2016b).

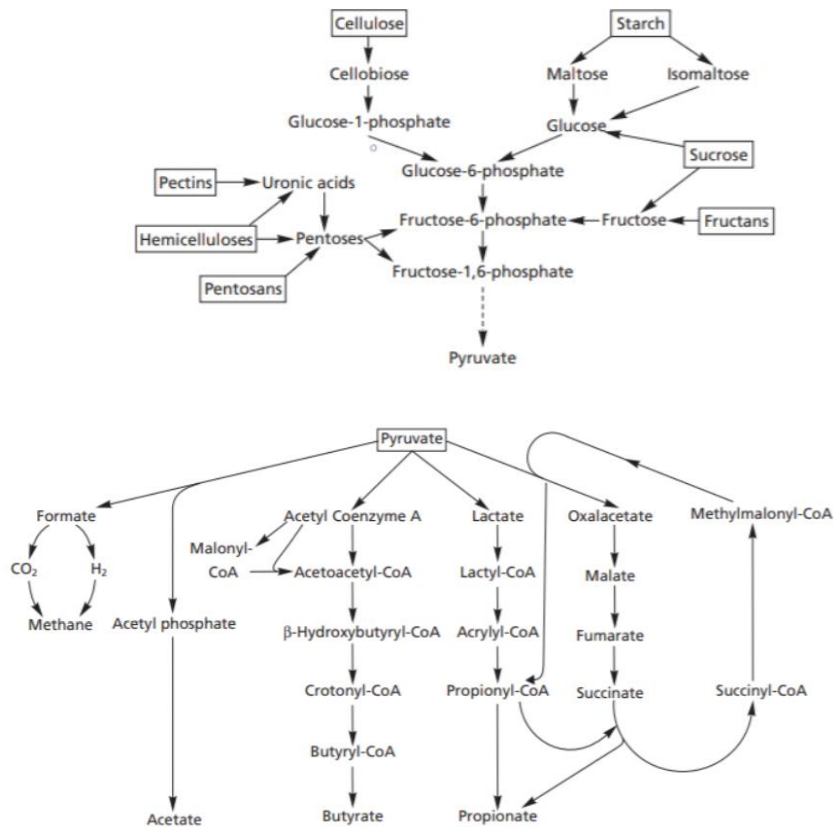
2.3. Fordøyingsprosessar i drøvtyggjarar

Fôrets fordøying i fordøyingsystemet til drøvtyggjaren vert påverka av fleire faktorar, til dømes samansetnad av ulike fôringrediensar, haustetidspunkt, fôropptak, laktasjonsstadium og fysiologien hjå dyret (Huntington, 1997). Kyra og mikrobane lev i symbiose, som vil sei at dei er avhengige av kvarandre for å overleve. Fôrrasjonar må derfor både tilfredsstilla mikrobane sitt næringsbehov og støtte vekst og produksjon for sjølve drøvtyggjaren (Chaudhry, 2007). Gjennom fermenteringa vil om lag 10% av energiinnhaldet i fôret gå tapt

grunna produksjon av metangass, som drøvtyggjaren ikkje kan utnytte (Sjaastad et al., 2016b). I vomma vert karbohydrat, feitt og protein omsett gjennom mikrobiell fermentering.

2.3.1. Fordøying av karbohydrat

Karbohydrata er det viktigaste substratet for den anaerobe energiomsetnaden i vomma (Kristensen et al., 2003). Mjølkekyr vert fôra med fiber og stivelse primært, men kan også nytte seg av sukker (Oba, 2011). Karbohydratfordøyinga i vomma er delt i ekstracellulær og intracellulær fordøying, og går føre seg utanfor og inne i mikroben, høvesvis. Ekstracellulært vert enzym skilt ut av mikroben som spaltar β -1,4 bindingane i cellulosen. Det er berre spesielle enzym produsert av, til dømes cellulolytiske bakteriar, som kan bryte bindingane i cellulosen (Gjefsen, 2016b). Cellulosen vert omsett til cellubiose av enzymet β -1,4-glukosidase og deretter til glukose. Stivelsen vert omsett til maltose av enzymet amylase, og deretter til glukose gjennom enzymet maltase (McDonald et al., 2011a). Alle celler i kroppen nyttar glukose til energi (Sjaastad et al., 2016b). Mikroben absorbera glukosen for intracellulær omsetting. Glykolysen gjer om glukosen til pyrodruesyre som er energi for mikroben. Endeproduktet for denne omsetjinga er VFA og heile omsettingsprosessen er synt i Figur 6. Mikroben skil ut VFA og desse absorberast vidare gjennom vomveggen (Sjaastad et al., 2016b). I tarmen brytast stivelsen ned til glukose av α -amylase frå bukspyttkjertelen. Gjennom aktiv transport vert glukosen absorbert gjennom tarmveggen og transportert vidare til levra via blodomløpet (Weisbjerg et al., 2003). Det er lite absorpsjon av glukose i tarmen, så drøvtyggjaren er avhengig av VFA frå vomma som vert omdanna til glukose gjennom glukoneogenesen i levra (Nørgaard & Hveldplund, 2003).



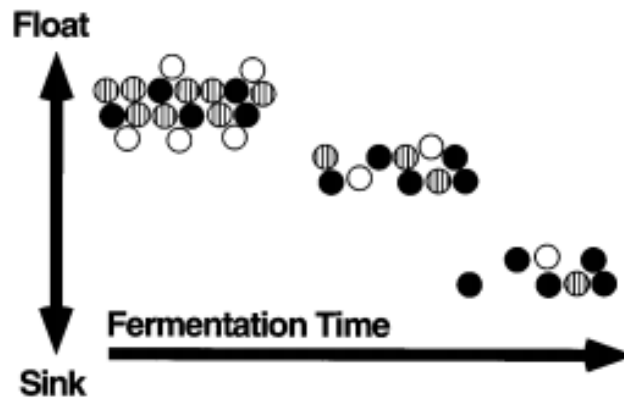
Figur 6: Omgjering av cellulose og stivelse til pyrodruesyre og vidare til flyktige feittsyrer i vomma. (McDonald et al., 2011a)

2.3.1.1. Fiberfordøying i vom

Fordøyingsgraden av fôr og inntakskapasiteten til drøvtyggjaren vert i stor grad påverka av innhaldet av NDF (Harper & McNeill, 2015; Oba & Allen, 1999). NDF treng lenger tid til fordøying i forhold til andre karbohydrat, til dømes stivelse. Dette gjer at NDF er avhengig av høgare opphaldstid i vomma. Drøvtyggjaren har utvikla eit system for selektiv tilbakehalding av NDF i vomma (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006). Selektiv tilbakehalding av fôret er eit prinsipp der nyare fôrpartiklar vert halde tilbake i vomma til dei har redusert storleiken nok til å passere vidare til bladmagen (Weisbjerg et al., 2003). Dette aukar fordøyingsgrada av tungt fordøyelege partiklar, samstundes som lettfordøyelege partiklar får passere ut av vomma med ein gong (Huhtanen et al., 2008).

Figur 7 syner prinsippet for selektiv tilbakehalding av NDF i vomma. Dei større partiklane flyt øvst grunna gassbobler (kvite bobler) som bind seg til pdNDF (stripete bobler) og iNDF (svarte bobler), dette bidreg til selektiv tilbakehalding (Allen, 1996). Partiklane trekk til seg meir væske, delast opp av drøvtygging, vert tyngre grunna tiltrekking av vomvæske og søkk

deretter nedover i vomma. Reduksjon av partikkelstorleik gjerast gjennom drøvtygging for å gjere næringsstoff tilgjengelege for mikrobane (Weisbjerg et al., 2003). Om lag 40-85% av NDF vert brote ned i løpet av heile fordøyingskanalen til drøvtyggjaren og NDF vert ikkje fordøydd i tynntarmen (Noziere et al., 2010).

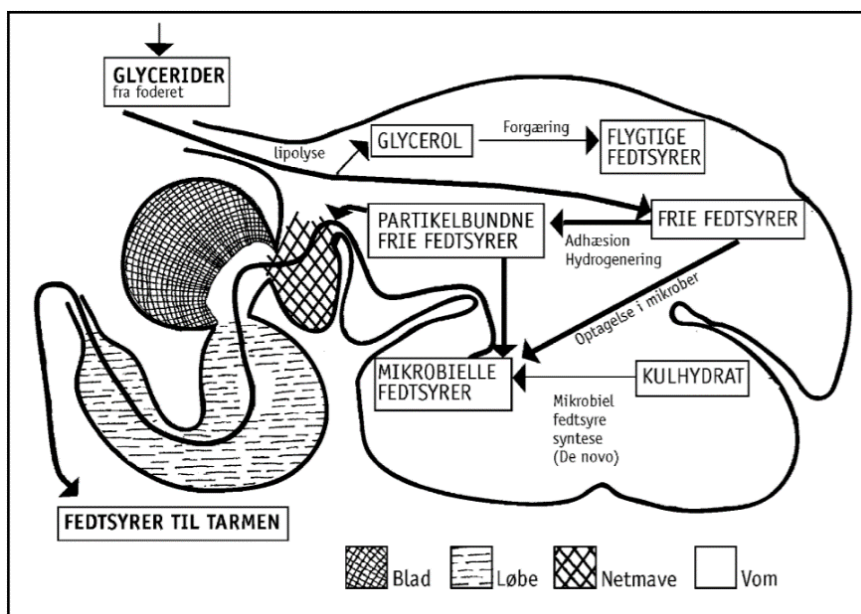


Figur 7: Effekt av forlenga opphaldstid i vomma på NDF. Dei kvite boblene er gass, pdNDF er dei stripete boblene og iNDF er dei svarte boblene (Allen, 1996)

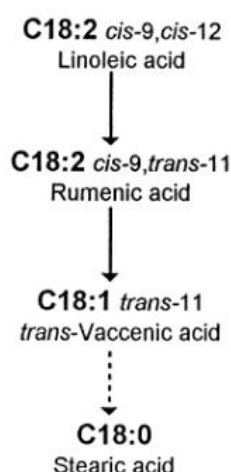
Fordøyinga av fiber påverkast negativt av høge mengder kraftfôr grunna redusert aktivitet av mikrobane som følgje av søkkande pH (Noziere et al., 2010). Ved høgt innhald av lettfordøyelege komponentar, til dømes stivelse, vil passasjehastigheita auke og opphaldstida reduserast. Ein substitusjonseffekt skjer når kraftfôrmengda i rasjonen leier til lågare surfôropptak og auka passasjehastigheit. Dette kan forklarast ved at kraftfôret har høgare energiinnhald og vil substituere for næringsinnhaldet i surfôret (Weisbjerg et al., 2003).

2.3.2. Fordøying av feitt

Feitt, også kalla lipid, vert ikkje brote ned i vomma, men går gjennom lipolyse og biohydrogenering (Sjaastad et al., 2016b). Figur 8 syner dei ulike stega i lipidomsettinga i vomma. Lipolysen spaltar triglyserid til glyserol og frie feittsyrer ved ulike enzym, til dømes lipase. Enzyrna produserast av mikroben og spaltinga av triglyserid går føre seg ekstracellulært. Glyserolen absorberast av mikrobane og gjerast om til VFA. Frie feittsyrer bind seg til partiklar og førast ut av vomma eller vert nytta i mikrobielle feittsyntesar (Børsting et al., 2003). Feittet syntetisert av mikrobane vil ende opp i kroppsfeittet til drøvtyggjaren eller i mjølka. Kortkjeda feittsyrer absorberast gjennom vomveggen (McDonald et al., 2011a).



Figur 8: Oversikt over fetttomsetnaden i vomma (Børsting et al., 2003)



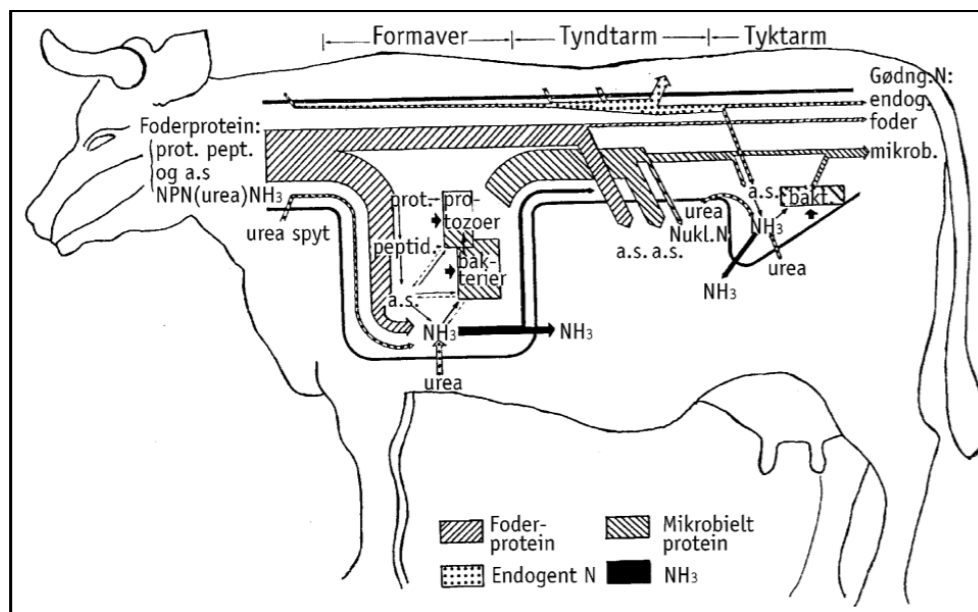
Biohydrogenering er ein reaksjon som konverterar dobbelbindingar i feittsyrene til enkeltbindingar (Jenkins, 1993). Eksempel på biohydrogenering er synt i Figur 9, der linolsyre vert biohydrogenert til stearinsyre. Prosessen er viktig for mikrobane då umetta- og fleirumetta feittsyrer er giftige i store mengder (Børsting et al., 2003; Coppock & Wilks, 1991; Doreau & Chilliard, 1997; Jenkins, 1993).

Figur 9: Biohydrogenering av linolsyre til stearinsyre (Bessa et al., 2000).

