



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 60 stp
Fakultet for biovitenskap

Evaluering av metode for uttak av av grovfôrprøver for optimal fôring

Evaluation of method for taking roughage samples
to optimize feeding

Kristoffer Nøkleholm
Husdyrvitenskap

Forord

Det er med stor ydmykhet og stolthet at jeg presenterer denne masteroppgaven innen drøvtygger ernæring. Det har vært en fin tid på Ås, der jeg har tilegnet meg mye faglig kunnskap og et godt nettverk. Jeg har blitt kjent med landbruket på en helt annen måte og er veldig klar for et arbeidsliv dedikert til å bidra inn i den norske matproduksjonen.

Helt siden begynnelsen av mitt studieløp har interessen vært størst for drøvtyggere og særlig melkeproduksjon på ku. Teknologi, digitale hjelpemidler og presisjonsutstyr har også fanget min oppmerksomhet, da produksjonen kan løftes betydelig ved riktig bruk.

Når det ble presentert at grovfôr er den største variabelen i produksjonen både ernærings- og kostnadmessig ble dette et tema jeg ønsket å fordype meg i. Samtidig fikk jeg muligheten til å delta i et prosjekt som omhandlet bruken av nær infrarød spektroskopi i grovfôrproduksjonen. Dette ga mersmak så når tilbudet om en mastergrad innen samme emne ble tilbudt, var svaret ja.

Jeg ønsker å rette en stor takk til hovedveileder Harald Volden som har undervist, veiledet og formidlet kunnskap på en helt spesiell måte. Videre rettes en takk til biveileder Ingunn Schei for gode innspill til teori og praktisk utførelse av studien. Takk til Tilmann Hettasch for innspill og praktisk opplæring i analyseverktøy. En takk rettes også til alle bønder som har bidratt og åpnet sine fjøs for dette prosjektet. Til slutt ønsker jeg å takke medstudenter på lesesalen for godt miljø og samboer for korrekturlesing.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Ås, 15.12.23

Kristoffer Nøkleholm

Sammendrag

Uttak og analyser av grovfôrprøver har tradisjonelt vært tidkrevende, kostbart og trengt kjemiske midler for å foreta en analyse. I senere tid har implementeringen av nær infrarød spektroskopi (NIRS) tatt over mesteparten av analyseringen av fôrprøvene for gårdbrukere. Dette er en billigere metode, men metoden innebærer tørking og kverning av prøvene og er derfor fortsatt tidkrevende. TINE sikter på å senke terskelen og kostnaden for bonden ved å ta ut analyser av fôr ved at prøver analyseres i intakt tilstand med våt NIRS. For å gi bonden maksimalt utbytte er det nødvendig å undersøke metodikken vedrørende prøveuttak og hvordan analysen kan brukes inn i drifta.

Fem gårder ble valgt til denne studien, tre med fôrmikser og to fôret rundballer enkeltvis. Det ble fra fôrbrettet tatt ut fem prøver pluss en samleprøve fra hver gård kontinuerlig i 8 uker med én ukes mellomrom. For alle prøver ble det tatt ut en parallell for å regne reproduserbarhet. Prøvene ble analysert med AgriQuant NIRS apparat. Det ukentlige uttaket av enkeltprøver og samleprøve kombinerer flere mulige metoder for uttak som senere ble evaluert statistisk.

Det var stor spredning i prøvematerialet for de viktigste komponentene tørrstoff, råprotein, fordøyelighet av organisk stoff (OMD) og nøytralt løselig fiber (NDF). Med høy spredning i kvalitet egnet materialet seg godt til å evaluere ulike uttaksmetoder. Reproduserbarhet innen og mellom uttakssted på fôrbrettet ble målt til henholdsvis 0,99 og 0,91 for tørrstoff, 0,93 og 0,91 for råprotein, 0,91 og 0,87 for OMD, 0,94 og 0,80 for NDF. Det var gjennomgående høyere korrelasjon mellom samleprøven og enkelt-prøvene for alle komponenter.

For å ta ut en representativ fôrprøve er anbefalingen å ta flere prøver fra fôrbrettet og blande de til en samleprøve. Modellen gir god nøyaktighet for komponentene nevnt over og kan brukes til å regulere kraftfôr-nivået. Det ble ikke laget noen konkrete råd for hyppighet på uttak. Hver gård har egne opplegg for fôring og variasjon mellom uker. Uttaksfrekvens må dermed vurderes individuelt for hver gård.

Abstract

Sampling and analysis of forage have traditionally been time-consuming, expensive, and required use of chemical agents for analysis. Recently, the implementation of near infrared spectroscopy (NIRS) has taken over the majority of commercial feed analysis for farmers. However, when using dry NIRS the method is still slow and involves drying and grinding of samples. TINE aims to lower the threshold and cost for the farmers by performing feed analyses with samples in as is conditions using wet NIRS. To provide farmers with maximum benefit, it is necessary to investigate the methodology regarding sampling procedure and how the analysis can be integrated into their operations.

In this study, five farms were selected: three with feed mixers and two feeding round bales individually. Five individual samples plus one composite sample were continuously collected from each farm over an 8-week period with one-week intervals. For all samples, a parallel sample was taken to calculate reproducibility. The samples were analyzed using the AgriQuant NIRS machine. The weekly collection of individual samples and composite samples combined several possible sampling methods, which were statistically evaluated.

Large spread in sample material was observed for dry matter, crude protein, organic matter digestibility (OMD), and neutral detergent fiber (NDF). The material was very suitable to evaluate different sampling methods due to the diversity in quality. Reproducibility within and between sampling sites was 0.99 and 0.91 for dry matter, 0.93 and 0.91 for crude protein, 0.91 and 0.87 for OMD, and 0.94 and 0.80 for NDF. Consistently higher correlations were found between the composite sample and individual samples for all components.

From this study it is concluded that to obtain a representative sample, the recommendation is to take multiple samples from the feed-tray and mix them into a composite sample. The model provides good accuracy and can be used to adjust concentrate feed levels. However, no specific advice on the frequency of sampling was provided. Each farm has its own feeding setup and variations between weeks, so sampling frequency must be considered individually for each farm.

| | |
|--|-----|
| Forord | I |
| Sammendrag | II |
| Abstract | III |
| 1.0 Innledning..... | 1 |
| 2.0 Teori | 3 |
| 2.1 Grasetts morfologiske utvikling | 3 |
| 2.2 Effekt av gjødsling hos planter..... | 4 |
| 2.3 Grovfôrkvalitet i forhold til høsteregime og værforhold | 5 |
| 2.3.1 Grovfôrkvalitet i forhold til opptak og kraftfôr behov | 6 |
| 2.4 Ensilering av gras | 7 |
| 2.5 Gjæringsprosess | 7 |
| 2.5.1 Den aerobe fasen | 7 |
| 2.5.2 Den anaerobe fasen/ fermenteringsfasen..... | 8 |
| 2.5.3 Stabil anaerobe fase..... | 8 |
| 2.5.4 Aerob fase ved utfôring..... | 8 |
| 2.6 Mikroorganismer i surfôr og gjæringsprodukter | 9 |
| 2.6.1 Melkesyrebakterier..... | 9 |
| 2.6.2 Klostridiebakterier..... | 10 |
| 2.6.3 Sopp..... | 10 |
| 2.6.4 Ammoniakk..... | 11 |
| 2.7 Nær infrarød spektroskopi (NIRS)..... | 12 |
| 3.0 Materiale og metode..... | 16 |
| 3.1 Deltakere | 16 |
| 3.2 Prøvemateriale..... | 18 |
| 3.3 Prøveuttak..... | 19 |
| 3.4 Statistikk..... | 22 |
| 3.5 Simuleringer i TINE OptiFôr | 23 |
| 4.0 Resultater og diskusjon | 24 |
| 4.1 Prøvematerialet..... | 24 |
| 4.2 Ukentlige prøveuttak | 25 |
| 4.2.1 Tørrstoff | 26 |
| 4.2.2 Råprotein | 29 |
| 4.2.3 OMD..... | 33 |
| 4.2.4 NDF..... | 36 |
| 4.3 Variasjon mellom paralleller..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1 Sammenhengen mellom paralleller basert på regresjonsplott..... | 40 |
| 4.4 Korrelasjoner mellom uttakssteder | 44 |
| 4.5 Fordøyelighet og kraftforbruk..... | 49 |
| 6.0 Konklusjon | 54 |
| 7.0 Referanser..... | 55 |
| Vedlegg 1 | 60 |
| Sukker..... | 60 |
| Aske..... | 62 |
| Ammoniakk..... | 63 |
| Melkesyre | 65 |
| Vedlegg 2 sammenheng mellom paralleller | 68 |
| Vedlegg 3 Tabell korrelasjonskoeffisienter | 69 |

1.0 Innledning

Produksjon av melk og kjøtt fra storfe baserer seg på utnyttelsen av grovfôr, enten det er gras, mais eller halm. Godt grovfôr med høy fordøyelighet er viktig. Studier viser at økt fordøyelighet av både organisk stoff (OMD) og nøytralt løselig fiber (NDF) gir økt fôropptak og melkemengde (Oba & Allen, 1999). Høyt grovfôropptak med tilstrekkelig NDF sikrer også fiber som er nødvendig for en god vomfunksjon og bufferevne (Plaizier et al., 2008), dette gir en sunn og frisk ku (Zebeli et al., 2015). Intensiv dyrkning av grovfôr kan føre til reduserte kostnader og lavere klimagassutslipp som følger av økt produksjon av melk og kjøtt, samt bruk av kraftfôr med en høyere norskandel (TINE, 2020).