Høge mengder feittsyrer vil påverke fordøyinga av andre næringsstoff og gi redusert appetitt, lågare fermentering av karbohydrat og lågare rørsle i vomma (Børsting et al., 2003; Sjaastad et al., 2016b), samstundes har feitt høgt energiinnhald og fordelaktig for mjølkeproduksjon (Daley et al., 2020; Palmquist & Jenkins, 2017). Om lag 90% av fôrfeittet når tynntarmen i form av metta feittsyrer (Doreau & Ferlay, 1994). Feittet er ofte festa til fôrpartiklar og delar av mikrobar. Emulsjon av feittet skjer ved hjelp av galledesalt og lysolecitin. Galledesaltet gjer at feittet kan løyse seg i form av miceller (Doreau & Chilliard, 1997). Desse micellene redusera storleik etter som dei flyttar seg vidare nedover tarmen (Bauchart, 1993). Epitelcellene i tarmen absorbera monoglyserid og feittsyrer for og så binde dei saman til triglyserid (Sjaastad et al., 2016b).

2.3.3. Fordøying av protein

Drøvtyggjaren har ulike kjelder til protein: fôrprotein, mikrobielt protein (MP), endogent protein og ikkje-proteinnitrogen (NPN) (Hvelplund et al., 2003). Fordøyinga av protein i vomma gir aminosyrer og N, som er nødvendig for vekst, produksjon av mjølk og vedlikehald hjå drøvtyggjaren. Figur 10 syner proteinomsetnaden gjennom heile fordøyingskanalen. Fordøyinga av fôrprotein i vom blir utført av mikrobane og går føre seg ekstracellulært og intracellulært (Sjaastad et al., 2016b). Fôrproteinet hydrolyserast til peptid ved hjelp av enzymet protease, ekstracellulært (Bach et al., 2005; McDonald et al., 2011a). Peptida transporterast aktivt inn i mikrobene for intracellulær deaminering. Aminosyrene deaminertast til NH_3 , VFA og ATP, som mikrobane kan nytte til eigen proteinsyntese (Bach et al., 2005). Føresetnadane for effektiv produksjon av mikrobeprotein er innhaldet av protein i fôret som stillast til rådighet for mikrobiell proteinsyntese og kor mykje mikrobielt protein som kan dannast. Mikrobiell proteinsyntese er avhengig av tilgjengeleg energi frigjort av mikrobiell omsetnad av karbohydrat (Hvelplund et al., 2003).



Figur 10: Proteinomsetnaden gjennom fordøyingskanalen til ein drøvtyggjar (Hvelplund et al., 2003).

Proteinbalansen i vom (PBV) er mengda protein i vomma som er tilgjengeleg for mikrobiell vekst (Eurofins, 2021). PBV vert påverka av mengda fôrprotein i fôret og kor mykje energi som er tilgjengeleg til mikrobeproteinsyntese. Negativ PBV tyder til dømes at råproteininnhaldet i fôret er lågt eller at det er for lite energi til mikrobeproteinsyntese. Ved negativ PBV må mikrobane nytte seg av NPN for å oppretthalde proteinsyntesen (Chwalibog & Hvelplund, 2003). Urea, ammoniakk, purinar, pyrimidar og nitrat er døme på NPN. Ved

lågt proteininnhald i fôret vil NPN vere viktig for vedlikehaldet av mikrobiell vekst, fermentering og tilføringa av energi og protein til drøvtyggjaren. Vanlegvis vert 50-70% av alt mikrobielt protein danna ut frå NPN (Sjaastad et al., 2016b). Ei kjelde til NPN er resirkulering av N gjennom urea-syklusen (Figur 10) (Sjaastad et al., 2016b; Tan & Murphy, 2004). NH_3 absorberast gjennom vomveggen og vert omdanna til urea i levra. Urea resirkulerast i spytt eller diffundera inn i vomma og vert tilgjengeleg for produksjon av mikrobeprotein. Urea vert også utskild i nyrene og/eller ender opp i mjølka (McDonald et al., 2011a; Reynolds & Kristensen, 2007). Mikrobeprotein og ikkje fordøydd fôrprotein går vidare til løypen.

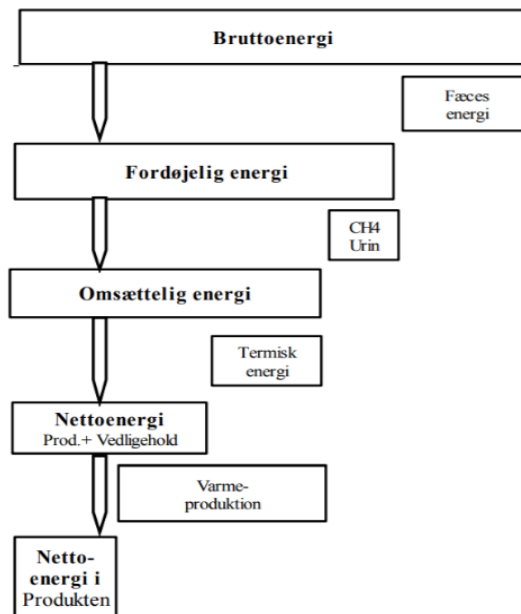
I løypen vert mikrobeproteinet, NPN og ufordøydd fôrprotein løyst opp av saltsyre (HCl) og enzymet pepsin som senker pH-en til 3. Pepsin løyser opp protein til peptid som transporterast til tynntarmen. I tynntarmen nøytraliserer bikarbonat pH-en og aminosyrer absorberast ved aktiv transport over tarmveggen (Hvelplund et al., 2003). Aminosyrer som absorberast i tynntarmen (AAT) er viktige for dyrets vedlikehald, mjølkeproteinsyntese og syntese av vevsprotein (Eurofins, 2021; van Duinkerken et al., 2005). AAT har to kjelder: ikkje fordøydd fôrprotein som passerer gjennom vomma og protein syntetisert i vomma av mikrobane. Endogent protein er til dømes tarmceller som fell av tarmveggen og absorberast lenger nede i tarmen (Sjaastad et al., 2016b).

2.4. Fôrmiddelvurdering

Formålet med fôrmiddelvurdering er å bestemme kva som er riktig fôrmengd til å dekkje dyrets behov i ein gitt situasjon, til dømes vekst, fosterproduksjon eller mjølkeproduksjon (Chwalibog & Hvelplund, 2003). Ulike land har ulik tilnærming til fôrmiddelvurdering. I Noreg vert nettoenergi laktasjon (NEL) (Van Es, 1975; Van Es, 1978) og AAT/PBV-systemet (Madsen, 1985; Madsen et al., 1995) nytta til høvesvis energi- og proteinvurdering. Systema kan nyttast frittstående eller saman slik som hjå NorFor-systemet (Volden, 2011c) (sjå avsnitt 2.4.1.).

Energivurderinga vert delt inn i bruttoenergi (BE), fordøyeleg energi (FE), omsetjeleg energi (OE) og nettoenergi (NE) (Figur 11). Tap av energi i form av avføring, metan, urin og varmeproduksjon vil førekomme mellom dei ulike stega i energiomsetnaden (Chwalibog & Hvelplund, 2003). Energivurderinga byggjer på NEL og vert gitt i MJ der ei fôreining mjølk

(FEm) tilsvara 6900 kJ NEL. Dette er same innhaldet av energi som nettoinnhaldet av 1 kg bygg (Van Es, 1978)



Figur 11: Skjematisk oversikt over energiomsetnad (Chwalibog & Hveldplund, 2003)

Aukande forståing av næringsstoff si omsetning i fordøyingsystemet til drøvtyggjarane har leia til fôrvurderingssystem som tek i omsyn den mikrobielle omsettinga i vomma og dynamikken bak denne. AAT/PBV-systemet vert nytta i Noreg, Danmark og Sverige. AAT/PBV-systemet er bygd opp etter Weende-analyse som fraksjonera fôret inn i råoske, råfeitt, råprotein, nitrogenfrie ekstraktstoff (NFE) og trevlar, der NFE og trevlar er lett- og tungtfordøyelege karbohydrat, høvesvis (Weisbjerg & Hveldplund, 2003). Systemet bereknar mengdene aminosyrer som kan absorberast i tarmen etter innhaldet av fôrprotein og NPN i fôret og mengda mikrobeprotein som dannast (Madsen, 1985). PBV bereknast gjennom differansen mellom nedbrote fôrprotein og mikrobeprotein. AAT bereknast ut i frå mikrobeprotein og ikkje nedbrote protein frå vom. AAT/PBV-systemet vert berekna etter faste faktorar gitt etter Madsen et al. (1995) og Madsen (1985). Mikrobielt protein (MP) produsert i vom er satt etter ein fast faktor ut i frå fordøydd karbohydrat (DCHO) i vom. Innhaldet av aminosyrer i mikrobeprotein er satt til 70% og fordøyingsgrada er satt til 85%. Aminosyreinnhaldet i ufordøydd fôrprotein er fastsett til 65% for surfôr og 85% for kraftfôr (Madsen et al., 1995). Slik vert det sikra at til dømes mjølkekyr får tilgang til riktig mengd aminosyrer i forhold til produksjonsnivå.

2.4.1. NorFor

Danmark, Sverige, Noreg og Island gjekk saman på byrjinga av 2000-talet for å lage eit felles system for fôrevaluering i Norden. Initiativet vart teke av bønder og rådgjevarar som fekk hjelp av samvirkeorganisasjonar i dei ulike landa (NorFor, u.å.-b). NorFor-systemet basera seg på statistikk og vitskap gjennom eit semi-mekanisk system, som forutsett næringstilføring og næringsbehov for vedlikehald, mjølkeproduksjon, vekst og drektigheit hjå kyr (Volden, 2011c). Eit system for fôrevaluering er essensielt i ein produksjon for å setje saman effektive fôrrasjonar og optimalisere dei økonomiske kostnadane (Volden & Gustafsson, 2011).

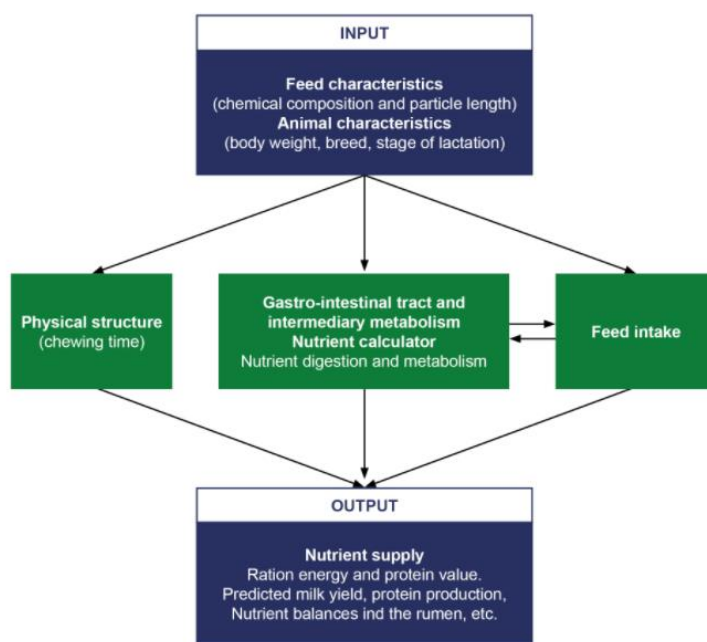
Systemet er delt inn i 5 delar og gir ei oversikt over dei ulike seksjonane som påverkar dyret innan ulike fasar av livet (Figur 12). Input føretek fôrkaraktaristikk og generell informasjon hjå dyret. Vidare tek systemet omsyn til den fysiske strukturen til fôret, fordøying av næringsstoff og metabolisme, som igjen påverkar fôrinntaket. Kombinert gir dette ein output av energi- og proteinverdi som kan nyttast til å spå mjølkeproduksjon (EKM), proteinproduksjon og balansen av næringsstoffa i vom (NorFor, u.å; Volden, 2011c).

Energiverdien i fôrmiddela hjå NorFor vert funne gjennom kjemiske analysar av til dømes TS, sCP og iNDF og fordøyingsforsøk på levande dyr, som til dømes *in sacco*.

Næringsverdiane av fôr vert karakterisert i NorFor-programmet etter kjemiske fraksjonar, nedbrytingsgrad og fordøyingsmønster i vom, tynntarm og tjukktarm (Volden, 2011a).

Simuleringar og berekningar av passasje og fordøyingsrate vert nytta til å kalkulere fordøying og fermentering i vom (Volden & Larsen, 2011). Som nemnt tidlegare nyttar NorFor både energivurdering- og proteinvurderingssystemet saman og dette gir ein samla fôrmiddelverdi.

Systemet tek då i vare samspelet mellom fôrmiddel med omsyn til rasjonssamansetnad, fôrinntak og passasjehastigheit (NorFor, u.å)



Figur 12: Fôrvurdering etter NorFor-modellen (NorFor, u.å)

2.5. Metodar for måling av fordøying

Fordøying av fôrrasjonar er direkte relatert til energitilføring og dyrets produksjon, som vert nytta til å uttrykke energimengda i fôret hjå drøvtyggarar (Lee & Hristov, 2013). Næringsstoff vil anten brytast ned og absorberast eller passere ufordøyde gjennom fordøyingsystemet. Dei absorberte næringsstoffa nyttast i kroppen, til dømes til bygging av kroppsvev eller mjølkeproduksjon (McDonald et al., 2011a). Metodar er utvikla for å måle fordøying. Total oppsamling (TC), *in sacco* og markørmetodar med eksterne og interne markørar er døme på metodar der ein nyttar levande dyr (*in vivo*) til å måle fordøyingsgrad av fôr. Andre metodar, som nyttar til dømes enzym eller gassproduksjon under forsøk i laboratoriet, vert kalla *in vitro*.

2.5.1. Total oppsamling

Total oppsamling (TC) er ei metode der fôrinntaket og avføring vert målt for å bestemme den totale fordøyingsgraden av eit fôr. I denne metoden nyttar ein ofte sauer fôra på vedlikehaldsbasis, altså at ein ikkje reknar med vekst og produksjon av mjølk eller foster. Ein antek også at fordøyinga er lik mellom sau og ku utan interaksjonar mellom komponentane i rasjonen (Nousiainen et al., 2009). Dyra vert først fôra gjennom ei tilvenningsperiode på om

lag 14 dagar. Når tilvenninga er ferdig startar oppsamlinga av urin og avføring. Alt fôrinntak og svinn, til dømes restar, vert målt i tillegg til all avføring og urin utskild. Inntak og utskiljing vert samanlikna og ein får den totale fordøyingsraden til fôret (Huhtanen et al., 1994). Metoden er nøyaktig og gir berekningar av fordøyingsgraden nærast sanninga, men den er arbeidskrevjande. Kostnadane er høge og avgrensar mengda dyr ein kan nytte. Fasilitetar bør vere spesialbygde og avgrensar tilgjengelegheita av forskningsmetoda (Morris et al., 2018).