I melkeproduksjonen utgjør surfôr mer enn 40 % av det totale energiopptaket til drøvtyggeren (Mo, 2005b). I Norge har kraftfôrandelen de siste årene vært 30 kg per 100 kg energikorrigert melk (EKM; TINE 2022), men variasjonen er stor. Av besetningene med godkjent årsoppgjør i Ku kontrollen har 10 % av besetningene med lavest kraftfôrandel brukt 24 kg eller mindre kraftfôr per 100 kg EKM, mens 10 % av besetningene med høyeste kraftfôrforbruk per 100 kg EKM hadde 36 kg eller mer (I. Schei, pers. med.). Potensialet for å øke grovfôropptaket og redusere kraftfôrforbruket er derfor stort.

En god kraftfôrstrategi er nødvendig for å gjøre fôringen riktig og kostnadseffektiv. Hjelpemidler som TINE OptiFôr er verktøy som beregner fôrrasjoner, men for å finne riktig kraftfôrtype og mengde må grovfôr kvaliteten være kjent. For å finne kvaliteten på grovfôret tas det ut grovfôrprøver. Disse sendes til et laboratorium som tørker ned og analyserer prøven enten med nær infrarød spektroskopi (NIRS) eller en våtkjemisk analyse etter NorFor (Åkerlind et al., 2011).

En oversikt fra TINE viser at for sesongen 2022/2023 ble det tatt ut 13750 fôrprøver fra 3720 gårder (I. Schei, pers med.) Uttak av grovfôrprøver og analyse etter dagens standard er tidkrevende. Ofte blir det kun tatt én prøve hver av første og andre slåttene. Det kan ofte diskuteres om prøven er representativ for utvalget bonden har tilgjengelig av det aktuelle fôrpartiet. Disse faktorene kan gjøre at terskelen for uttak av grovfôrprøver er unødvendig høy, og det kan være en begrensning fra å optimalisere produksjonen på gården. En lite representativ prøve vil også kunne gi både feil i forhold til kraftfôrmengde og anbefalt kraftfôrtype.

Med ønske om en mer bærekraftig mjølkeproduksjon basert på norske fôrressurser har TINE intensivert satsingen på rådgiving i grovfôrproduksjon. I denne satsingen inngår en helhetlig løsning for fôrproduksjon og fôring for å nå målene om lavere klima- og miljøbelastning, høyere andel norskprodusert fôr i mjølkeproduksjonen og lavere fôrkostnad for bonden. TINE har utviklet et analysekonsept for grovfôr basert på våt NIRS. Med en slik hurtigmetode, der en også slipper å bruke tid på å tørke og male prøvene på forhånd, blir svartiden kortere og prisen per prøve lavere. Transportsystemet gjennom TINEs tanktransport er også med på å effektivisere tiden fra prøven blir tatt ut til analyseresultatene foreligger (I. Schei, pers med).

Med bakgrunn i endret strategi og mulighet for hyppigere uttak av grovfôrprøver vil denne oppgaven belyse følgende fire problemstillinger:

1. Metodikk for uttak av fôrprøver. Hvilken uttaksmetodikk gir best oversikt over variasjonen i grovfôr kvalitet og hvordan sikre representative prøver.
2. Hvor mange prøver må tas ut for at analysesikkerheten skal være tilstrekkelig.
3. Hvordan skal analyseresultatene brukes for å få best mulig kost/nytteverdi i fôrplanleggingen og fôringen.
4. I oppgaven skal det også sammenliknes forskjellige utfôringsløsninger i forhold til uttaksmetodikk. Hypotesen er at gårder med fôrblender vil oppnå et mer homogent grovfôr, mens gårder der rundballer fôres enkeltvis vil gi større variasjon innad på fôrbrettet.

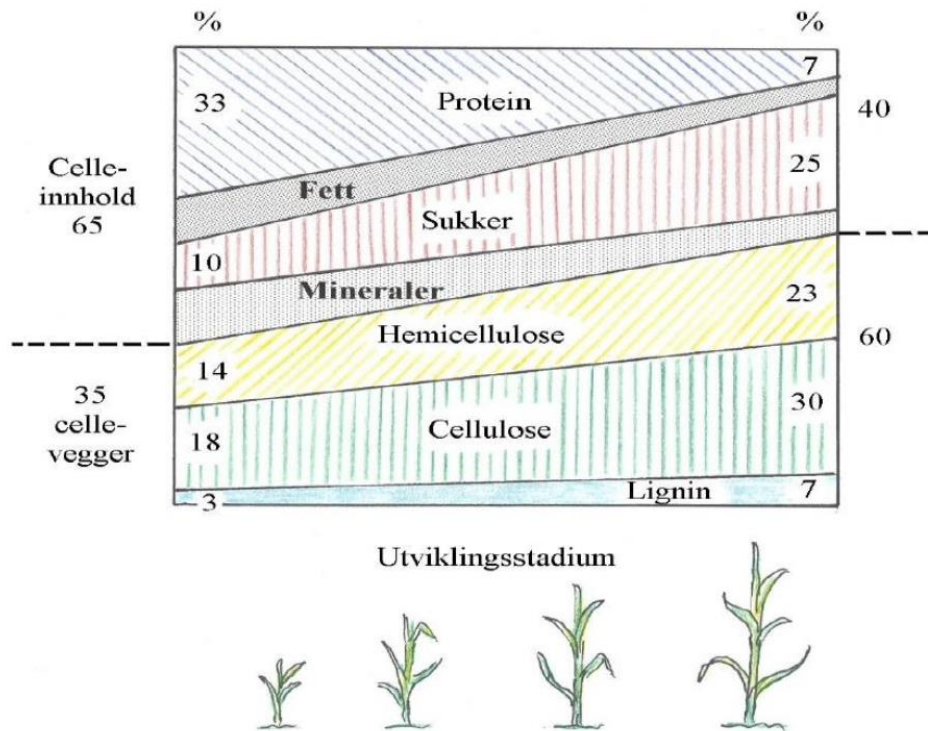
2.0 Teori

2.1 Graset morfologiske utvikling

Kunnskap om graset utvikling og vekstkarakteristikk er svært viktig for valg av agronomiske avgjørelser, særlig i flerårige vekster (Nelson, 2000). Grasfrø spirer ved en jordtemperatur på 4-6°C, deretter utvikler graset et rotsystem før planten busker seg og setter stengel. Blader har sine utspring ovenfor leddknuter på stengelen og kommer i par (Nelson, 2000).

Etter hvert som stengelen vokser trenger planten strukturelle komponenter for å holde seg oppreist (McDonald et al., 2022). Cellene i stengelen skiller seg fra cellene i bladverket da disse består av en del cellevegg. Cellevegg er en struktur som ligger rundt cellen, som beskytter stengelen og er med på å holde planten oppreist (Aarnes, 2021). Under plantens vekst endres blad: stengel forholdet. Dette er den største faktoren for nedgang i graset kvalitet med økt utvikling (Huhtanen et al., 2006). Bladene inneholder mer råprotein og mindre fiber enn hva stengelen gjør sett bort i fra veldig tidlig utviklingstrinn (Van Soest, 2018). Terry & Tilley (1964) viste at nedgangen i fordøyelighet gikk saktere i bladfraksjonen enn i stengelen.

Nedgang i fordøyelighet og tilgang på næringsstoffer er korrelert med ytre påvirkning som temperatur, solforhold og nedbør (Deinum et al., 1981). Deinum et al., (1981) påpekte også at grasarter dyrket ved en høyere breddegrad adapterte seg til en kortere vekstsesong. Det ble observert lavere andel bladmasse sammenliknet med planter dyrket ved lavere breddegrad. En høyere fordøyelighet ble observert som følge av en senere lignifisering av stengelen ved samme utviklingstrinn. Dette ble godt beskrevet av Osbourn (1980) vist i Figur 1



Figur 1: Morfologisk utvikling og grasets kjemiske sammensetning, etter Osbourn, (1980)

2.2 Effekt av gjødsling hos planter

Protein i planter består av en del nitrogen (N). En tommelfinger regel er at råprotein i planten inneholder 16 % N, dermed er det mulig å estimere råprotein innholdet ved å multiplisere andelen N med 6,25 (Whitehead, 1995). Nitrogen er ikke bare en viktig byggestein i aminosyrer, det inngår også i klorofyll og stimulerer til utvikling av røtter. I tillegg er nitrogen en byggestein i nukleinsyrer som er viktige i dannelsen av DNA og RNA (Weil, 2017).

Svovel (S), har en rekke funksjoner for planten. Svovel er en del av Cystein, Metionin og Cystin, som er viktig i elektrontransporten under fotosyntesen, nitrogenfikseringen (som finner sted hos kløver), samtidig som at en rekke vitaminer inneholder svovel. Svovel er med på å styrke den sekundære proteinstrukturen hvilket bidrar med å gjøre proteinet i planten stabilt (Hopkins, 2008).

Timotei er den mest dyrkede arten i Skandinavia (Höglind et al., 2005) grunnet den gode vinterherdigheten, smakeligheten og potensialet for høye avlinger (Bjørnå, 2015c). Det er ofte blandet inn frø av type svingel eller raigras som tåler et mer intensivt høsteregime (Bjørnå,

2015a). Kløver som fikserer nitrogen og bidrar til å øke protein innholdet, opptak og smakelighet på grovfôret (Bjørnå, 2015b) er ofte tilsatt. Eng sammensatt av flere arter utfyller hverandre og blir mer robuste (Callaway, 1995). Når enga er mer robust vil den samtidig være enda mer motstandsdyktig mot ytre påvirkninger (Jensen et al., 2012). Dette er viktig med tanke på fremtidige klimapåvirkninger og gjør bonden mindre avhengig av kunstgjødsel.

Gjødsling av eng med N gir stor effekt sammenliknet med eng der N ikke blir tilført. Forsøk utført sør i Amerika viste en økning på 129 % i biomasse ved å tilføre 7,8kg N/daa (per slått), sammenliknet med forsøksruter som ikke fikk tilført N (Johnson et al., 2001). Videre observerte Johnson (2001) en lineær økning av råprotein innhold som følge av økt N tilførsel, et platå ble nådd etter 7,8kg N/daa (per slått) i form av biomasse. Innholdet av råprotein og total N økte imidlertid i takt med sterkere gjødselmengder. Dette tyder på at det kan være gunstig å tilføre mer N enn hva planten trenger til vekst om det ønskes et høyere innhold av råprotein.

2.3 Grovfôrqualität i forhold til høsteregime og værforhold

Generelt vil innhold av råprotein avta samtidig som andelen NDF stiger som følger av økt modenhet på planten (Nordheim-Viken & Volden, 2009). Klimatiske forhold som virker hemmende på veksten gir ofte høyere innhold av råprotein og OMD, motsatt hvis klimapåvirkning stimulerer til rask vekst virker dette hemmende på kvaliteten som følge av lignifisering, økt andel cellevegg og stengel (Nordheim-Viken, 2008). Plantens innhold av råprotein, NDF og ufordøyelig NDF (iNDF), samt fordøyelighet blir påvirket av varmesum (Kjærstad, 2022). Andre faktorer, vann, sol og daglengde har innvirkning på plantens utvikling.

Veksthastighet, kjemisk innhold og utvikling er styrt av temperatur der et optimum befinner seg mellom 17 og 20°C (Nelson & Moser, 1994). Høye temperaturer fører til økt hastighet i de biokjemiske prosessene innad i planten (Buxton & Fales, 1994). I Tromsø observerte Deium et al., (1981) en rask reproduksjon av planten, men at tilførselen av ny bladmasse ikke samsvarte med veksten i stengelen. Dette førte til en lavere fordøyelighet av planten sammenliknet med planter dyrket på en lavere breddegrad. Daglengde påvirker planten i den grad at lengre dager gir økt fotosyntese og akkumulering av sukker, det er imidlertid oppdaget en uttynnings effekt

der innholdet av råprotein er vist å gå ned ved høyere innhold av lettløselige karbohydrater (Nordheim-Viken & Volden, 2009).

Sollys har effekt på avlingen, studier utført av Eriksen & Whitney (1981) viste at ved å redusere tilgangen på sollys fra 100 % ned til 27 % ble antall kg tørrstoff høstet nesten halvert. Dette samsvarer med andre forsøk der avlingsreduksjon på 40 % er observert (Guenni et al., 2018). Andre forsøk peker på at skygge har en positiv effekt på fordøyelighet og N innhold i planten (Kephart & Buxton, 1993).

Manglende tilgang på vann har en hemmende effekt på planten uansett morfologisk utviklingstrinn. Grad av tørkestress og plantens utviklingstrinn har effekt på skadeomfanget (Farooq et al., 2012). McMaster and Wilhelm (2003) observerte reduksjon i den totale vekst tiden hos både hvete og bygg som følge av vannmangel. Denne observasjonen kan ses i sammenheng med studiet Desclaux and Roumet (1996) utførte på soyabønner, studien hevder at i fravær på vann går planten fra vegetativ- til reprodutiv vekst. Alle steg i utviklingen framskyndes, og hver fase blir kortere. Buxton (1995) viste at tørkestress ga tap av blad masse, men hvis de tørkeutsatte plantene hadde en lav andel blader fra før kunne dette stresset øke kvaliteten på fôret.

På skifter med skyggepartier og forskjellig topografi kan avlingsmengde og kjemisk innhold variere. Ikke bare finnes variasjon mellom slåtter, men også på samme skifte under samme slått. Dette er viktige faktum å ta hensyn til når vi henter ut grovfôranalyser, det underbygger også teorien om at det trengs flere uttak for å fange opp variasjonen.

2.3.1 Grovfôr kvalitet i forhold til opptak og kraftfôr behov

Grasets morfologiske utvikling påvirker innholdet av NDF og OMD (Huhtanen et al., 2006; Nordheim-Viken & Volden, 2009). Innholdet av NDF og OMD gir også grunnlaget for den beregnede fyllverdien i NorFor (Volden, 2011). Fylleverdien sier noe om den fysiske strukturen på fôret og dermed hvor mye plass det vil ta opp i vomma. I tillegg til fôrets fylleverdi har dyret noen fysiske begrensninger på hvor mye det kan ete. Flere studier av blant annet (Blaxter et al., 1961; Thornton & Minson, 1972; Ulyatt et al., 1967) konkluderer med at vomma og nettmagen har et konstant fylle nivå. Dyret slutter å spise når denne terskelen er nådd. Effekten av malingsgrad ble målt gjennom et forsøk av Susmel et al. (1991) der to fôrmidler med forskjellig

innhold av NDF ble gitt. Dyrenes inntak målt som kg TS økte signifikant som følge av at lengden på fôret ble redusert. Som betyr at fôret tar opp mindre plass i vomma og dyret kan ete flere kg TS før terskelen er nådd.

Forsøk av Reid et al. (1959) viste at utsatt høsting av grovfôr reduserte inntaket av tørrstoff hos lakterende kuer fra 250 g/kg⁻¹ kroppsvekt til 150 g/kg⁻¹. Fordøyeligheten av NDF varierer mellom arter og påvirker melkeproduksjonen, Broderick (1985) sammenliknet rasjoner med luserne surfôr og luserne høy mot en diett bestående av maissurfôr. Dyr som ble gitt rasjonen av maissurfôr melket mindre som følge av at NDF fordøyeligheten i mais var 70 %, mens for luserne var den 85 %. DePeters and Smith (1986) sammenliknet rasjoner med tidlig og sent høstet luserne delt opp i to dietter med enten med 50:50 grovfôr: kraftfôr eller 70:30 for henholdsvis begge kvaliteter. Resultatene viste ingen forskjell i TS-opptak eller melkemengde, men gruppen som fikk tidlig slått og 50 % kraftfôr var den eneste gruppen som ikke gikk ned i vekt. Konklusjon ble at gras med tilstrekkelig energiinnhold er nødvendig for å møte lakterende dyrs energibehov.

2.4 Ensilering av gras

Ensilering av gras er en metode å konservere grovfôr på. Det gir mulighet til å høste og lagre grovfôr med en gitt fordøyelighet. Ved å fermentere grovfôret blir bonden mindre utsatt for klimatiske utfordringer som regn under tørking av høy (Pahlow, 2012). Hensikten med å ensilere gras er konservering på en naturlig måte gjennom å oppnå anaerobe forhold ved lagring av grovfôret (McDonald et al., 1991).

2.5 Gjæringsprosess

Gjæringsprosessen kan deles inn i 4 ulike faser. Aerob fase, anaerob fase, stabil anaerob fase og aerob fase ved utfôring av surfôret (Weinberg & Muck, 1996).

2.5.1 Den aerobe fasen

Den første fasen varer fra grovfôret har blitt pakket inn til det er tomt for oksygen. Denne perioden domineres av respirasjonen til plantene og mikrobiologisk aktivitet av aerobe bakterier, muggsopp og gjær helt til oksygenet er brukt opp. I tillegg vil ulike proteaser og

karbohydraser være aktive (Pahlow, 2012). Proteasene spalter proteiner og danner peptider og frie aminosyrer, mens karbohydrasene kan spalte mer komplekse karbohydrater som hemicellulose til vannløselige karbohydrater. Dette vil igjen gi sukker til fermenteringsprosessen (Mo, 2005a). Det produseres CO₂, vann og varme som fører til tap av tørrstoff. Det er derfor viktig å gjøre denne fasen så kort om mulig. (Silva et al., 2017)

2.5.2 Den anaerobe fasen/ fermenteringsfasen

Når oksygenet er brukt opp starter oppblomstring av de anaerobe mikroorganismene. Det er ønskelig at melkesyrebakterier som *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus* dominerer prosessen. Disse bakteriene konkurrerer med uønskede organismer, enterobakterier, klostridier og gjær om de samme næringsstoffene (Mo, 2005a). Hvis gjæringsprosessen domineres av melkesyrebakterier vil det bli produsert melkesyre som senker pH i grassurfôret, og som igjen fører til dårlige vekstvilkår for andre organismer (Silva et al., 2017).