2.5.2. *In vitro*

Ulike metodar for fordøyingsforsøk *in vitro* nyttast til berekning av fordøyingsgrada til fôrprøver. *In vitro* tyder i glas og kjenneteiknar forsøk ein kan gjere i ein lab med til dømes prøveglas. Døme på *in vitro* forsøk er inkubasjon i vomvæske, gassproduksjon eller å bruke enzym. Tilley og Terry (1963) utvikla ei metode der vomvæske vert nytta. Prinsippet er å omsetje fôrprøva mikrobielt under anaerobe forhold i 48 timar i ein buffer tilsett vomvæske, deretter fordøyast mikrobeprotein og eventuelle restar av fôrprotein i 48 timar i pepsin-saltsyre, og etter dette kan ein uopløyselig rest bestemmast. Denne metoden har vist å syne gode resultat i forhold til *in vivo* og vert nytta til å bestemme fordøyingsgrada av til dømes gras (Weisbjerg & Hveldplund, 2003).

Menke et al. (1979) utvikla ei metode som byggjer på Tilley og Terry (1963) metoden: *in vitro* gassproduksjon. Prinsippet er å måle gassen som vert danna under fordøying av fôrprøva i staden for ein uløyselig rest. Metoden går ut på at fôrprøva innkuberast i vomvæske i ein sylindar der trykk frå gassproduksjon bygg seg opp. Korke på toppen av sylindaren vert pressa opp grunna trykket og syner proporsjonalt fordøyingsgrada av prøva (Weisbjerg & Hveldplund, 2003). Begge metodane ovanfor er avhengige av vomkanulerte kyr og avgrensar gjennomføringa. Eit alternativ kan då vere å nytte enzym til å måle fordøyingsgraden.

I Danmark vart ein forskningsmetode med enzym utvikla og den vert nytta til å bestemme energiinnhald i til dømes kraftfôr. Metoden går føre seg ved innkubering av fôrprøva i pepsin-saltsyre i 24 timar ved 40°C i eit vassbad. Denne blandinga vert så innkubert i 45 min på 80°C. Prøva vert så vaska og innkubert i ei cellulaseblanding i 24 timar ved 40°C, for å så innkuberast ved 60°C i 19 timar. Til slutt vaskast prøva med varmt vatn og aceton, den tørkast, vegast, brennast til oske og vegast igjen. Denne metoden vert nytta til å finne

fordøyingsgrada av til dømes OM hjå halm, surfôr av gras, korn og mais (Weisbjerg & Hveldplund, 2003).

2.5.3. *In sacco*

Metoden vert nytta til bestemming av fordøyingsgrada av ulike næringsstoff i vomma (Åkerlind et al., 2011). Denne metoden har vore utprøvd sida 30-talet (Quin et al., 1938), men vart tatt i bruk i større grad i fordøyingsforsøk på slutten av 70-talet (Ørskov & McDonald, 1979). Innkubering av fôrprøver over ulike tidsperiodar gir eit mål på fordøying av næringsstoff over ei viss tid. I følgje NorFor-standarden kan metoden nyttast til å finne potensielt fordøyeleg protein og stivelse i tillegg til NDF og iNDF. Ulike næringsstoff har ulike rutinar for inkubasjonstid (Åkerlind et al., 2011). Ved estimering av fordøyingsgrad vert det antekke at material som forlèt posen ved 0 timar vil vere løyseleg, og dermed, fordøyeleg (Beever & Cottrill, 1994).

Det er ikkje satt grense på kor mange posar ein kan innkubere i vomma, og i følgje Adams et al. (2020) vil ikkje talet på posar påverke resultatet, så lenge optimalt miljø i vomma oppretthaldast og fôr- og vassinntaket ikkje vert påverka. Vomkanulerte dyr er ei nødvendigeheit, noko som kan påverke tilgjengelegheita av forsøksmetoda (Mohamed & Chaudhry, 2008). Forsøksdyra er kyr utanfor laktasjon fôra med vedlikehaldsfôr beståande av høy, halm og kraftfôr. Tilvenningsperioda for fôret er minst 14 dagar før forsøksstart. Ved undersøking av protein og stivelse må 3 kyr nyttast. Når NDF skal undersøkast er det tilstrekkeleg med 2 kyr (Åkerlind et al., 2011).

Fôrprøvane og/eller avføringsprøvane som skal innkuberast må gå gjennom same behandling og frysetørking er å føretrekke, men tørking gjennom varmluft på 45°C eller 60°C for NDF er også godkjent. Prøvene malast på 1,5 mm såld i ei mølle. Posane skal vere identiske med 10 mg prøve/cm², og det er anbefalt å ha 2 gram prøve per pose. Forholdet mellom lengd og breidd bør vere 1:1:3 og for ei prøve på 2 gram vil dette tilsvara 11.4*8.8 cm. Porestorleiken for protein og stivelse bør vere om lag 38µm og mellom 10-15µm for iNDF (Åkerlind et al., 2011).

Råprotein (CP) har ei inkubasjonstid på 0, 2, 4, 8, 16, 24 og 48 timar, og stivelse har inkubasjonstid på 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 og 72 timar. NDF er tungtfordøyeleg og har 2, 4, 8, 16, 24, 48 og 96 timar inkubasjonstid. Inkubasjonstida for bestemming av iNDF er på 288 timar.

Ved inkubasjon bør posane som skal ligge i 2,4 og 8 timar leggjast inn 15-30 minutt før første fôring om morgonen (Åkerlind et al., 2011).

Etter inkubasjon skyljast posane reine for vominnhald utanfor posen. Deretter vaskar ein posane i ei vaskemaskin i kaldt vatn på eit skånsamt program utan sentrifugering. Posane tørkast i 48 timar på 45°C før ekvilibrerung i minimum 24 timar og deretter følgjer utveging. Etter utveginga vert fordøyingsgraden av fôrkomponentane stivelse, CP og NDF berekna etter Berekning 1 (Åkerlind et al., 2011):

Berekning 1

$$Komponent\ ford_t = \frac{(Komponent - Komponent_t)}{Komponent}$$

Der komponent $ford_t$ er komponent fordøydd over tid, komponent_t er gjenværande komponent etter innkuberingstida og komponent er innhaldet av komponenten i posen ved innkubering. Innhaldet av iNDF vert berekna med Berekning 5 etter Åkerlind et al. (2011) (sjå kapittel 3.5)

2.5.3.1. Ulemper ved *in sacco*

In sacco-metoden har ulemper som gjer den upåliteleg og standardisering av metoden for å unngå for store ulikheiter i resultatata er viktig (Åkerlind et al., 2011). Metoden har 4 hovudulemper. Ved innlegging av posane i vomma vil det ta tid før mikrobane kjem gjennom porane i posen og startar fordøyinga av fôrpartiklane. Dette har størst konsekvensar for posar som berre skal innkuberast i 2 timar og gir eit undermål av fordøyinga. Den andre ulempa ein kan oppleve er partikkeltap frå posen, altså at posen ikkje er heilt tett, eller har for store poreopningar. Dette gir ein overstiga berekning av fôrets fordøyingsgrad. Den tredje ulempa er mikrobar som ikkje vert skylt ut av posane, dette gir mikrobiell forureining under analyser av prøvane, som igjen leier til underestimering av fordøyingsgraden. Siste ulempe er at prøvane i posane ikkje vert drøvtygga slik som resten av fôret i vomma, men oppmaling av prøver på førehand kan kompensere for dette (Beever & Cottrill, 1994; Madsen et al., 1995; Åkerlind et al., 2011).

2.5.4. Bruk av markørar

Mindre arbeidsame metodar for å måle fordøying kan gjennomførast ved å nytte markørar. Energitalet gjennom avføringa er særst stor og markørar kan syne nett kor stort det er

(Huhtanen et al., 1994). Markørar kan også gi relevante målingar av passasjen frå vomma til tynntarmen (Kozloski et al., 2014). Markørane vert nytta til å merke fôrkomponentar for å måle deira passasje ut av vomma eller gjennom heile fordøyingsystemet. Det finnast ingen ideelle markørar (Sales & Janssens, 2003) og markøren må tilfredsstillе krav for å kunne nyttast i fordøyingsforsøk. Markøren bør vere enkel å nytte. Dyret skal ikkje påverkast av markøren, då dette går utover forsøksresultata. Det viktigaste kriteriet til ein markør er at den ikkje skal absorberast i fordøyingsystemet (De Silva, 1985; Åkerlind et al., 2011).

2.5.4.1. Eksterne markørar

Eksterne markørar må tilsetjast i fôret, eller direkte i vomvæska og ofte vert to markørar nytta samstundes, ein til å følgje væskefasa og ein til å følgje partikkelfasa gjennom fordøyingsystemet (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006). Mengda markør tilsett i fôret og utskilt i avføring målast og nyttast til å berekne fordøyingsgraden av fôret. Sjeldne jordelement som til dømes krom (Cr), kobolt (Co) og ytterbium (Yb) blir nytta for å finne fordøyingsraten til fôr. Cr og Yb vert til dømes nytta til å merke NDF fraksjonen i fôret (Rohem et al., 2020), medan Co vert nytta til å merke væskefraksjonen (Huhtanen et al., 1994). Markørar som merkar ein fôrkomponent kan påverke passasjen av andre fôrkomponentar. I tillegg kan markøren auke vekta av fôrkomponenten den bind seg til slik at passasjehastigheita av den vert påverka. Under merking kan det oppstå ei skeiv fordeling av markør hjå ulike partikkelstorleikar eller at markøren bind seg til væskefasen eller ein annan komponent. Trass i dette er eksterne markørar nyttige til å finne passasjen av fôrmiddel på ein meir tidsriktig og mindre arbeidskrevjande måte. I tillegg kan ein nytte intakte dyr, utan vomkanyle (Weisbjerg et al., 2003).

2.5.4.2. Interne markørar

Interne markørar er ein del av fôret. Desse må altså ikkje tilsetjast, men mengda må analyserast i fôr og avføring (Lee & Hristov, 2013; Morris et al., 2018). Interne markørar følgjer partikkelfasen og bind seg både til store og små fiberpartiklar (Morris et al., 2018). iNDF er ein intern markør og i følgje Huhtanen et al. (1994) vil denne markøren følgje partikkelfasen betre enn eksterne markørar. iNDF er ein ufordøyeleg komponent av NDF som samlar seg opp i avføringa og kan analyserast (Lippke et al., 1986). iNDF er ein tidkrevjande markør å nytte seg av då den krev 288 timars inkubasjonstid i vomma og vomkanulerte kyr.

Det er ulikheita på innhaldet av iNDF i fôr og avføring ein nyttar for å finne fordøyingsgraden til fôret (Morris et al., 2018).

AIA er ein anna intern markør og vil vere enklare å nytte seg av då den basera på seg kjemiske analyser i staden for *in sacco*. Den nyttast som eit alternativ til TC då den ikkje krev så mykje handtering av dyret, og ein kan nytte stikkprøver av avføring (Sales & Janssens, 2003). AIA er ein markør beståande av ufordøyelege mineral, for det meste silika. Silika vart nytta som markør allereie i 1874 (Rymer, 2000). I følgje Lee og Hristov (2013) vil AIA underestimere innhaldet TS i avføring i forhold til TC, medan Morris et al. (2018) fann at AIA estimerte høgare innhald av TS i avføring i forhold til TC. Fôr forureina av grus kan påverke resultatata og leie til høgare innhald av AIA i avføringa. AIA syner å ha lågare effekt som markør dersom dietten inneheld mykje korn. Dette forklarast av lågt innhald av AIA i kornet og difor vil AIA truleg passe best som markør hjå surfôrbaserte rasjonar (Lee & Hristov, 2013)

I dette forsøket vart dei interne markørane nemnde ovanfor nytta for å finne fordøyingsgraden til to fôrkvalitetar. Markørane iNDF og AIA vart nytta for å sjå om det er ulikheiter mellom berekningane. iNDF og AIA vert ikkje samanlikna med ei TC-forsøk og resultatata må samanliknast med andre forsøk der interne markørar og TC er undersøkt. Då fôra har to ulike kvalitetar er det forventa ulike fordøyingsgradar og moglegvis samsvar mellom markørane AIA og iNDF.

3. Material og metode

Oppgåva er ein del av eit forsøk med mjølkeku som gjekk føre seg i Senteret for Husdyrforsøk (SHF) ved Noregs Miljø- og Biovitenskaplege Universitet (NMBU) i perioden frå 16 mars til 25 april 2020. For å fastsette innhaldet av iNDF i fôr og gjødsel vart det i tillegg gjennomført *in sacco* forsøk i perioden frå 21 januar til 26 februar 2021.

3.1. Forsøksopplegg

Kyrne i mjølkekeuforsøket gjekk i eit lausdriftsfjøs og vart mjølka i ein DeLaval mjølkerobot. Forsøket gjekk føre seg over 44 dagar. Dei fyrste 14 var ei tilvenningsperiode der alle kyrne fekk same grovfôr. Dei tre siste av desse dagane var nytta til registreringar og prøvetaking for første kovariat. Deretter følgde ei ny 14 dagars periode der kyrne vart tilvent to ulike grovfôrkvalitetar. Dei tre siste av desse dagane vart nytta til registrering og prøvetaking for eit andre kovariat. Forsøket vart avslutta med ei periode på 16 dagar der kyr innan grovfôr kvalitet vart delt på 3 kraftfôrnivå (av same kraftfôr). Mine registreringar er frå dei tre siste dagane i denne perioden då det vart teke avføringsprøver for berekning av fordøyingsgrad.

Til saman vart 60 kyr nytta. Av desse var 24 kyr i første laktasjon, 18 kyr i andre laktasjon og resten eldre kyr. Ved forsøkstart 26. mars var kyrne i gjennomsnitt 28 dagar ut i laktasjonen og hadde ei yting på 30kg (± 7.7 kg) energikorrigert mjølk (EKM). Etter den første kovariatperioda vart dei tilfeldig fordelt på høg kvalitet (HQ) og låg kvalitet (LQ) surfôr ut frå laktasjonsnummer, dagar i mjølk (DIM) og yting. Dei 30 kyra innan surfôr kvalitet vart igjen etter 14 dagar delt inn i tre grupper med 10 kyr etter dei same kriteria og ga gruppene: Høg Kvalitet - Høg Kraftfôr (HQHC), Høg Kvalitet-Optimal Kraftfôr (HQMC), Høg Kvalitet-Låg Kraftfôr (HQLC), Låg Kvalitet-Høg Kraftfôr (LQHC), Låg kvalitet-Optimal kraftfôr (LQMC) og Låg Kvalitet-Låg Kraftfôr (LQLC) der høg kraftfôr var +2 kg og låg kraftfôr -2 kg samanlikna med optimal kraftfôr (Tabell 2).

Tabell 2: Ulike rasjonssamansetningar i forsøk hjå mjølkekeuforsøket.

Forkorting	Betydning	Ulikheit
HQHC	Høg surfôr kvalitet, Høgt kraftfôrnivå	+2 kg Kraftfôr
HQMC	Høg surfôr kvalitet, Optimalisert kraftfôrnivå	Optimalisert
HQLC	Høg surfôr kvalitet, Lågt kraftfôrnivå	-2 kg Kraftfôr
LQHC	Låg surfôr kvalitet, Høgt kraftfôrnivå	+2 kg Kraftfôr
LQMC	Låg surfôr kvalitet, Optimalisert kraftfôrnivå	Optimalisert
LQLC	Låg surfôr kvalitet, Lågt kraftfôrnivå	-2 kg Kraftfôr

Mjølkekeuforsøket nytta surfôr og kraftfôr i ulike mengder etter kva gruppe kyrne var delt inn i. Mengdene nytta var for kvar ku optimert på rasjonsbasis med hjelp frå NorFor slik at gjennomsnittleg avdrått skulle bli lik for dei to kvalitetane surfôr. Berekna opptak av surfôr var høgast for mengda HQ medan berekna mengd kraftfôr var høgast for LQ rasjonane.

3.2. Prøvetaking

I løpet av forsøksperioden vart det samla inn surfôrprøver av begge surfôr kvalitetane og av kraftfôr. Desse prøvene vart tørka og analysert for TS, stivelse, råprotein, råfeitt, oskekorrigert NDF og oske. Oversikt over kjemisk innhald i fôr kvalitetane nytta i forsøket er synt i Tabell 3.

Tabell 3: Kjemisk innhald i fôret (g/kg TS med mindre anna er presisert) nytta i mjølkekeuforsøket og *in sacco* forsøket. Delt etter kvalitet (HQ og LQ) og kraftfôr.

	Høg kvalitet (HQ)	Låg kvalitet (LQ)	Kraftfôr
Tørrstoff (g/kg)	279.2 ± 5.0	265.5 ± 1.5	878.3 ± 1.4
Stivelse	22.6 ± 0.7	12.5 ± 1.7	359.6 ± 1.1
Råprotein	196.3 ± 2.6	131.9 ± 2.8	185.6 ± 0.6
Råfeitt	33.1 ± 2.4	26.5 ± 0.8	34.1 ± 1.5
NDF ¹	470.1 ± 9.2	590.2 ± 5.8	178.5 ± 0.6
Oske	84.2 ± 0.5	79.5 ± 5.8	72.8 ± 0.6
OM ²	915.8 ± 0.5	920.5 ± 2.9	927.2 ± 1.6
Rest ³	445.7 ± 9.7	330.4 ± 5.4	748.7 ± 2.2

¹Oskekorrigert NDF, ²Organisk Stoff = 1000 – Oske, ³Rest = 1000 – Oske – NDF

Avføringsprøvene vart tekne dei tre siste dagane i forsøket, 23-25. april 2020. Dei vart tekne i form av stikkprøver på om lag 400 gram frå kvar ku kvar dag. Av desse tre dagane var ein representativ prøve på 150 gram tatt ut og blada til ei samleprøve for kvar ku. Prøva vart så frysetørka og analysert for TS, oske, AIA, NDF (Tabell 4).

Tabell 4: Gjennomsnittleg kjemisk innhald i stikkprøvene av avføring (g/kg TS med mindre anna er presisert).

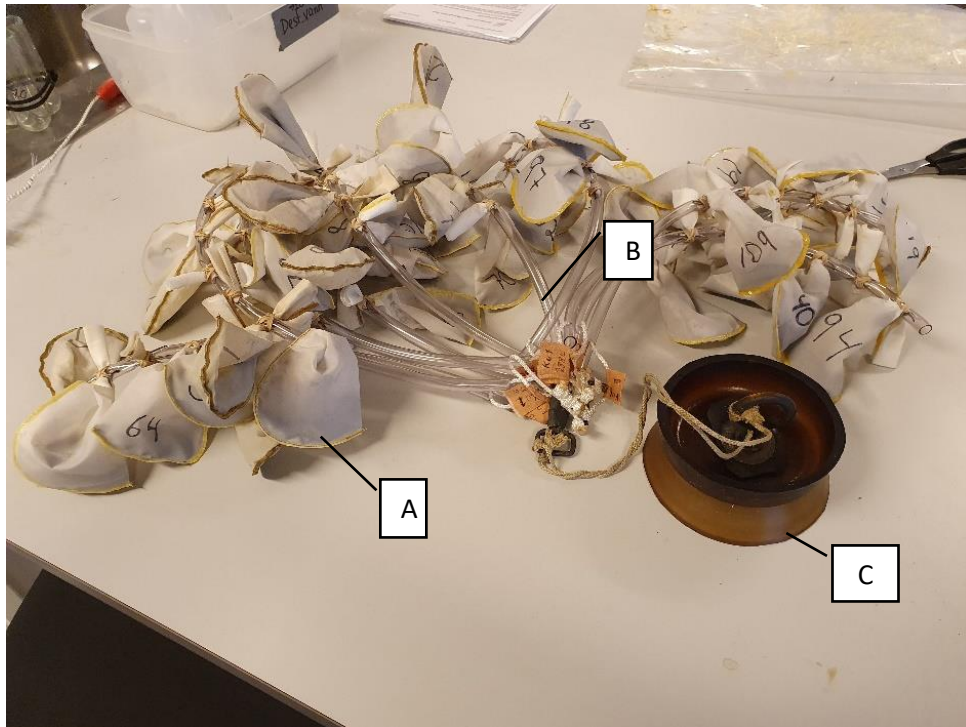
	Høg kvalitet (HQ)	Låg kvalitet (LQ)
Tørrstoff (g/kg)	124.1 ± 11.3	129.8 ± 10.7
OM ¹	885.1 ± 8.3	895.1 ± 7.1
NDF ²	446.0 ± 25.5	538.7 ± 32.8
Oske	115.0 ± 8.3	104.9 ± 7.1
Rest ³	439.1 ± 22.3	356.5 ± 27.5

¹Organisk Stoff = 1000 – Oske, ²Oskekorrigert NDF, ³Rest =1000 – Oske – NDF

3.3. Bestemming av iNDF gjennom *in sacco*

I *in sacco* forsøket vart ulike fôrprøver slått saman til HQ, LQ og kraftfôr. Prøvene av surfôr og kraftfôr vart saman med avføringsprøvene i perioden januar til mars 2021 analysert for iNDF med *in sacco* etter anbefalingane i Åkerlind et al. (2011). Det vart nytta 2 ikkje lakterande vomkanulerte kyr i 3 innkuberingsrundar i 288 timar kvar. For kvar ku var talet posar kvar runde 60, 60 og 28, til saman 294 posar. Fôret til kyrne under bestemminga av iNDF var ein standardrasjon samansett av 2,0 kg halm, 3,2 kg høy og 2,5 kg Drøv Energirik høg (kraftfôr).

Prøvene med avføring, surfôrprøvene og kraftfôr vart malt på 1,5mm såld i ei kuttemølle av typen SM 200. Etter kutting vart 2 gram av kvar prøve vege inn i *in sacco* posane. Posane var laga av stoffet Saatifil PES 12/6 med 12µm poreopning og måla er om lag 11,4*8,8cm. Posane vert festa med strikk på gummislangar. Kvar ferdig pakka pose inneheldt om lag 10mg prøve per cm². Bilete 1 syner nokon in-sacco posar som vart innkubert i ei ku.



Bilete 1: *In sacco* posar med tørka avføringsprøver klare for inkubasjon i vomma i 288 timar. A: *In sacco* posen med prøve inni, B: slangen som posane er festa i til kanyleproppa, C: kanyleproppa med tau festa i slangane.

Etter 288 timer innkubering vart posane tekne ut og skylt i kaldt rennande vatn. Deretter vart dei vaska i ei vanleg hushaldningsvaskemaskin på ullprogram utan sentrifugering. Etter vasking vart posane tekne av slangen og sett inn i eit tørkeskap som held 45°C. Her tørka dei i 48 timar før dei vart tekne ut og ekvilibrert i om lag 24 timar. Etter tørking vart posane vegne ut og vekta vart skreve ned i eit Excel-ark for å berekne mengda fordøydd materiale, som vidare vart nytta til å berekne iNDF etter analyse av NDF i fôr- og avføringsprøvane før og etter innkubering.

3.4. Analysemetodar

Fôr, avføring og *in sacco* restar vart analyserte hjå LabTek ved Instituttet for husdyr- og akvavitskap (IHA) ved NMBU.

Tørrestoffinnhaldet for kraftfôr og surfôr vart bestemt gjennom tørking av prøvane på 60°C i 48 timar til vekta var konstant (Åkerlind et al., 2011). Hjå avføringsprøvane vart tørrestoffinnhaldet bestemt gjennom frysetørking på -60°C til vekta var konstant. Tørrestoffet vart analysert med metoden Msp1044 etter Berg (2011c). Oskeinnhaldet hjå fôr og avføring vart stadfesta gjennom analysemetoden Msp1038 etter ISO5984 metoden (ISO, 2002), modifisert av Berg (2011a) med brenning av materiale på 550°C frå 4-20 timar i ein

foroskingsomn (Nabertherm, Tyskland). Oskekorrigert NDF vart analysert etter analysemetoden Msp1042 Berg (2013) med ein Ankom²⁰⁰ Fiber analyser (Ankom technology, Macedon NY, USA) med bruk av varместabil amylase (Mertens et al., 2002) og er angjeve som aNDFom. Råfeitt vart analysert gjennom Accelerated Solvent Extraction med ein ASE[®] 350 Accelerated Solvent Extractor (Dionex, USA) gjennom metoden Msp1045 etter Tingstad (2010). Kjeldahl-N vart analysert i fôret gjennom metoden Msp1040 etter Berg (2011b). Innhald av nitrogen vart målt gjennom med ein Kjeltex TM-8400 (Foss, Danmark), og proteininnhaldet i fôr berekna som Kjeldahl-N*6.25 etter Åkerlind et al. (2011). Stivelse vart stadfesta gjennom analysemetoden Msp1159 etter Svihus (2010) med ein RX Daytona+ (Randox Laboratories Ltd, United Kingdom). Syreuløyseleg oske (AIA) i fôr og avføring vart stadfesta gjennom analysemetoden Msp1034 etter Vankeulen og Young (1977), modifisert av Johnsen (2019).

3.5. Kalkuleringar

Tørrstoff (TS) vart berekna etter Berekning 2 (Åkerlind et al., 2011):

Berekning 2

$$TS(g/kg) = \frac{Tørr_vekt (g)}{Fersk_vekt (g)} * 1000$$

Der: TS (g/kg) er TS- innhaldet bestemt i varm prøve direkte frå omnen, Tørr_vekt (g) er vekta av varm prøve tatt ut av tørkeomnen og Fersk_vekt (g) er vekta av prøva før den vert lagt inn i omnen.

Organisk stoff (OM) i fôr og avføring vart berekna etter Berekning 3.

Berekning 3

$$OM\left(\frac{g}{kg TS}\right) = 1000 - Oske\left(\frac{g}{kg TS}\right)$$

Der OM (g/kg TS) er innhaldet av organisk stoff i fôr og avføring, 1000 er innhaldet av gram TS og Oske (g/kg TS) er innhaldet av Oske (g/kg TS) i fôr.

Restfraksjonen (g/kg TS) i fôret og avføringa vart berekna etter Berekning 4. Der 1000 er innhaldet av gram TS, Oske (g/kg TS) og NDF (g/kg TS) er innhaldet av oske og NDF i fôr:

Berekning 4

$$\text{Rest} \left(\frac{g}{kg \text{ TS}} \right) = 1000 - \text{Oske} \left(\frac{g}{kg \text{ TS}} \right) - \text{NDF} \left(\frac{g}{kg \text{ TS}} \right)$$

iNDF vart berekna gjennom analysar av NDF i fôr og avføring og *in sacco* forsøk. iNDF-delen av NDF vart rekna ut slik etter Åkerlind et al. (2011) som vist i Berekning 5:

Berekning 5

$$iNDF = \left(\frac{mg \text{ NDF}_{288}}{mg \text{ NDF}} \right) * 1000$$

Der:

$$mg \text{ NDF}_{288} = mg \text{ netto prøve inn} * mg \text{ NDF i prøve inn}$$

$$mg \text{ NDF} = mg \text{ netto prøve ut} * mg \text{ NDF i prøve ut}$$

AIA vart berekna gjennom analysar av fôr og avføring etter Berekning 6 (Vankeulen & Young, 1977).

Berekning 6

$$\text{Komponent ford}_{\text{markør}} = \frac{\text{markør i avføring} - \text{markør i fôr}}{\text{markør i avføring}} * 100$$

Der AIA konsentrasjonen er gitt i g/kg TS og Komponent ford_{markør} vert oppgitt i prosent (%)

Inntak av næringsstoff vart berekna gjennom fôranalysar og gjennomsnittleg inntak av surfôr og kraftfôr etter Berekning 7:

Berekning 7

Næringsstoff inn (g)

$$= \text{TS Kraftfôr}_{\text{inn}} (\text{kg}) * \text{innhald næringsstoff kraftfôr} \left(\frac{g}{kg \text{ TS}} \right)$$

$$+ \text{TS Surfôr}_{\text{inn}} (\text{kg}) * \text{innhald næringsstoff surfôr} \left(\frac{g}{kg \text{ TS}} \right)$$

3.6. Statistikk

Statistiske analysar vart gjort gjennom programvara SAS 9.4 (SAS-Institute, 2012). Analysen var gjort med Proc MIXED etter modellen synt nedanfor.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

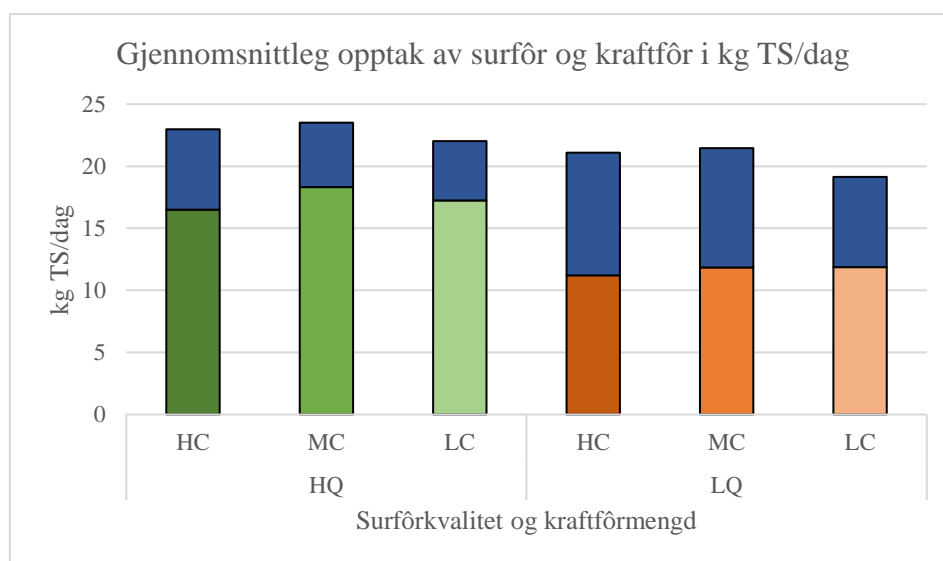
Der Y_{ij} = respons variabelen, μ = generelt gjennomsnitt, A_i = effekt av surførkvalitet ($i = 1, 2$), B_j = effekt av kraftførmengd ($j=1, 2, 3$), $(AB)_{ij}$ = interaksjonen mellom surførkvalitet og kraftførmengd og ε_{ij} = rest error. Resultata vert presentert som Least Square Mean (LSmeans) og LSmeans vart vurderte som ulike ved $P < 0.05$. Standardfeil av LSmeans (SEM) vert nytta. Det vart ikkje berekna kontrastar i denne analysen. I alt inngjekk 53 av 60 kyr ($n=53$) i analysen.