2.5.3 Stabil anaerobe fase

Surfôret blir lagringsstabil når pH faller til 3,8-5 (Weinberg & Muck, 1996), avhengig av TS-innhold. Da er omgivelsene så sure at den mikrobielle aktiviteten avtar, kun de syrebestandige bakteriene klarer å drive en svak hydrolyse av karbohydrater og protein. Under denne anaerobe fasen kan surfôret i teorien lagres uendelig med minimalt tap hvis de ideelle forholdene opprettholdes (Silva et al., 2017). Det er imidlertid noe syrebestandige gjærsopp, klostridier og bacili som overlever i inaktiv tilstand under denne fasen (Mo, 2005a).

2.5.4 Aerob fase ved utfôring

Når siloen eller rundballen åpnes gjenoppstår en aerob fase. Med tilgang til luft kan de aerobe mikroorganismene (muggsopp, gjær, eddiksyrebakterier) igjen begynne sin fermentering ved at de bryter ned melkesyre, protein samt de resterende karbohydratene ned til blant annet etanol, eddiksyre og smørsyre i tillegg til at det utvikles varme. Med svinn av melkesyre kan pH stige og organismer som før ikke trivdes kan blomstre opp og føre til store tap i fôret (Silva et al., 2017). Det er derfor viktig i plan- og tårnsiloer med en liten snittflate_eksponert for luft, på den måten blir varmgang og oppblomstring av uønskede organismer unngått. Hvor lang tid det tar

før en får varmgang i fôret er svært temperaturavhengig, på vinteren med minusgrader kan åpnet silo ligge lenge, mens på sommeren er det kun timer som skal til før varmgang kan oppdages i fôret (Mo, 2005a).

2.6 Mikroorganismer i surfôr og gjæringsprodukter

I surfôr finnes en rekke mikroorganismer som lever av og fermenterer forskjellige substrater. Ved å analysere surfôret og fastsette mengden av de forskjellige substratene kan dette si noe om gjæringskvaliteten, og om fermenteringen har vært vellykket.

2.6.1 Melkesyrebakterier

Melkesyrebakteriene fermenterer vannløselige karbohydrater, hovedsakelig glukose og fruktose samt noen pentoser som finnes i hemicellulose (Volden, u.å). Etter fermentering gjenstår melke- og eddiksyre som de viktigste fermenteringsproduktene. Melkesyrebakterier kan deles inn i homo- og heterofermentative, dette representerer to fermenteringsmønstre (Volden, u.å). De homofermentative bakteriene står for den mest effektive fermenteringen og produserer nesten utelukkende melkesyre, her blir et mol glukose til to mol melkesyre (Mo, 2005c). De heterofermentative bakteriene produserer i tillegg til melkesyre, CO₂, eddiksyre og etanol som følger av en heksose fermentering (Silva et. al., 2017), dette er fordi de heterofermentative melkesyrebakteriene mangler enzymet fruktose-difosfat aldolase. Det fører til at glukose 6-fosfat blir fermentert via 6-fosfoglukonsyre, istedenfor fruktose 6-fosfat (Mo, 2005c). Fermenteringsproduktet fra heterofermentative melkesyrebakterier styres av hvilket substrat som blir nedbrutt, er det heksose vil produktet være eddiksyre, men er det pentose som blir nedbrutt vil en få etanol som fermenteringsprodukt (McDonald et al., 1991).

Figur 2 illustrerer hvilke substrater som blir fermentert av hvilke bakterier. Ren melkesyregjæring av homofermentative bakterier gir ensilering med minst tap av TS (Mo, 2005c).

Det er derfor ønsket at de homofermentative melkesyrebakteriene skal dominere gjæringen. Dette er også tilfellet i begynnelsen av fermenteringsprosessen, men etter hvert endrer forholdet

mellom de homo- og heterofermentative bakteriene. Andelen heterofermentative bakterier stiger, antagelig som følge av en høyere toleranse for eddiksyre (Beck, 1978).

Melkesyre er et surt substrat som senker pH i siloen. Dette er nødvendig for å hemme aktiviteten til andre organismer og gjøre surfôret lagringsstabil (Weinberg & Muck, 1996). Analyse av melkesyre vil derfor være en viktig parameter å kjenne til sammen med ammoniakk for å si noe om den hygieniske kvaliteten til surfôret.

2.6.2 Klostridiebakterier

Klostridier og sopp konkurrerer med melkesyrebakteriene om de samme substratene (Figur 2). I tillegg kan klostridier også bryte ned aminosyrer hvilket gir restprodukter som gir både økt risiko for dårlig smak på melka siden de klostridiale sporene kan overleve veien gjennom melkekua og skape problemer for melkeindustrien der det blir laget ost (Elferink et al., 2000). Fermentering av histidin vil være ødeleggende for produksjonen siden histidin blir ansett som den første begrensende aminosyren for en drøvtygger med gras-kraftfôr diett (Huhtanen et al., 1997). Surfôr der klostridier trives kan karakteriseres ved høye smørsyre verdier (høyere enn 5g/kg TS), en høy pH (typisk over 5 i surfôr med lav TS), samt forhøyede verdier av ammoniakk og aminer (McPherson & Violante, 1966). Rask og tilstrekkelig senkning av pH vil være med på å redusere muligheten for feilgjæring. En annen metode for å inhibere oppblomstring av klostridier kan være å fortørke graset (Wieringa, 1958).

2.6.3 Sopp

Sopp er eukaryote mikroorganismer som kan leve under både aerobe og anaerobe forhold (Elferink et al., 2000). Figuren viser at sopp fermenterer glukose til etanol og CO₂, denne prosessen foregår under anaerobe forhold (McDonald et al., 1991). Produksjonen av etanol er negativt siden det blir mindre substrat å fermentere for melkesyrebakteriene, dårligere smakelighet på surfôret og det kan gi usmak på melka (Randby et al., 1999). Under den aerobe fasen under uttak eller utfôring blir det igjen tilgang på oksygen, aerobe sopparter kan da bryte ned melkesyre til CO₂ og vann (Muck, 2012). Med lavere konsentrasjoner av melkesyre i surfôret stiger pH, som tillater oppblomstring av aerobe bakterier som vil føre til en ytterligere

stigning av pH og temperatur i fôret, nedbrytningsprosessen ender med at muggsopp fullfører nedbrytningen (Muck, 2012).

2.6.4 Ammoniakk

Ammoniakk har lenge vært assosiert med fermenteringskvalitet siden dette er et produkt fra fermenteringen av aminosyrer gjort av de proteolytiske klostridiene (Mo, 2005c). Proteolyse i siloen gir opphav til frie aminosyrer som kan fermenteres av klostridier. Ammoniakk er basisk og vil motvirke syrene i surfôret som senker pH. Dekarboksylering er en annen reaksjonstype fra klostridier, her er CO₂ og aminer produkter. Aminer er basiske og vil fungere som buffer på samme måte som ammoniakk, eller øke pH. Aminer er ved store mengder giftige, samtidig har de egenskaper som knyttes til nedsatt fôropptak (Mo, 2005d).

Det er imidlertid ikke konsensus blant forskere om hvilken grad av påvirkning ammoniakk alene har på TS-inntaket hos dyrene (Charmley, 2001). Ammoniakknivå i vom er vist å ha en større innvirkning på TS-inntaket ved at høye nivåer av ammoniakk i vom kan ha en toksisk effekt på dyret (Choung et al., 1990). Høye nivåer av ammoniakk i vom er ikke nødvendigvis koblet til innholdet av ammoniakk i surfôret, men løseligheten på råproteinet (Charmley, 2001). Inntaket av non protein nitrogen (NPN) viste en høy korrelasjon med mengde ammoniakk målt i vom (Charmley & Veira, 1990). Andre studier peker på at TS-inntaket av surfôr er sterkt negativt korrelert med økende mengde ammoniakk i vom (Choung et al., 1990).

Det er derfor viktig å analysere for ammoniakk i surfôr da det sier noe om den hygieniske kvaliteten på fôret og hvor vellykket ensileringen har vært.

Mjølkesyrebakterier

Homofermentative

1 glukose \longrightarrow 2 mjølkesyre

1 fruktose \longrightarrow 2 mjølkesyre

Hetrofermentative

1 glukose \longrightarrow 1 mjølkesyre + 1 etanol + 1 CO₂

3 fruktose \longrightarrow 1 mjølkesyre + 3 eddiksyre + 2 mannitol + 1 CO₂

1 arginin \longrightarrow 1 ornitin + 1 CO₂ + 2 NH₃

2 serin \longrightarrow 1 acetonin + 1 CO₂ + 2 NH₃

Klostridiebakterier

1 glukose \longrightarrow 1 smørsyre + 2 CO₂ + 2 H₂

2 mjølkesyre \longrightarrow 1 smørsyre + 2 CO₂ + 2 H₂

1 mjølkesyre + 1 eddiksyre \longrightarrow 1 smørsyre + 1 CO₂ + 1 H₂

1 histidin \longrightarrow 1 histamin + 1 CO₂

1 lysin \longrightarrow 1 kadaverin + 1 CO₂

1 valin \longrightarrow 1 isosmørsyre + 1 NH₃

1 leucin \longrightarrow 1 isovaleriansyre + 1 NH₃

1 arginin \longrightarrow 1 putresin + CO₂ + 1 NH₃

Sopp

glukose \longrightarrow 2 etanol + 2 CO₂

Figur 2: Fermenterings stier og næringssubstrat brukt i fermentering av grovfôr, etter Volden, u.å.

2.7 Nær infrarød spektroskopi (NIRS)

Nær infrarød spektroskopi ble først oppdaget på 1800-tallet av William Herschel ved at lys ble sendt gjennom et prisme. Lyset ble brutt og ga et spekter av farger, men han oppdaget at det var mer enn bare de fargene han kunne se, og denne strålingen følte han kun varmen av, han omtalte dette som «heat rays». I senere tid er det blitt fastslått at denne varmestrålingen stammet fra infrarød stråling, et spekter som strekker seg fra 800 til 1 000 000nm. Dette spekteret kan igjen deles opp i nær infrared, NIR (800-2500nm), mid infrared, MIDIR (2500-25 000nm) og far infrared, FIR (25 000-1 000 000nm) (Ozaki, 2021).

VIS er hva mennesket kan se med det blotte øyet, disse bølgelengdene strekker seg fra 400-750nm, NIR fra 780-2500nm (Reeves, 2000). Det er viktig å understreke at disse grenseverdiene ikke er faste. NIRS baserer seg på absorpsjon av kombinasjoner av C-H, O-H og N-H bånd som er deler av overtoner og kombinasjonsbånd av de fundamentale vibrasjonene (Blanco & Villarroya, 2002). Disse vibrasjonene er mye sterkere i MIDIR regionen (Reeves,

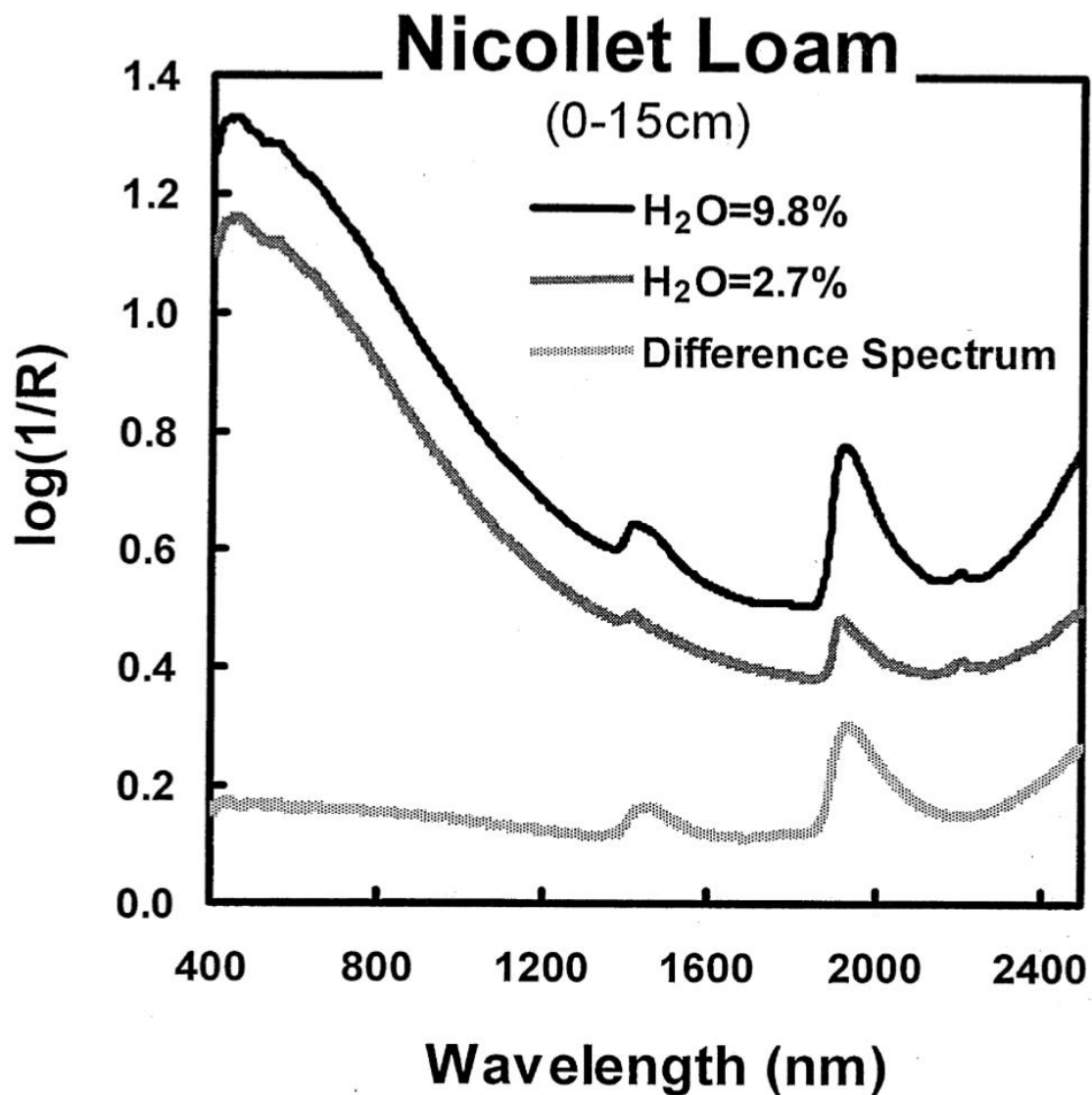
2000). Siden VIS er elektronisk spektroskopi og MIDIR er vibrerende spektroskopi vil NIRS være et middel mellom disse typene spektroskopi som omfatter begge deler (Ozaki, 2021).

Når en prøve blir analysert via NIRS er resultatet et spekter (Figur 3), dette spekteret blir tolket av en modell som knytter de forskjellige bølgelengdene opp mot de kjemiske komponentene i prøven.

Figur 3 illustrerer hvordan vann påvirker et NIR spekter (Chang, 2005). I 2005 undersøkte Chang hvilken effekt vann i jordprøver hadde når man analyserte via NIRS. Figur 3 viser at toppene på spekteret blir både høyere og bredere når vann innholdet i prøven øker fra 2,7 % til 9,8 % (Chang, 2005). Jordprøver blir ofte tørket før analyse på lik linje med surfôr. Det er derfor viktig å være klar over vannets effekt på prøven ved analyse med NIRS i rå prøve.

Forskjellige kjemiske komponenter måles på forskjellige steder i et spekter. Protein kan ifølge Shenk and Westerhaus (1994) observeres på forskjellige bølgelengder som henholdsvis 2060 og 2168-2180nm. Bølgelengder assosiert med fiber fraksjonen (NDF) finner man i intervaller som 1600-1800- og 2200-2300nm.

NIRS prediksjonssikkerhet kan deles inn i tre kategorier. Nøyaktigheten er basert på overenstemmelser mellom resultater fra referanselaboratorium og NIRS prediksjonen av prøver som enda ikke er tatt med inn i kalibreringssettet. Komponenter som tørrstoff og råprotein faller ofte under første kategori da disse er lette å detektere på spekteret. Kategorien under med litt lavere nøyaktighet omfatter komponenter som NDF og fordøyelighet. Siste kategori med den laveste prediksjonssikkerheten er små bestanddeler i prøven som for eksempel aske. Mineraler absorberer ingen energi i NIR regionen og kan dermed ikke detekteres. For å analysere aske med NIRS må apparatet kalibreres på sekundære korrelasjoner med andre komponenter som er vist å ha en sammenheng (Shenk & Westerhaus, 1994)



Figur 3: Hvordan vann påvirker bølgelengdene i et NIR spekter

NIRS apparatet som ble brukt i denne studien er Q-interline AgriQuant B8 (Tølløse, Danmark). Utstyrt med en patentert Spiral Sampler, prøvemateriale som gress, høy, surfôr, såfrø, ull etc. fylles i AgriTube, forsegles og analyseres. Prøven roterer og apparatet skanner opptil 375 cm² i overflate (Q-interline, 2023).