4. Resultat

Dataa er henta frå dag 49-58 og 53 kyr er med i berekningane (n=53).

4.1. Fôropptak

Gjennomsnittleg dagleg opptak av tørrstoff for dei ulike fôr kvalitetane og dei tre kraftfôrnivåa er synt i Figur 13. Gjennomsnittleg opptak av TS var 22.7 kg TS/dag for HQ og 20.6 kg TS/dag. For begge fôr kvalitetane var TS-opptak høgast hjå MC-rasjonane, deretter er det HC-rasjonane som har middels TS-opptak og LC-rasjonane som har lågast TS-opptak. HQHC, HQMC og HQLC rasjonane hadde eit gjennomsnittleg TS-opptak per dag på 23.0 kg TS/dag, 23.5 kg TS/dag og 22.0 kg TS/dag høvesvis. LQHC, LQMC og LQLC rasjonane hadde lågare gjennomsnittleg TS-opptak per dag med 21.1 kg TS/dag, 21.5 kg TS/dag og 19.1 kg TS/dag høvesvis. Kraftfôrmengdene varierte med dei ulike rasjonane og gjennomsnittleg kraftfôropptak i kg TS/dag var 5.6 kg TS/dag for HQ og 9.1 kg TS/dag for LQ.



Figur 13: Gjennomsnittleg dagleg opptak av tørrstoff (TS) for dei ulike surfôr kvalitetane «høg kvalitet» (HQ) og «låg kvalitet» (LQ) kombinert med dei tre kraftfôrmengdene HC (+2kg), MC (optimalisert) og LC (-2kg).

Gjennomsnittleg innhald av markør i surfôr kvalitetane HQ og LQ og kraftfôret er synt i Tabell 5. Gjennomsnittleg innhald av AIA i HQ og LQ var 6.8 g/kg TS og 14.9 g/kg TS høvesvis og gjennomsnittleg innhald av iNDF i HQ og LQ var 64.1 g/kg TS og 147.6 g/kg TS høvesvis. Kraftfôret inneheldt 40.9 g/kg TS iNDF og 4.2 g/kg TS AIA gjennomsnittleg. Innhaldet av markørane i avføringa hjå HQ-rasjonane var 196.6 g/kg TS iNDF og 26.9 g/kg

TS AIA gjennomsnittleg. LQ rasjonane hadde eit gjennomsnittleg innhald av iNDF og AIA på 274.0 g/kg TS og 26.4 g/kg TS høvesvis.

Tabell 5: Gjennomsnittleg innhald av markør (g/kg TS) i surfôrkvalitetane høg kvalitet (HQ) og låg kvalitet (LQ), i kraftfôret og avføringa.

	HQ	LQ	Kraftfôr g/kg TS	Avføring g/kg TS	
	g/kg TS	g/kg TS		HQ	LQ
Innhald markør					
iNDF	64.4 ± 1.3	147.6 ± 0.9	40.9 ± 0.1	196.6 ± 25.6	274.0 ± 32.7
AIA	6.8 ± 0.9	14.9 ± 1.7	4.2 ± 0.1	26.9 ± 6.2	26.4 ± 3.7

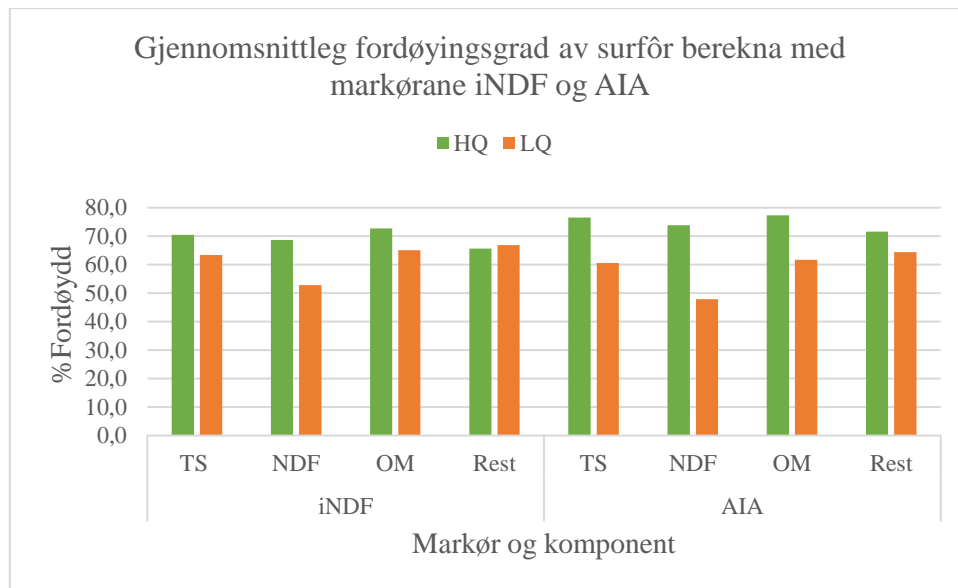
4.2. Fordøyingsgrad med iNDF og AIA som markør

Fordøyingsgraden av dei ulike fôrkomponentane TS, NDF, OM og rest vart berekna med iNDF og AIA som markør og er synt i Tabell 6. Signifikante skilnadar ($p < 0.05$) vart funne mellom surfôrkvalitetane HQ og LQ hjå alle fôrkomponentane, med unntak av rest ($P = 0.573$) målt med iNDF. Kraftfôret syner ingen signifikante ulikheiter mellom HC, MC og LC. Samsvaret mellom surfôr og kraftfôr har ingen signifikant ulikheiter. Figur 14 syner ei oversikt over gjennomsnittlege fordøyingsgradar til TS, NDF, OM og rest berekna med iNDF og AIA (verdiane er henta frå Tabell 6).

Tabell 6: Fordøyingsgrad (%) av fôrkomponentane tørrstoff (TS), organisk stoff (OM), NDF og rest i surfôr med høg (HQ) og låg (LQ) kvalitet og i kraftfôrmengdene høg (HC), optimalisert (MC) og låg (LC).

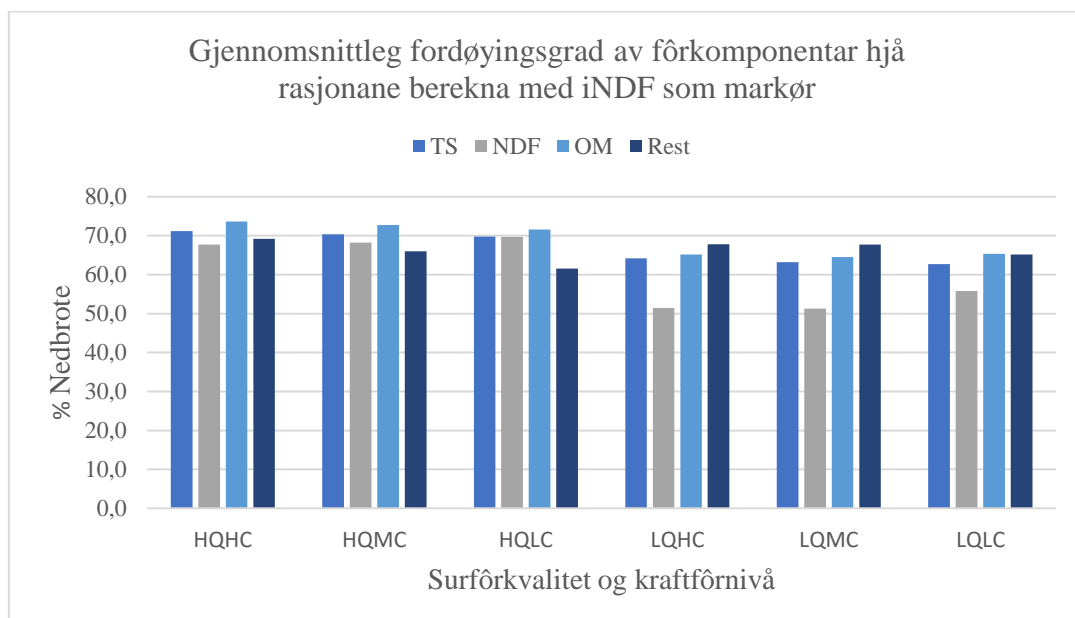
	Surfôr (S)		Kraftfôr (K)			SEM ¹	P-verdi ²		
	HQ	LQ	HC	MC	LC		S	K	S*K
<u>iNDF som markør</u>									
TS	70.4	63.3	67.7	66.8	66.2	0.77	0.001	0.553	0.996
OM	72.7	65.0	69.5	68.7	68.5	1.16	0.001	0.853	0.825
NDF	68.6	52.9	59.7	68.0	62.7	1.46	0.001	0.429	0.828
Rest	65.6	67.0	68.6	66.9	63.4	1.58	0.573	0.164	0.627
<u>AIA som markør</u>									
TS	76.5	60.6	68.7	68.2	68.7	0.81	0.001	0.883	0.384
OM	77.4	61.7	69.8	69.2	69.7	0.82	0.001	0.895	0.369
NDF	73.9	47.9	59.3	60.0	63.4	1.48	0.001	0.230	0.786
Rest	71.6	64.4	69.8	68.2	66.0	0.92	0.001	0.062	0.467

¹ Standard error LSmeans (SEM) for surfôr, og P-verdi for surfôr, kraftfôr og sambandet mellom surfôr og kraftfôr (S*K) (n=53 tal observasjonar), ² signifikansnivå $P < 0.05$

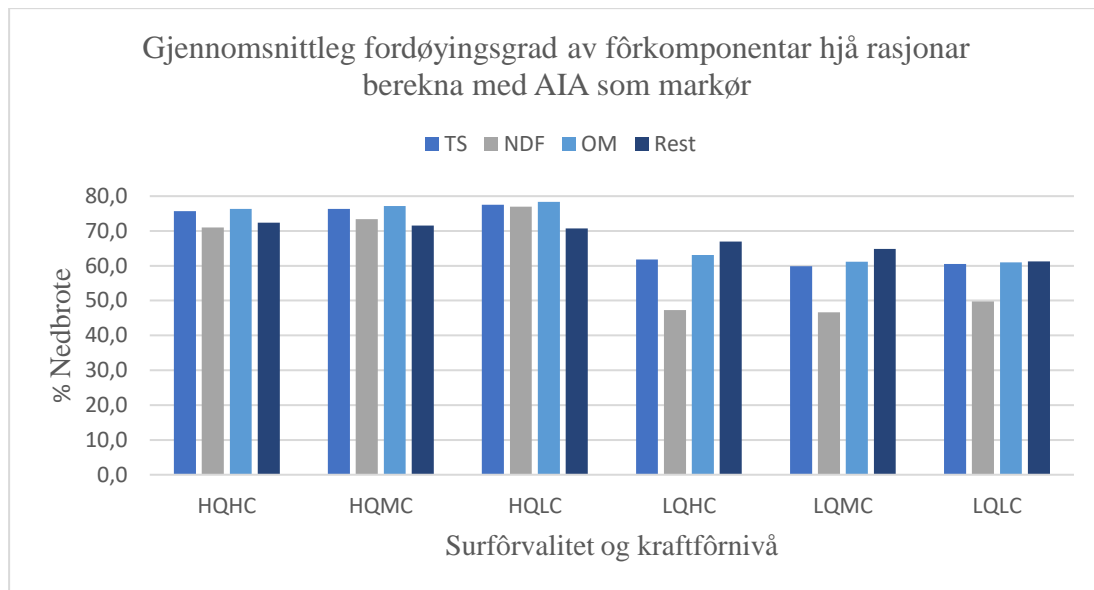


Figur 14: Gjennomsnittleg fordøyingsgrad av dei to surfôr kvalitetane høg kvalitet (HQ) og låg kvalitet (LQ) berekna med iNDF og AIA som markørar

Oversikt over gjennomsnittleg fordøyingsgrad av fôrrasjonane er synt i Figur 15 og Figur 16 med høvesvis iNDF og AIA som markør. Fôrkomponentane hadde ulike fordøyingsgradar innanfor fôrrasjonane. Aukande fordøyingsgrad hjå TS, OM og NDF vart observert ved reduksjon av kraftfôr i rasjonen. Fordøyingsgraden av rest vart redusert ved reduksjon av kraftfôr i rasjonen. Dette mønsteret vart observert hjå både iNDF og AIA.