Denne studien viste at fordelene med et slik apparat fremfor den tradisjonelle metoden er at det ikke er nødvendig å tørke og kverne prøven før analyse. Alle prøver analyseres rå slik at forberedelsestiden er liten og effektiviteten er stor. I forbindelse med denne studien ble det analysert over 20 prøver i timen. Det er én maskin (Figur 4) med lett utbyttbart utstyr som gjør

det mulig å analysere forskjellige materialer som ellers ikke ville fungert i glass sylinder. Apparatet bruker en modell som tolker spekteret for å gi et resultat, denne modellen er basert på referanse analyser etter NorFor standarder (Åkerlind et al., 2011). Det er viktig å understreke referanse laboratorium ikke må skiftes da det finnes variasjoner mellom laboratorier (Harris et al., 2018). Eurofins er blitt benyttet som referanse laboratorium for bygging av modellen til AgriQuant.



Figur 4: AgriQuant B8 med patentert Spiral Sampler og programvare

3.0 Materiale og metode

Et spørreskjema ble sendt ut til hver av deltakerne for å gi bakgrunnsinformasjon om gårdene og deres produksjon. Samt hvilke målsetninger og driftsmetoder de respektive gårdbrukerne hadde.

3.1 Deltakere

Fem gårder på Østlandet ble valgt ut til prosjektet. Gårdene er ulike i produksjonsstørrelse, driftsmåte, og i valg av melkekurase. De har alle forskjellige mekaniseringsløsninger til høsting og utføring av grovfôret. Oversikt over gårdene, produksjonstype og mekaniseringsløsninger er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Deltakende gårder i prosjektet

| Gård | Område | Driftsmåte | Høstemetode | Utføringsmekanisering | Tilsetninger |
|------|-------------------|---------------|-------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1 | Viken | Økologisk | Rundballer | Fôrmikser | Mineraler |
| 2 | Viken | Konvensjonell | Plansilo | Fôrmikser | Havre, erter og gulerot og mineraler |
| 3 | Vestfold/Telemark | Konvensjonell | Rundballer | Fôrmikser | Bygg, salt og mineraler |
| 4 | Viken | Konvensjonell | Rundballer | Rundballeriver | Ingen |
| 5 | Viken | Konvensjonell | Rundballer | Minilaster | Ingen |

Alle fjøs er nyere løsdriftsfjøs med melkerobot. Størrelse på driftsenhetene varierer mellom 325 og 550 tonn i grunnkvote.

Gård 1 blander fire rundballer av grønnfôr og grassurfôr med forskjellig kjemisk innhold og slår til en blanding som ble kjørt ut etter behov. Det ble gjort med en elektrisk selvgående fôrblender. Mineraler, 75 gram per ku per dag blir også tilsatt i miksen. Besetningen består av ca. 60 årskyr av rasen NRF og gården disponerer en grunnkvote på 418 tonn. Målet for melkeproduksjonen er en ytelse på mellom 8000 og 9000 kg EKM med en høy grovfôrandel. Det fôres etter planlagt avdrått. Grovfôret høstes i et slåttesystem der målet er fire slåtter, mens noe blir høstet tre ganger i løpet av sesongen. Arealet driftes økologisk og består av 900 dekar, i tillegg dyrkes det korn på 200 dekar. Gjødning håndteres ved bruk av både slangespreder med

stripebom og tankvogn. På grovfôrarealet dyrkes det forskjellige blandinger bestående av timotei (*Phleum pratense*), engsvingel (*Festuca pratensis*), raigras (*Lolium perenne*), rødkløver (*Trifolium pratense*) og hvitkløver (*Trifolium repens*). Den andre blandingen benyttet på gården inneholder timotei (*Phleum pratense*), strandsvingel (*Festuca arundinacea*), engrapp (*Poa pratensis*), luserne (*Medicago sativa*) og rødkløver (*Trifolium pratense*).

Gård 2 bruker primært grassurfôr fra plansilo, men grunnet grovfôrsituasjon har det også blitt benyttet noe rundballer. Gulrot, erter og havre blir tilsatt i en traktordrevet fôrblender. Utfôring skjer en gang i døgnet. Gården har en grunnkvote på 450 tonn med ca. 60 årskyr med en blanding av Simmental og NRF. Målsetting for produksjonen av melk er en moderat ytelse med liten bruk av kraftfôr (16-18 kg/100 kg EKM). Grassurfôret høstes i tre eller fire slåtter på ca. 650 daa og legges i plansilo, samt supplerings av rundballer da dekkvekst er en type grønnfôr blanding. Øvrige tilsetninger som havre, erter og gulrot blir kjøpt inn. Strandsvingel (*Festuca arundinacea*), raigras (*Lolium perenne*) og hvitkløverblanding (*Trifolium repens*) høstes direkte til dyr som fôres inne i løpet av sommeren. Graset høstes med butterfly slåmaskin, det blir benyttet sprederive ved behov. Samlerive kjøres før alt legges i silo med selvgående finsnitte og vogner. Gjødning spres ved bruk av slepeslanger med stripebom og vogn på vår og etter slått. Frø brukt i eng til konservering er timotei (*Phleum pratense*), engsvingel (*Festuca pratensis*), raigras (*Lolium perenne*) og rødkløver (*Trifolium pratense*).

Gård 3 blander fire rundballer grassurfôr av forskjellig kvalitet og slåtter i en mikser, det blir tilsatt ca. 120 kg knust bygg pellets og 300 L vann. Fôrmiksen blir også tilsatt 50g/ku per dag med mineraler, gjær og salt. Fôret blir distribuert utover fôrbrettet 8 ganger i døgnet via en skinnegående vogn. Grovfôret høstes i tre til fire slåtter på 550 dekar og fôres ut på ca. 60 årskyr. Gården har 550 tonn i grunnkvote med et mål for melkeproduksjonen på 10 000 kg EKM. Husdyrgjødning spres ved bruk av vogn med stripespreder. Frøblanding til eng består av timotei (*Phleum pratense*), strandsvingel (*Festuca arundinacea*), raigras (*Lolium perenne*), rødkløver (*Trifolium pratense*) og hvitkløver (*Trifolium repens*).

På gård 4 blir rundballer revet opp med TKS K2 EasyFeed rundballeriver hengende i en skinnbane. Det blir fôret ut rundballer av tre forskjellige kvaliteter (høstetidspunkter) i løpet av et døgn og utfôringen skjer annenhver time, alle dyregrupper får av samme grovfôr. Areal disponibelt til grovfôrdyrking er 360 daa av 590 daa, på resterende areal dyrkes korn. Antall årskyr i 2023 er 51 med en kvote på 392 tonn. Strategien i grovfôrdyrkingen er å lage fôr med

høy fôrenhetskonsentrasjon og mye protein. Skifter med best forutsetninger for dyrking av eng blir høstet 4 ganger, mens resterende areal høstes i 3 omganger. Det blir tilført handelsgjødsel tidlig om våren etterfulgt av 4,5 tonn/daa med husdyrgjødsel, denne blir kjørt ut med slangespreder med stripebom. Etter 2. slått blir det påført ca. 3 tonn/daa husdyrgjødsel. Handelsgjødsel spres umiddelbart etter hver slått utenom den siste. Fokus i melkeproduksjonen er å lage godt fôr, sørge for godt grunnlag hos kalven med mye råmelk og skape trivsel i fjøset. Grunnet fôrsituasjon etter tørke ble det kjøpt inn fôr av en angivelig dårligere kvalitet for å dekke oppunder grovfôrbehovet.

Gård 5 fôrer grassurfôr av forskjellig kvalitet og slått to ganger om dagen. Rundballene blir revet opp ved bruk av minilaster. Mask gis etter appetitt til melkeku på egen del av fôrbrettet. Av gårdens totale areal på 700 dekar dyrkes det grovfôr på 350 daa. Grasarer brukt i eng er en blanding av timotei (*Phleum pratense*), engsvingel (*Festuca pratensis*) og rødkløver (*Trifolium pratense*). Graset høstes i tre omganger foruten de dekarene som skal fornyes, der det blir det slått to ganger før sprøyting. Graset slås av en slåmaskin med stengelknekker før det samles med en samlerive og presses i rundballer. Fokuset i grovfôrstrategien ligger på stubbhøyde, fortørkningshastighet og værforhold rundt høsting. Det nyttes ikke ensileringsmiddel. Husdyrgjødsel spres en gang i året av slangespreder med nedfeller. Omtrent halvparten av eng arealet får husdyrgjødsel før 1. slått. Etter slått får enga kun handelsgjødsel, resterende av de 2300m³ som blir spredt nyttes på korn arealet. Siden gården også driver konrproduksjon blir de minste skiftene og skifter minst egnet til korn benyttet til grasproduksjon. Gården disponerer en grunnkvote på 325 tonn med ca. 40 årskyr i besetningen. Målsetting for melkeproduksjon er å fremme best mulig kvalitet i melka og friske dyr med få forekomster av produksjonssykdommer. Avdrått har vært ca. 9500 kg EKM per årsku.

3.2 Prøvemateriale

Prøvematerialet består av totalt 462 grovfôrprøver hentet fra alle gårdene. Prøvene ble tatt ut over en periode på 8 uker, fra kalenderuke uke 5-15 i 2023. Hvert uttak ble gjort med ca. 1 ukes mellomrom.

3.3 Prøveuttak

Grovfôrprøvene ble tatt i forbindelse med utfôring. Når nytt fôr ble tildelt, ble det tatt ut 5 spotprøver fordelt jevnt over hele fôrbrettets lengde med ca. 2 kg grovfôr i hver prøve (Figur 5). Prøvene ble så lagt på et rent underlag, hvor hver prøve ble blandet godt og redusert to ganger (Figur 6). Etter reduksjon og ytterligere homogenisering ble gjenværende prøvemateriale klippet opp med en saks opp i en bøtte (Figur 7). Prøven ble så blandet før den ble stappet i Olabeger (Figur 8). For hver spotprøve ble det tatt ut to paralleller. Det ble tatt ut nok prøvemateriale til at det ble igjen en rest etter hvert uttak. Disse restene ble samlet etter hver klipping før de ble slått sammen til slutt, blandet og stappet i egne Olabeger som samleprøver. Dette ble da en blanding av alle fem uttak langs fôrbrettet.



Figur 5: Spotprøver hentet fra fôrbrett ved utfôring



Figur 6: Spotprøver ved første reduksjon etter homogenisering



Figur 7: Blandet grovfôr blir klippet i bøtte før fylling av Olabeger

For hvert besøk ble det tatt ut totalt 12 Olabeger der 5 prøver er spotprøver med en parallell tilhørende hver prøve (til sammen 10 prøver). De to siste er en samleprøve der resterende fôr fra spotprøver ble samlet og blandet godt før Olabegrene ble fylt opp.



Figur 8: Skinne med 20 Olabeger fylt med grovfôr. Påsatt QR-kode for skanning av NIRS instrumentet

På lokket av begerne ble det festet en QR-kode (Figur 8) med produsent- og løpenummer. Videre ble prøvene enten analysert direkte eller fryst i påvente av analyse.

Analyse av prøvene ble gjennomført med AgriQuant NIRS instrument fra Q-interline. Olabegrene ble, etter frysing eller kjøling oppbevart på laboratoriet til temperatur på prøven holdt 20 grader celsius. Grassurfôret ble overført fra begeret til AgriTube (Figur 9) ved bruk av en pinsett med mothaker. Sylindere ble så ristet for å gi stor overflate og jevn fordeling av massen i sylindere før analysen. Deretter ble glasset tørket av med en tørr klut for å fjerne eventuelle partikler på utsiden av glasset så analysen ikke ble påvirket. Etter endt analyse ble innholdet tømt ut og glasset rengjort før neste prøve.

AgriQuant analyserer for komponentene tørrstoff, råprotein, OMD, NDF, aske, melkesyre, sukker og ammoniakk. Analysen gir oversikt over komponenter viktige for fôrplanlegging og komponenter som sier noe om ensileringen.



Figur 9: Viser prøvemateriale overført fra ola beger til glass sylinder før analyse.

3.4 Statistikk

For å vurdere variasjonen enten innen den enkelte prøve eller på de ulike stedene på fôrbrettet er det benyttet to statistiske metoder. Den første er en enkel lineær sammenheng hvor man beregner korrelasjonen (Pearson korrelasjonstest) mellom de ulike prøvene. Dette er gjort i SAS (SAS Institute, 2016), og root mean square error (RMSE) er oppgitt som prediksjonsfeil. Den andre metoden er å beregne gjentaksgard (reproduserbarhet) ved bruk av varianskomponenter. Denne metoden benyttes til å beregne en korrelasjon enten mellom de to parallelle prøvene innen uttak eller mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet. Gjentaksgard mellom de to parallelle prøvene er beregnet som covariatet mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet innen gård og uke. Følgende statistisk modell ble benyttet for å beregne varianskomponenter:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \beta_1 G_i \times \beta_2 U_j + \beta_3 S_k + \varepsilon_{ijk}$$

Hvor Y_{ijk} er komponent i fôret, β_0 er konstantleddet, G er gård, U er uke for uttak av prøve, S er uttakssted på fôrbrettet og ε_{ijkl} er feilleddet. I analysen er gård og uke brukt som fast effekt og uttakssted på fôrbrettet er behandlet som gjentatte målinger. UN korrelasjonsmatrise ble brukt for å estimere covariat-verdier.

For å beregne varianskomponentene for variasjonen mellom uttakssted på fôrbrettet ble følgende modell benyttet:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \beta_1 G_i + \beta_2 U_j + \beta_1 G_i \times \beta_2 U_j \times \beta_3 S_k + \varepsilon_{ijk}$$

Hvor Y_{ijk} er komponent i fôret, β_0 er konstantleddet, G er gård, U er uke for uttak av prøve, S er uttakssted på fôrbrettet og ε_{ijkl} er feilleddet. I analysen er gård og uke brukt som faste effekter og samspillet gård x uke x sted er behandlet som gjentatte målinger. UN korrelasjonsmatrise ble brukt for å estimere covariat-verdier.

De statistiske modellene ble bestemt ved å benytte Proc Mixed i SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC).

3.5 Simuleringer i TINE OptiFôr

Det er gjort en rekke simuleringer i TINE OptiFôr for å vurdere hvilken effekt grovfôrkvaliteten har på kraftfôrforbruk. Dette er gjort ved at to kyr er simulert i OptiFôr med en melkeytelse på 25 og 35 kg melk/dag. Videre ble det laget tre fôrmidler per uke for hver av produsentene basert på de prøvene med høyeste, laveste eller gjennomsnittlig OMD. Resterende komponenter som TS, råprotein, NDF, sukker, melkesyre og ammoniakk er de verdiene tilknyttet prøven med lav eller høy OMD.

4.0 Resultater og diskusjon

Resultatene i denne oppgaven baserer seg på en kombinasjon av grafiske fremstillinger, statistikk for å vurdere korrelasjoner mellom parallelle prøver innen uttak, sted og korrelasjon mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet. I tillegg er det gjennomført simuleringer i TINE OptiFôr for å vurdere sensitiviteten for de ulike uttaksmetodene i forhold til beregnet behov for kraftfôr. Komponentene fra NIRS analysen er de kjemiske komponentene TS, råprotein, NDF, sukker, aske, ammoniakk og melkesyre. I tillegg analyseres OMD som fordøyelseskaraktistikk. Ved fôrplanlegging er det tørrstoff, råprotein, NDF og OMD som har størst betydning for beregnet grovfôr- og kraftfôropptak (Volden et al., 2011). Derfor legges det mest vekt på disse i oppgaven og det er disse variablene som blir presentert i figurene som viser effekt og variasjon av uttaksmetodene. Figurer for de øvrige kjemiske komponentene er presentert i vedlegg 1, 2 og 3.

Formålet med oppgaven er å vurdere metodikken for uttak av fôrprøver når disse tas fra fôrbrettet. Analyse av grovfôr utgjør en kostnad for bonden og derfor er det viktig å kunne optimalisere uttaksmetodikken både med hensyn til representative prøver, analysesikkerhet og kostnad. I oppgaven gjøres det også en vurdering av hvordan beregnet fôrplan påvirkes av det kjemiske innholdet fra uke til uke og som dermed kan si noe om kost/nytte. Variabler som sukker, aske, melkesyre og ammoniakk er alle lagt inn i fôrmidlene brukt i TINE OptiFôr, men vil ikke bli presentert og diskutert da de har liten effekt på valg av type kraftfôrblanding.

4.1 Prøvematerialet

Prøvematerialet består av 462 observasjoner fordelt på fem gårder. Siden hver prøve er delt i to for å undersøke reproduserbarheten for analysemetoden består datamaterialet av 200 enkeltprøver fordelt på gårder, uker og sted på fôrbrettet. Prøvematerialet stammer fra ulike slåtteregeimer, med forskjellige høstelinjer og grasarter. Dette gir en god spredning og er representativt for hva som dyrkes i store deler av Norge siden grasblandingen i hovedsak er timoteibasert. Tabell 2 gir en oversikt over spredningen i prøvematerialet. Gjennomsnitt, standardavvik, min og maks verdier er oppgitt for de forskjellige komponentene.

Tabell 2: Spredning i prøvematerialet

| Komponent | N | Gjennomsnitt | Std avvik | Min | Maks |
|------------------------------------|-----|--------------|-----------|------|------|
| Tørrstoff, % | 462 | 39,7 | 9,4 | 25,5 | 68,0 |
| Råprotein, % | 462 | 14,7 | 2,5 | 7,4 | 20,4 |
| OMD, %¹ | 462 | 73,7 | 2,9 | 62,7 | 80,7 |
| NDF, % av TS^{2, 3} | 462 | 48,1 | 4,3 | 37,8 | 63,4 |
| Aske, % av TS | 462 | 6,2 | 1,4 | -0,8 | 9,4 |
| Sukker, g/kg TS | 462 | 53 | 30 | -35 | 151 |
| Melkesyre, g/kg TS | 462 | 52 | 21 | 3 | 115 |
| Ammoniakk, g/kg N | 462 | 78 | 30 | -49 | 159 |

¹OMD= organisk stoff fordøyelighet; ²NDF = nøytralt løselig fiber; ³ TS=tørrstoff

Innholdet av råprotein er tett på hva som er landsgjennomsnittet (14,7 % av TS) de siste to årene, mens innholdet av OMD er noe høyere enn gjennomsnittet (71,9 %) (NorFor FAS; I. Schei, pers. med).