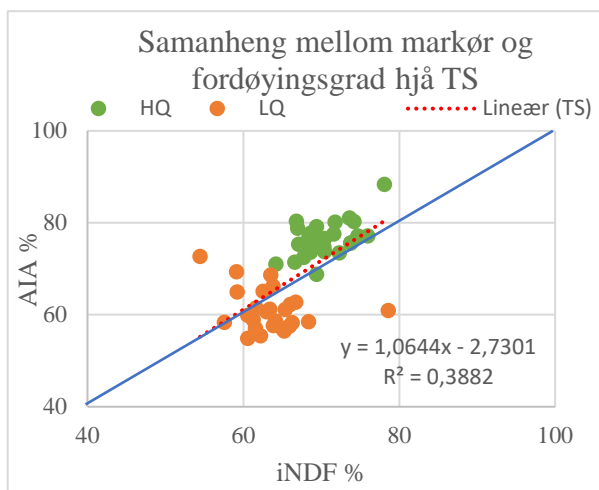


Figur 15: Gjennomsnittleg fordøyingsgrad av fôrkomponentane i fôrrasjonane berekna gjennom markøren iNDF

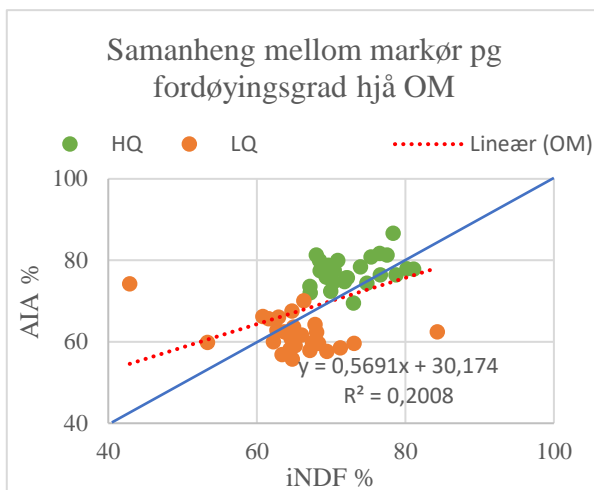


Figur 16: Gjennomsnittleg fordøyingsgrad av fôrkomponentane i fôrasjonane berekna gjennom markøren AIA.

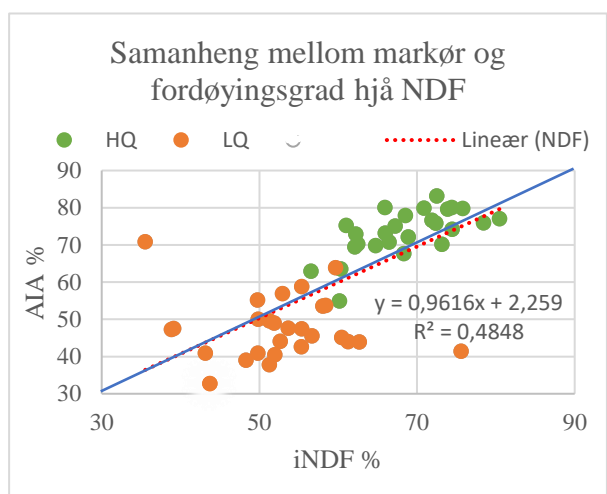
AIA og iNDF som markørar vart samanlikna hjå fôrkomponentane TS (Figur 17), OM (Figur 18), NDF (Figur 19) og rest (Figur 20). Fordøyingsgraden av NDF ($R^2=0.49$) og TS ($R^2=0.39$) synte noko lineær samanheng mellom AIA og iNDF, men samanhengen er låg. Hjå OM ($R^2=0.20$) og rest ($R^2=0.05$) var det ikkje synt lineær samanheng mellom AIA og iNDF.



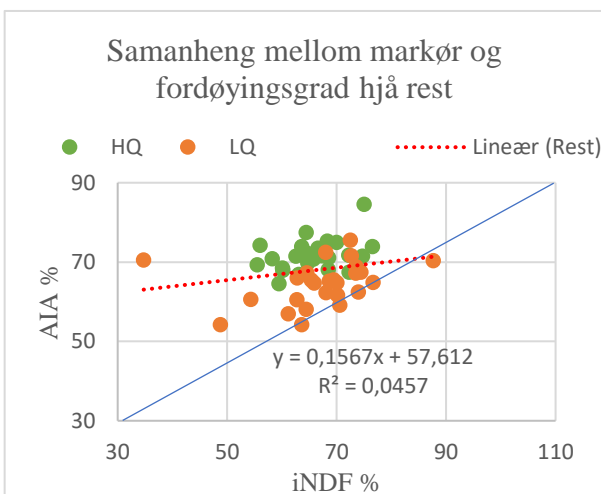
Figur 17: Samanhengen mellom markørane iNDF og AIA hjå fordøyinga av TS.



Figur 18: Samanhengen mellom markørane iNDF og AIA hjå fordøyingsgraden av OM.



Figur 19: Samanhengen mellom markørane iNDF og AIA hjå fordøyinga av NDF



Figur 20: Samanhengen mellom markørane iNDF og AIA hjå fordøyinga av rest

5. Diskusjon

Målet med forsøket var å undersøke fordøyingsgrada av to surfôrkvalitetar ved hjelp av dei interne markørane AIA og iNDF, og å vurdere kven av dei som ville syne fordøyingsgrada av fôrrasjonane mest nøyaktig. Kraftfôrnivåets påverknad på fordøyingsgrada var synt i resultata, men vert ikkje vidare diskutert då dei inngår i fôrrasjonane sin generelle fordøyingsgrad.

5.1. Metodediskusjon

Total oppsamling (TC) er den mest nøyaktige metoden ein har for å berekne fordøyingsgrada til ulike næringsstoff, men den er arbeidsam og krev store ressursar både når det gjeld forsøksdyr og fasilitetar (Morris et al., 2018). Total oppsamling krev mykje handtering av forsøksdyra og kan påverke fôropptak og produksjon som igjen påverkar resultata. Dette unngår ein dersom markørar nyttast. I dette forsøket vart dei interne markørane AIA og iNDF nytta.

Markørmetoda er enklare å nytte enn TC, men trass i redusert handtering av dyr og at arbeidsmengd vert vesentleg redusert har metoden sine ulemper. Ifølgje Lee og Hristov (2013) vil både iNDF og AIA underestimere fordøyingsgraden av fôret samanlikna med TC, medan Uden (1984) fann at ulikheiter mellom rasjonar er vanskelege å oppdage, spesielt hjå mjølkekuforsøk der dyretalet er avgrensa. I motsetnad konkluderte Huhtanen et al. (1994) at AIA ga gode mål av fordøyinga til TS, i tillegg til å finne ulikheiter mellom undersøkte fôrrasjonar. I mitt forsøk vart ikkje markørane samanlikna med TC, men med eit dyretal på 60 kyr fordelt på to kvalitetar grovfôr vil resultata truleg gi gode indikasjonar på fordøyingsgrada av rasjonane og forhåpentleg kva markør som er mest påliteleg.

Dersom konsentrasjonen av markør i fôret er for låg kan problem, som til dømes analysefeil, oppstå. Andre feil kan oppstå ved innhausting grunna forureining med jord og sand, og ved samling av avføringsprøver grunna forureining av, til dømes sagflis. Jord og sand gjeld særleg innhaldet av AIA, medan iNDF er mest var for sagflis. Hjå begge høva vil og forureining leie til feilberekning av fordøyingsgrad. I følgje Thonney et al. (1985) bør innhaldet av AIA i rasjonen vere høgare enn 7.5 g/kg TS. I mitt forsøk var innhaldet av AIA hjå HQ og kraftfôret lågare enn 7.5 g/kg TS, medan innhaldet av AIA i LQ var høgare enn dette (Tabell 5), noko som kan ha påverka resultatet, sær for HQ rasjonane. Kraftfôrnivået i rasjonen kan også påverka AIA si nøyaktigheit. Sidan innhaldet av AIA var lågast i kraftfôret vil innhaldet av

AIA i rasjonane bli lågare med auka kraftfôrmengd og dermed moglegvis forsterke usikkerheita for HQ rasjonane.

Ufordøyeleg NDF (iNDF) følgjer partikkelfasen gjennom fordøyingsystemet og kan nyttast til berekning av fordøyingsgrad gjennom stikkprøver av avføring og fôr. Markøren finst naturleg i fôret som ein del av NDF og er enkel å nytte. Sjølv om forureining under innhausting eller ved fôring ikkje er eit problem som hjå AIA, har iNDF sine ulemper mellom anna gjennom analysemetoden. Ein stor fordel med AIA er at den kan analyserast i fôr og avføring direkte frå prøvetaking. I motsetnad er bestemminga av iNDF avhengig av vomkanulerte kyr. Metoden er arbeids- og tidkrevjande og kan auke variasjonen i resultata. Ein usikkerheit er at sjølv om iNDF vert bestemt gjennom *in sacco* etter Åkerlind et al. (2011) kan ein ikkje vere sikre på at fordøyingsgraden av iNDF er 0, dvs. at sann iNDF er funne, men 288 timars inkubasjonstid i vomma burde gi eit godt estimat.

Lee og Hristov (2013) fann at mikromiljøet i innkuberte *in sacco*-posar (under bestemming av iNDF) kan leie til ulik fiberfordøying og dermed ulik iNDF-konsentrasjon hjå same fôr. Om så skjer kan same fôr få berekna ulik fordøyingsgrad trass i at same markør vert nytta. I *in sacco* forsøket vart det berre nytta nye *in sacco*-posar, og det vart observert liten variasjon innan prøve. Difor er det lite truleg at dette var eit stort problem i mitt forsøk.

Vankeulen og Young (1977) merka seg at konsentrasjonen av AIA i avføringsprøvane varierte lite mellom prøvedagane. Dette tyder på jamn straum av markør gjennom fordøyingsystemet, som er å føretrekke. I kva grad konsentrasjonen av iNDF varierer gjennom døgnet er ikkje like godt kjent, men Morris et al. (2018) fann tendensar til ulike mengder av både iNDF og AIA i avføring gjennom dagen ved ulike uttakstidspunkt. Desse observasjonane vart gjort hjå eit maisbasert-surfôr. Det er altså eit fôr med høgare stivelsesinnhald som påverka passasjen av fôr, og dermed markør, gjennom fordøyingsystemet (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006). Ideelle markørar skal bevege seg gjennom fordøyingsystemet saman med fôrkomponenten av interesse, men dersom variasjonar i passasjen av markør oppstår, kan det leie til usikre resultat av fordøyingsgrada. Sjølv om interne markørar vart nytta kan noko variasjon moglegvis forklarast gjennom markørane sin tendens til å binde seg til fôrpartiklar av ulik storleik, som igjen vil gi variasjon av passasje for markørane gjennom fordøyingsystemet (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006; Morris et al., 2018). Mitt forsøk syner noko variasjon i AIA og iNDF utskilt i avføring (Tabell

5). I kva grad dette skuldast variasjon i passasje, eller naturleg variasjon mellom dyr, er ikkje kjent.

5.2. Berekna fordøying av TS gjennom markørane AIA og iNDF

Fordøyingsgrada hjå fôrkvalitetane er målt på rasjonsbasis, altså surfôr og kraftfôr saman. Fordøyingsgrada av TS for dei to rasjonane basert på surfôrkvalitetane HQ og LQ var høvesvis 70% og 63% berekna med iNDF, og 77% og 61% berekna med AIA. Ulikheitene mellom surfôrkvalitetane er signifikante ($p < 0.05$) for TS med både iNDF ($p = 0.001$) og AIA ($p = 0.001$) (Tabell 6). Ideelt sett skulle desse fordøyingsgradane av fôrassjonane vert samanlikna med fordøyingsgrad målt gjennom TC, men dette vart ikkje gjennomført og difor er resultatata samanlikna med liknande forsøk.

Morris et al. (2018) målte fordøyingsgrad av TS hjå surfôr med TC til 71%, og fann høvesvis 70% og 54% fordøyingsgrad målt med høvesvis iNDF og AIA. Lee og Hristov (2013) målte fordøyingsgrada hjå surfôr-rasjonar med høgt og lågt råproteininnhald (CP) til 62% og 61%, høvesvis. Desse verdiane frå TC vart samanlikna med iNDF og AIA. Høg-CP rasjonane hadde fordøyingsgrad på 64% og 67%, høvesvis, og låg-CP rasjonane hadde fordøyingsgrad på 58% og 68%, høvesvis. Prestløykken et al. (2008) berekna fordøyingsgraden av surfôrassjonar med tidleg og normal haustetid til 76% og 73%, høvesvis. Surfôret vart i tillegg undersøkt gjennom TC hjå sau der fordøyingsgraden vart berekna til 80% og 73% høvesvis. Randby et al. (2012) fann ved TC fordøyingsgrad av TS gjennom eit av surfôrassjonar med tidleg og sein haustetid på 79% og 69%, høvesvis. Huhtanen et al. (1994) fann gjennomsnittleg fordøyingsgrad av surfôrassjonar gjennom TC, iNDF og AIA på 75%, 76% og 76%, høvesvis.

Referansane ovanfor syner varierende fordøyingsgrad av TS, hovudsakleg forklart ved at ulike surfôrkvalitetar og fôrassjonar vart undersøkt. Resultata syner mellom anna at fordøyingsgrad av surfôrassjonar ligg i området 65 til 75% med høgast verdi for HQ rasjonar. Nokre referansar rapporterte om underestimert fordøyingsgrad når AIA (Lee & Hristov, 2013; Morris et al., 2018) og iNDF (Lee & Hristov, 2013) vart nytta. Huhtanen et al. (1994) argumenterte at AIA ga god berekning av TS fordøydd, men at iNDF berekna fordøyingsgrad av TS med høgare nøyaktigheit. Feilestimat av fordøyingsgradane kan altså førekome og må takast omsyn til. Resultata frå mitt forsøk tyder på at AIA berekna fordøyingsgraden hjå HQ med høgast nøyaktigheit medan iNDF berekna fordøyingsgraden hjå LQ med høgast

nøyaktigheit, samanlikna med resultata frå TC-forsøka hjå Huhtanen et al. (1994); Prestløykken et al. (2008); Randby et al. (2012). iNDF berekna fordøyingsgrada hjå HQ med høgast nøyaktigheit samanlikna med resultata frå TC-forsøka hjå Lee og Hristov (2013).

Verdiane for AIA i avføring følgjer ikkje same mønster som verdiane for iNDF i avføring (Tabell 5). HQ hadde lågare innhald av iNDF i både fôr og avføring i forhold til LQ, som ga gode berekningar for fordøyingsgrad av TS. HQ hadde lågare innhald av AIA enn LQ i fôret, men i avføringa var innhaldet av AIA hjå HQ og LQ nesten likt (27 g/kg TS og 26 g/kg TS, høvesvis). Dette leia moglegvis til feilberekning av fordøyingsgrada av TS (og andre komponentar) målt med AIA, men å fastsetje dette er ikkje mogleg då forsøket ikkje vart samanlikna med TC. Liknande tendensar vart observert av Morris et al. (2018) der innhaldet av AIA utskilt i avføring samanlikna med TC gav overstiga berekning av fordøyingsgraden hjå TS, hjå dette forsøket vart avføringsprøver tatt ut i 3 dagar etter kvarandre. I følgje Vankeulen og Young (1977) bør ein ta ut prøver frå fleire dyr over ulike dagar, og Sales og Janssens (2003) presiserte dette spesielt dersom AIA-nivået i fôret er lågt. Ulikheita av markør i avføring var større i mitt forsøk trass i at dyretalet og talet på prøver var tilstrekkeleg, men dagar for uttak av prøver kunne kanskje vore fleire. Oskeinnhaldet hjå HQ var høgare enn LQ i fôr og avføring, og det kan tenkjast at dette leia til høgare innhald av AIA i avføringa hjå HQ samanlikna med LQ. Dette gjev overstiga berekning av fordøyingsgrada til HQ og understiga berekning av fordøyingsgrada til LQ målt med AIA. I mitt forsøk var det større differanse mellom fordøying av TS hjå HQ og LQ berekna med AIA enn iNDF. Denne differansen kan forklarast av det varierende innhaldet av AIA i avføring.

5.3. Fôropptak og fordøying av næringsstoffa i fôrrasjonane

Tidleg hausta grovfôr er kjenneteikna med høgare innhald av lettfordøyelege karbohydrat og protein, og eit lågare innhald av NDF enn seint hausta grovfôr. Dette påverkar fordøyingsgrad, tilgjengelegheit av næringsstoff i fôr og fôropptak (Nousiainen et al., 2009; Rinne et al., 2002). Høgast TS-opptak vart funne for rasjonane med tidleg hausta surfôr (Figur 13). Opptak av rasjonane vart også påverka av kraftfôrmengdene. Samanlikna med seint hausta surfôr har tidleg hausta surfôr lågare innhald av NDF av høgare fordøyingsgrad. Fôret får då lågare fylleverdi og redusert opphaldstid i vom, som leiar til auka opptak av surfôr. Rasjonane i mitt forsøk var samansett for å oppretthalde mjølkeproduksjon og for å sikre riktig fôropptak i forhold til næringsinnhald i surfôret og kraftfôret. Lågare surfôropptak hjå

LQ vart difor kompensert gjennom auka kraftfôrmengd. Høgare kraftfôrmengd i rasjonen vil gi ein substitusjonseffekt og auke passasjehastigheit frå vom (Ingvartsen & Verner, 2003). Samstundes har kraftfôr lågare fylleverdi enn surfôr. Surfôrmengda kombinert med kraftfôrmengda ga difor høgare TS-opptak hjå LQ-rasjonane grunna kraftfôrmengda, men likevel ikkje tilstrekkeleg slik at samla TS-opptak hjå dei to rasjonane vart likt.

Fordøyingsgrada av OM hjå mitt forsøk vart hjå HQ og LQ berekna til 73% og 65% høvesvis målt med iNDF, og til 77% og 62% høvesvis målt med AIA. Ulikheita mellom surfôr kvalitetane HQ og LQ i mitt forsøk er signifikante ($p < 0.05$) hjå både OM ($p = 0.001$) og NDF ($p = 0.001$). Ut i frå dette hadde HQ høgare fordøyingsgrad av OM og NDF samanlikna med LQ (Tabell 6). Rinne et al. (2002) observerte nedgang i fordøyingsgrada ved aukande alder hjå surfôr frå 79% til 72% hjå OM. Uden (1984) fann fordøyingsgrad av OM hjå surfôr på 72% med AIA som markør. Lee og Hristov (2013) målte fordøyingsgrad av OM berekna med AIA til 68% og 69% i surfôr-rasjonar med høg-CP og låg-CP, høvesvis, medan iNDF berekna fordøyingsgrada av OM til 65% og 59% i surfôr med høg-CP og låg-CP, høvesvis. Morris et al. (2018) berekna fordøyingsgrada hjå OM i surfôr til 71% og 55% berekna med iNDF og AIA, høvesvis.

Fordøyingsgrada av NDF i mitt forsøk hjå HQ og LQ målt med iNDF vart berekna til 69% og 53%, høvesvis og 74% og 48% høvesvis målt med AIA (Tabell 6). Rinne et al. (2002) observerte nedgang i fordøyingsgraden til NDF frå 74% til 65% hjå surfôr ved aukande alder på gras. Uden (1984) nytta AIA som markør og berekna fordøyingsgrad av NDF til 65% hjå surfôr. Lee og Hristov (2013) berekna fordøyingsgrada til NDF målt med AIA til 55% og 56% høvesvis i surfôr med høg-CP og låg-CP, medan iNDF berekna fordøyingsgrada til 51% og 42%, høvesvis hjå høg-CP og låg-CP.

Referansane ovanfor syner varierende fordøyingsgrad av OM og NDF lik som hjå TS. Resultata syner i mellom anna at fordøyingsgrad av surfôrrasjonar ligg i området 65 til 70% for OM og 55 til 60% for NDF med høgast verdi for HQ rasjonar. Lee og Hristov (2013) fann overstiga berekna fordøyingsgrad hjå OM med både iNDF og AIA som markørar samanlikna med TC hjå høg- og låg-CP. Om lag same resultat vart berekna for NDF, med unntak av fordøyingsgrada til låg-CP berekna med iNDF, der fordøyingsgrada var lågare. Morris et al. (2018) fann lågare fordøyingsgrad av OM berekna med iNDF og AIA samanlikna med TC. Lee og Hristov (2013) observerte at iNDF hjå høg-CP rasjonen og AIA hjå både høg- og låg-CP rasjonane berekna lågare innhald av OM og NDF utskilt i avføring, medan iNDF målte

høgare innhald av OM og NDF i avføring hjå låg-CP rasjonane, samanlikna med TC. Dette leia til høgare fordøyingsgrad av OM og NDF hjå høg-CP rasjonen berekna med AIA og iNDF, medan fordøyingsgrada av OM og NDF var lågare hjå låg-CP rasjonen berekna med iNDF, samanlikna med TC. I mitt forsøk er det altså mogleg at markørane har over- eller underestimert fordøyingsgradane av OM og NDF i fôrrasjonane grunna låg eller høg grad av markør utskild i avføringa, men då det ikkje er gjort TC vil dette vere vanskeleg å stadfeste.

Kraftfôr har eit høgare innhald av stivelse, som i berekninga inngår i restfraksjonen. Ein større restfraksjon i rasjonen vil vere lettare å fordøye, og difor ser ein høgare fordøyingsgrad av restfraksjonen hjå LQ berekna med iNDF. P-verdi av rest ($P=0.573$) hjå LQ berekna med iNDF kan forklarast gjennom det høge kraftfôrinnhaldet i rasjonen. Kraftfôrfraksjonen hjå rest har låg p-verdi hjå iNDF ($p=0.164$) og AIA ($p=0.062$) av alle komponentane, dei er ikkje signifikante, men er nærast signifikansnivået ($p<0.05$). p-verdiane syner tendensar til at kraftfôrmengda verkar positivt på fordøyingsgraden av restfraksjonen hjå LQ (Tabell 6). Altså syner begge markørane sameining om at HQ-rasjonane har høgast fordøyingsgrad samanlikna med LQ, med unntak av restfraksjonen berekna med iNDF hjå LQ.

5.4. Samanheng mellom markørane

Samanhengen mellom markørane fortel kva grad dei bereknar fordøyingsgradar i forhold til kvarandre (Figur 17, Figur 18, Figur 19 og Figur 20). Surfôr kvalitetane har synt fordøyingsgradar som samsvarar og ikkje samsvarar med andre forsøk. To individ i mitt forsøk ligg utanfor gjennomsnittet av fordøyingsgraden av TS og dei andre fôrkomponentane. Ein ser at dei fleste LQ-rasjonane hadde ein fordøyingsgrad under Lineær (komponent), medan HQ ligg over. Dette bygg under at begge markørane bereknar høgare fordøyingsgrad av HQ enn LQ, som forventet. R^2 hjå TS ($R^2=0.39$), OM ($R^2=0.20$), NDF ($R^2=0.49$) og rest ($R^2=0.05$) er låg for alle komponentane og samanhengen mellom markørane er dårleg, men av desse verdiane er det TS og NDF som vert berekna med høgast nøyaktigheit, i følge plotta (Figur 17 og Figur 19, høvesvis). OM har ikkje like god samanheng mellom markørane, men burde synt høgare grad av samsvar då komponenten består av TS minus oske (Figur 18). Oskefraksjonen i fôret burde ikkje påverke fordøyingsgrada i så stor grad. Rest syner lågast samanheng, som nemnt inngår kraftfôrfraksjonen inn her og dette vil påverke samanhengen mellom markørane lik som det påverka fordøyingsgraden.

To individ skil seg ut i LQ-gruppa. Dette gir utslag på berekningane. Dei to individa gir ikkje utslag på sjølve middelveien, men har stor innverknad på forklaringsgrada av markørane. Det vart gjort ein uteliggjartest (ControlFreak, 2018) og individa syner tendensar til å vere uteliggjarar i berekningane. Sjølv om individa skil seg ut vart dei ikkje tekne ut av berekningane, men om det hadde blitt gjort ville R^2 auka hjå TS ($R^2=0.59$), OM ($R^2=0.45$), NDF ($R^2=0.71$) og rest ($R^2=0.09$). Altså ville samanhengen mellom markørane auka og truleg ville ein fått noko ulikheit i fordøyingsgradane i forhold til resultatata synt i mitt forsøk. Analysefeil kan vere ein grunn til avvik og å gjenta analysen av fôr og avføring ville vere lurt for å sjå om analysen er representativ.

6. Konklusjon

Rasjonar med tidleg hausta surfôr (HQ) viste høgare fordøyingsgrad enn rasjonar med seint hausta surfôr (LQ). Desse ulikheitene var signifikante for tørrstoff, organisk stoff og NDF, men ikkje for ein rest rekna som organisk stoff minus NDF. Signifikante samanhengar vart funne mellom surfôr kvalitet og fordøyingsgrad hjå om lag alle komponentane hjå HQ og LQ. Det var skilnad i fordøyingsgrad berekna med to interne markørar INDF og AIA. Samanlikna med iNDF var fordøyingsgrada høgare berekna med AIA i rasjonen med tidleg hausta surfôr, medan det var motsett i rasjonen med seint hausta surfôr der iNDF berekna høgare fordøyingsgrad enn AIA.

Samanlikna mot andre forsøk tyder resultata i dette forsøket på at nøyaktigheita av markørane kan variere etter rasjonssamansetnad, metode for prøvetaking og type markør nytta. Vidare forskning med samanlikning av total oppsamling vil truleg vere nødvendig for å finne nøyaktig fordøyingsgrad med bruk av markørar.

7. Referansar

- Adams, J. M., Norris, A. B., Batista, L. F. D., Rivera, M. E. & Tedeschi, L. O. (2020). Comparison of in situ techniques to evaluate the recovery of indigestible components and the accuracy of digestibility estimates. *Journal of Animal Science*, 98 (10). doi: ARTN skaa29610.1093/jas/skaa296.
- Allen, M. S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 74 (12): 3063-3075.
- Bach, A., Calsamiglia, S. & Stern, M. D. (2005). Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 88 (13): E9-E21. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7.
- Bauchart, D. (1993). Lipid Absorption and Transport in Ruminants. *Journal of Dairy Science*, 76 (12): 3864-3881. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(93)77728-0.
- Beever, D. E. & Cottrill, B. R. (1994). Symposium - Protein Systems for Feeding Ruminant Livestock Protein Systems for Feeding Ruminant Livestock - a European Assessment. *Journal of Dairy Science*, 77 (7): 2031-2043. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(94)77148-4.
- Berg, M. B. (2011a). *Msp 1038m Aske*. LabTek- analyselab for husdyr og akvakultur. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningsentre/node/10055> (lest 02.05.2021).
- Berg, M. B. (2011b). *Msp 1040 Kjeldahl-N*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningsentre/node/10055> (lest 02.05.2021).
- Berg, M. B. (2011c). *Msp 1044 Tørrstoff*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningsentre/node/10055> (lest 02.05.2021).
- Berg, M. B. (2013). *Msp 1042 aNDFom (askekorrigert)*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningsentre/node/10055> (lest 03.05.2021).
- Bessa, R. J. B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J. M. R. & Portugal, A. V. (2000). Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, 63 (3): 201-211. doi: Doi 10.1016/S0301-6226(99)00117-7.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsetningen i mave-tarmkanalen. I: DJF rapport, *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1* -

- Næringsomsætning og fodervurdering*. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fisker.
- Chaudhry, A. S. (2007). Enzymic and in sacco methods to estimate rumen degradation of food protein in cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (14): 2617-2624. doi: DOI 10.1002/jsfa.3021.
- Cherian, G. (u.å.). *VI. Lipids, Structure*: Oregon State University. Tilgængelig fra: <https://open.oregonstate.edu/animalnutrition/chapter/chapter-6/> (lest 03.02.2021.).
- Chwalibog, A. & Hveldplund, T. (2003). Energivurdering. I: *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 565-582. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- ControlFreak. (2018). *Control charts for individual data points*. Tilgængelig fra: <https://contchart.com/default.aspx> (lest 23.05.2021).
- Coppock, C. E. & Wilks, D. L. (1991). Supplemental Fat in High-Energy Rations for Lactating Cows - Effects on Intake, Digestion, Milk-Yield, and Composition. *Journal of Animal Science*, 69 (9): 3826-3837.
- Daley, V. L., Armentano, L. E., Kononoff, P. J. & Hanigan, M. D. (2020). Modeling fatty acids for dairy cattle: Models to predict total fatty acid concentration and fatty acid digestion of feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 103 (8): 6982-6999. doi: 10.3168/jds.2019-17407.
- De Silva, S. S. (1985). Evaluation of the use of internal and external markers in digestibility studies. I: *FINFISH NUTRITION IN ASIA Methodological Approaches to Research and Development*, s. 96-102. Ottawa, Canada: International Development Research Centre.
- Dijkstra, J., Forbes, J. M. & France, J. (2005). Introduction. I: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and metabolism*, s. 1-10. United Kingdom: CABI Publishing.
- Doreau, M. & Ferlay, A. (1994). Digestion and Utilization of Fatty-Acids by Ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 45 (3-4): 379-396. doi: Doi 10.1016/0377-8401(94)90039-6.
- Doreau, M. & Chilliard, Y. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*, 78 (1): S15-S35. doi: Doi 10.1079/Bjn19970132.
- Epomedicine. (2018). *Structure of Fatty acids and Derivates: Simplified*: Epomedicine. Tilgængelig fra: <https://epomedicine.com/medical-students/structure-of-fatty-acids-and-derivatives-simplified/> (lest 03.02.2021.).