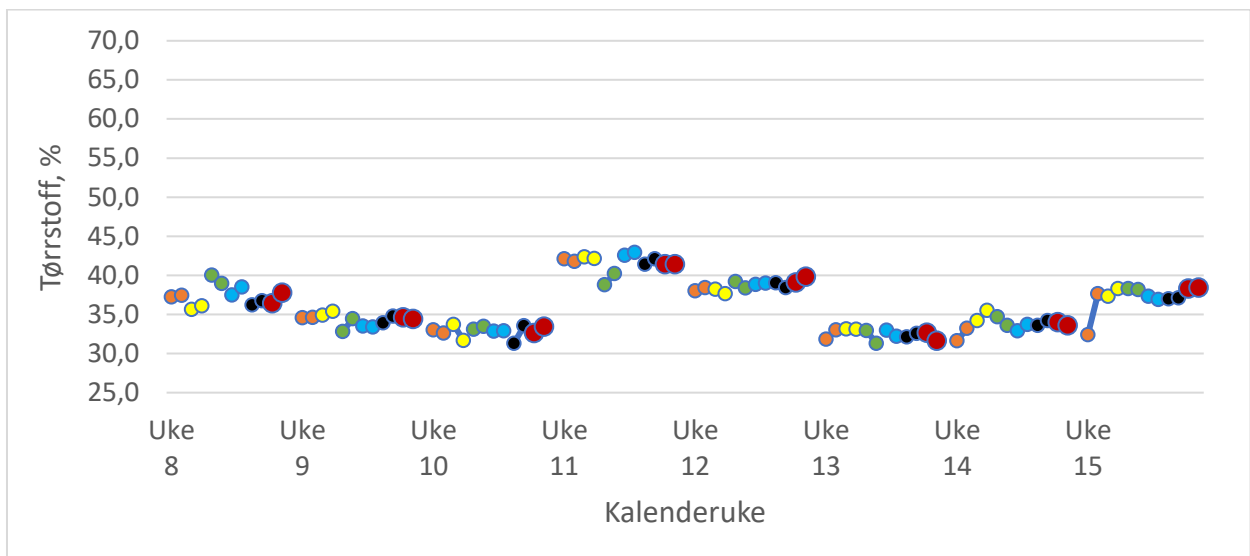
4.2 Ukentlige prøveuttak

I perioden fra uke 5 til 15 ble gårdene besøkt for ukentlig uttak av prøver. Avsnittene 4.2.1 til 4.3 viser en grafisk fremstilling av resultatene for de ulike fôrkomponentene for de enkelte gårdene.

Siden det er tatt ut prøver med paralleller for hvert uttakssted på fôrbrettet, samt for samleprøven er disse fargelagt med samme farge for å synliggjøre hvilke prøver som er fra samme uttak. Samleprøver er forstørrede punkt med en rød farge, disse indikerer også slutten av prøvene tatt ut for den enkelte uken. Figurene gir en oversikt over alle prøver tatt fra uke til uke hos produsenten og gir et bilde av variasjonen på ukes basis, men også hvilken variasjon som foreligger innad på fôrbrettet ved uttak. For å kunne sammenligne gårdene visuelt er det brukt samme intervall på y-aksen.

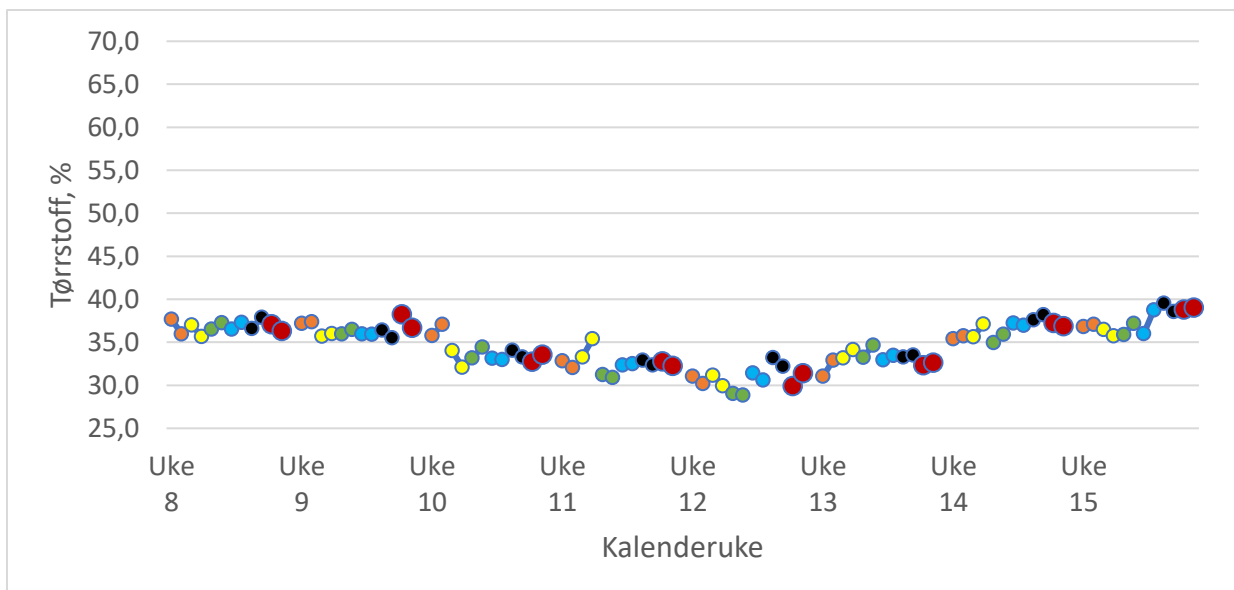
4.2.1 Tørrstoff

Figur 10-14 viser TS målinger gjennom hele prøveperioden for de fem gårdene. Målinger fra gård 1 viser en variasjon på ca. 15 %-enheter for hele prøveperioden. Resultatene viser at det er små variasjoner innad i ukene. For de fleste av uttakene innen uke ligger variasjonen innenfor 5 %-enheter. Variasjonene mellom uker skyldes at det i prøveperioden er benyttet ulike grovfôrpartier som er høstet under ulike forhold.



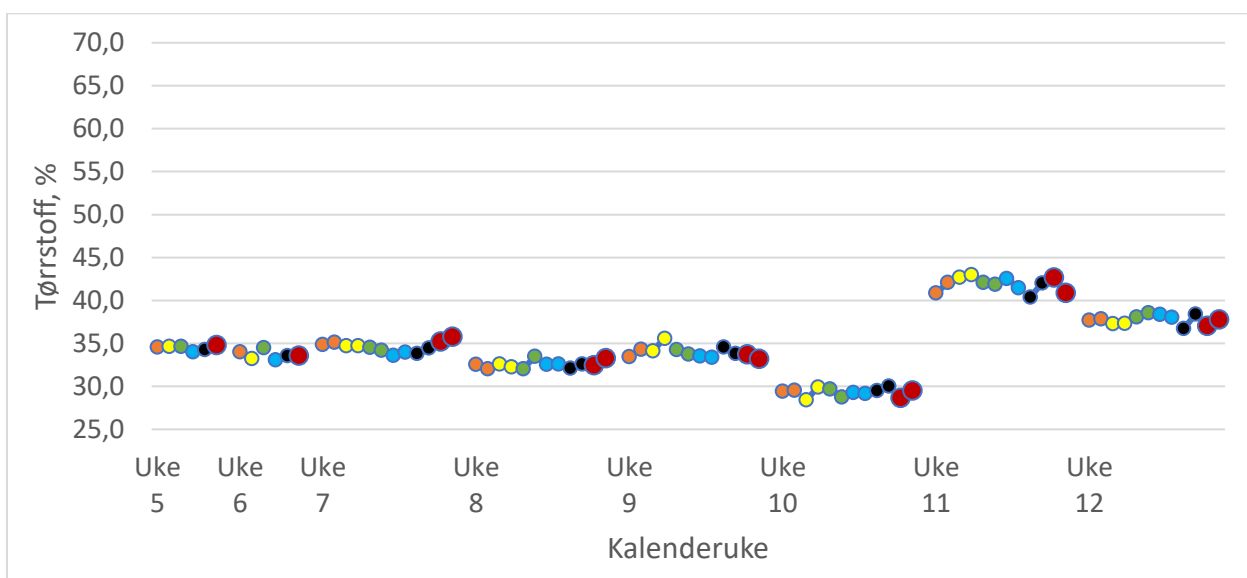
Figur 10: Tørrstoff målinger over 8 uker for gård 1

Gård 2 viste stabile målinger gjennom hele prøveperioden (Figur 11) og det var liten variasjon i TS innad i ukene, høy gjentakelsesgrad mellom paralleller. Hoved grovfôret er fra plansilo med innblanding av rundballer, korn og gulrot. Mot slutten av perioden ble tilgangen på gulrot dårligere som førte til en økt andel grovfôr, bygg og erter som kan forklare den økte TS % som observeres i uke 14 og 15.



Figur 11: Tørrstoff målinger over 8 uker for gård 2