- Eurofins. (2021). *Analyse av grovfôr til drøvtyggere*: Eurofins. Tilgjengelig fra: <https://www.eurofins.no/agro-testing/analysetjenester/analyse-av-grovf%C3%B4r-til-droevtyggere/> (lest 20.05.2021).
- Gjefsen, T. (2016a). Fôrmidler og fôrrasjoner. I: *Fôringslære*, s. 13-49. Bergen, Noreg: Vigmostad & Bjørke AS.
- Gjefsen, T. (2016b). Næringsstoffene. I: *Fôringslære*, s. 50-96. Bergen, Noreg: Vigmostad & Bjørke AS.
- Harper, K. J. & McNeill, D. M. (2015). The Role of iNDF in the Regulation of Feed Intake and the Importance of Its Assessment in Subtropical Ruminant Systems (the Role of iNDF in the Regulation of Forage Intake). *Agriculture-Basel*, 5 (3): 778-790. doi: 10.3390/agriculture5030778.
- Huhtanen, P., Kaustell, K. & Jaakkola, S. (1994). The Use of Internal Markers to Predict Total Digestibility and Duodenal Flow of Nutrients in Cattle Given 6 Different Diets. *Animal Feed Science and Technology*, 48 (3-4): 211-227. doi: Doi 10.1016/0377-8401(94)90173-2.
- Huhtanen, P. & Sveinbjornsson, J. (2006). Evaluation of methods for estimating starch digestibility and digestion kinetics in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 130 (1-2): 95-113.
- Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2008). Digestion and passage of fibre in ruminants. I: Sejrson, K., Hvelplund, T. & Nielsen, M. O. (red.) *Ruminant physiology: Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress*, s. 87-138. Nederland: Wageningen Academic publishers.
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75 (3): 852-867.
- Hvelplund, T., Madsen, J., Misciattelli, L. & Weisbjerg, M. R. (2003). Proteinomsætningen i mave-tarmkalanen og dens kvantificering. I: *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 281-312. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Ingvartsen, K. L. & Verner, F. K. (2003). Regulering af foderoptgelsen. I: DJF rapport, *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsomsætning og fodervurdering*, s. 145-210. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fisker.
- ISO. (2002). *Animal feeding stuffs - Determination of crude ash*: Standard Norge.
- Jenkins, T. C. (1993). Lipid-Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 76 (12): 3851-3863. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9.

- Jensen, C., Ostergaard, S., Schei, I., Bertilsson, J. & Weisbjerg, M. R. (2015). A meta-analysis of milk production responses to increased net energy intake in Scandinavian dairy cows. *Livestock Science*, 175: 59-69. doi: 10.1016/j.livsci.2015.02.009.
- Johnsen, E. F. (2019). *Msp1034 AIA*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningscentre/node/10055> (lest 02.05.2021).
- Kierulf, P. (2019). *Aminosyrer*. Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/aminosyrer> (lest 15.02.2021).
- Kozloski, G. V., Stefanello, C. M., Mesquita, F. R., Alves, T. P., Ribeiro, H. M. N., Almeida, J. G. R. & Genro, T. C. M. (2014). Technical note: Evaluation of markers for estimating duodenal digesta flow and ruminal digestibility: Acid detergent fiber, sulfuric acid detergent lignin, and n-alkanes. *Journal of Dairy Science*, 97 (3): 1730-1735. doi: 10.3168/jds.2013-7414.
- Kristensen, N., B., Hveldplund, T., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiel omsætning i formaverne. I: DJF rapport, b. 53 *Kvægets ernæring og fysiologi Bind 1 - Næringsstoffomsætning og fodervurdering*, s. 211-238. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Krizsan, S. J., Ahvenjarvi, S. & Huhtanen, P. (2010). A meta-analysis of passage rate estimated by rumen evacuation with cattle and evaluation of passage rate prediction models. *Journal of Dairy Science*, 93 (12): 5890-5901. doi: 10.3168/jds.2010-3457.
- Lee, C. & Hristov, A. N. (2013). Evaluation of acid-insoluble ash and indigestible neutral detergent fiber as total-tract digestibility markers in dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 96 (8): 5295-5299. doi: 10.3168/jds.2012-6442.
- Lippke, H., Ellis, W. C. & Jacobs, B. F. (1986). Recovery of Indigestible Fiber from Feces of Sheep and Cattle on Forage Diets. *Journal of Dairy Science*, 69 (2): 403-412. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(86)80418-0.
- Madsen, J. (1985). The Basis for the Proposed Nordic Protein Evaluation System for Ruminants - the Aat-Pbv System. *Acta Agriculturae Scandinavica*: 9-20.
- Madsen, J., Hveldplund, T., Weisbjerg, M. R., Bertilsson, J., Olsson, I., Spörndly, R., Harstad, O. M., Volden, H., Tuori, M., Varvikko, T., et al. (1995). The AAT/PBV protein evaluation system for ruminants, A revision. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*: 1-37.

- Mathews, C. K., van Holde, K. E., Appling, D. R. & Anthony-Cahill, S. J. (2013). Introduction to Proteins: The Primary Level og Protein Structure. I: *Biochemistry*, s. 136-176. New Yersey, USA: Pearson Education.
- McDonald, P., Edwards, J. E., Greenhalgh, J. D. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011a). Digestion. I: *Animal Nutrition*, s. 156-191. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. D. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011b). Carbohydrates. I: *Animal Nutrition*, s. 16-31. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. D. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011c). Lipids. I: *Animal Nutrition*, s. 32-52. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. D. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011d). Proteins, nucleic acids and other nitrogenous compounds. I: *Animal Nutrition*, s. 53-69. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. & Schneider, W. (1979). Estimation of the Digestibility and Metabolizable Energy Content of Ruminant Feedingstuffs from the Gas-Production When They Are Incubated with Rumen Liquor Invitro. *Journal of Agricultural Science*, 93 (Aug): 217-222. doi: Doi 10.1017/S0021859600086305.
- Mertens, D. R., Allen, M., Carmany, J., Clegg, J., Davidowicz, A., Drouches, M., Frank, K., Gambin, D., Garkie, M., Gildemeister, B., et al. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of Aoac International*, 85 (6): 1217-1240.
- Mohamed, R. & Chaudhry, A. S. (2008). Methods to study degradation of ruminant feeds. *Nutrition Research Reviews*, 21 (1): 68-81. doi: 10.1017/S0954422408960674.
- Morris, D. L., Rebelo, L. R., Dieter, P. A. & Lee, C. (2018). Validating intrinsic markers and optimizing spot sampling frequency to estimate fecal outputs. *Journal of Dairy Science*, 101 (9): 7980-7989. doi: 10.3168/jds.2018-14717.
- Nocek, J. E. & Tamminga, S. (1991). Site of Digestion of Starch in the Gastrointestinal-Tract of Dairy-Cows and Its Effect on Milk-Yield and Composition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3598-3629.
- NorFor. (u.å). *The NorFor model*: NorFor. Tilgjengelig fra: <http://www.norfor.info/about-norfor/the-model/> (lest 07.03.2021).

- NorFor. (u.å.-a). *NorFor Feed Table*. Tilgjengelig fra: <http://feedstuffs.norfor.info/> (lest 03.02.2021.).
- NorFor. (u.å.-b). *Organization*. Tilgjengelig fra: <http://www.norfor.info/about-norfor/organization/> (lest 09.03.2021).
- Nousiainen, J., Rinne, M. & Huhtanen, P. (2009). A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 1. The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92 (10): 5019-5030.
- Noziere, P., Ortigues-Marty, I., Loncke, C. & Sauvant, D. (2010). Carbohydrate quantitative digestion and absorption in ruminants: from feed starch and fibre to nutrients available for tissues. *Animal*, 4 (7): 1057-1074. doi: 10.1017/S1751731110000844.
- Nørsgaard, P. & Hveldplund, T. (2003). Drøvtyggernes karakteristika. I: *Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 11-38. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks Jordbrugsforskning.
- Oba, M. & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (3): 589-596. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9.
- Oba, M. (2011). Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 91 (1): 37-46. doi: 10.4141/Cjas10069.
- Palmquist, D. L. & Jenkins, T. C. (2017). A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (12): 10061-10077. doi: 10.3168/jds.2017-12924.
- Prestløkken, E., Randby, Å. T., Eknæs, M. & Garmo, T. H. (2008). Effect of harvesting time and wilting of silage on digestibility in cows and sheep. I: Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsson-Linde, N. & Spörndly, E. (red.) b. 13 *Biodiversity and Animal feed, Future challenges for Grassland Production*, s. 846-848. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).
- Quin, J. I., Van der Wath, J. G. & Myburgh, S. (1938). Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. *J Vet Sci Anim Ind*, 11: 341-361.
- Randby, A. T., Weisbjerg, M. R., Nørsgaard, P. & Heringstad, B. (2012). Early lactation feed intake and milk yield responses of dairy cows offered grass silages harvested at early maturity stages. *Journal of Dairy Science*, 95 (1): 304-317. doi: 10.3168/jds.2011-4454.
- Reynolds, C. K. & Kristensen, N. B. (2007). Nitrogen recycling and the nitrogen economy of ruminants - asynchronous symbiosis. *Journal of Dairy Science*, 90: 124-124.

- Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S. (2002). Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science*, 80 (7): 1986-1998.
- Rohem, N. M., da Silva, M. C., Abreu, M. L. C., de Oliveira, J. G., Gloria, L. S., Tedeschi, L. O. & Vieira, R. A. M. (2020). The transit of external markers throughout the ruminant digestive tract: 1. The fitting quality of models to marker profiles in feces using an information-theoretic approach. *Animal Feed Science and Technology*, 261. doi: ARTN 11440710.1016/j.anifeedsci.2020.114407.
- Rymer, C. (2000). The Measurement of Forage Digestibility In Vivo. I: Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E. & Omed, H. M. (red.) *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, s. 113-134. New York, USA: CABI Publishing.
- Rytioja, J., Hilden, K., Yuzon, J., Hatakka, A., de Vries, R. P. & Makela, M. R. (2014). Plant-Polysaccharide-Degrading Enzymes from Basidiomycetes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 78 (4): 614-649.
- Sales, J. & Janssens, G. P. J. (2003). Acid-insoluble ash as a marker in digestibility studies: a review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12 (3): 383-401.
- SAS-Institute. (2012). *SAS 9.4 for Windows*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2016a). Basic Chemistry and Physics. I: *Physiology of Domestic Animals*, s. 1-42. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2016b). The Digestive System. I: *Physiology of Domestic Animals*, s. 630-724. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Stensig, T. & Robinson, P. H. (1997). Digestion and passage kinetics of forage fiber in dairy cows as affected by fiber-free concentrate in the diet. *Journal of Dairy Science*, 80 (7): 1339-1352. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(97)76062-4.
- Svihus, B. (2010). *Msp 1159 Stivelse*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningscentre/node/10055> (lest 03.05.2021).
- Søgaard, K., Hansen, H. & Weisbjerg, M. R. (2003). Fodermidlernes karakterisika. I: *DJF rapport Bind 1 - Næringsstoffomsætning og fodervurdering*, s. 39-68. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Tan, Z. & Murphy, M. R. (2004). Ammonia production, ammonia absorption, and urea recycling in ruminants. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13 (3): 389-404. doi: DOI 10.22358/jafs/67425/2004.

- Thonney, M. L., Palhof, B. A., Decarlo, M. R., Ross, D. A., Firth, N. L., Quaas, R. L., Perosio, D. J., Duhaime, D. J., Rollins, S. R. & Nour, A. Y. M. (1985). Sources of Variation of Dry-Matter Digestibility Measured by the Acid Insoluble Ash Marker. *Journal of Dairy Science*, 68 (3): 661-668. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(85)80872-9.
- Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18: 104-111. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>.
- Tingstad, H. (2010). *Met 1045 Råfett (ASE)*. Ås: NMBU. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/tekniske-forskningsentre/node/10055> (lest 03.05.2021).
- Uden, P. (1984). Digestibility and Digesta Retention in Dairy-Cows Receiving Hay or Silage at Varying Concentrate Levels. *Animal Feed Science and Technology*, 11 (4): 279-291. doi: Doi 10.1016/0377-8401(84)90043-9.
- van Duinkerken, G., Andre, G., Smits, M. C. J., Monteny, G. J. & Sebek, L. B. J. (2005). Effect of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *Journal of Dairy Science*, 88 (3): 1099-1112. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(05)72777-6.
- Van Es, A. J. H. (1975). Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science*, 2 (2): 95-107. doi: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(75\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(75)90029-9).
- Van Es, A. J. H. (1978). Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977-onwards in The Netherlands. *Livestock Production Science*, 5 (4): 331-345. doi: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(78\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(78)90029-5).
- Vankeulen, J. & Young, B. A. (1977). Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. *Journal of Animal Science*, 44 (2): 282-287.
- Volden, H. (2011a). Feed calculations in NorFor. I: *Norfor - The Nordic feed evaluation system*, s. 55-58. Nederland: Wageningen Academic publishers.
- Volden, H. (2011b). Feed fraction characteristics. I: *Norfor - The Nordic feed evaluation system*, s. 33-40. Nederland: Wageningen Academic publishers.
- Volden, H. (2011c). Overall model description. I: *Norfor - The Nordic feed evaluation system*, s. 23-27. Nederland: Wageningen Academic publishers.
- Volden, H. & Gustafsson, A. H. (2011). Introduction. I: *Norfor - The Nordic feed evaluation system*, s. 21-22. Nederland: Wageningen Academic publishers.

- Volden, H. & Larsen, M. (2011). Digestion and metabolism in the gastrointestinal tract. I: *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 59-80. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Weisbjerg, M. R. & Hveldplund, T. (2003). Metoder til bestemmelse af kemisk sammensætning og tilgængelighed. I: *DJF rapport Bind 1 - Næringsstoffomsætning og fodervurdering*, s. 69-86. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Weisbjerg, M. R., Lund, P. & Hveldplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: *DJF rapport Bind 1 - Næringsstoffomsætning og fodervurdering*, s. 239-280. Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Ørskov, E. R. & McDonald, I. (1979). Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage. *Journal of Agricultural Science*, 92 (Apr): 499-503. doi: Doi 10.1017/S0021859600063048.
- Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Tøgersen, R., Udèn, P., Òlafsson, B. L., Harstad, O. M. & Volden, H. (2011). Feed analysis and digestion methods. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 41-54. Nederland: Wageningen Academic Publishers.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway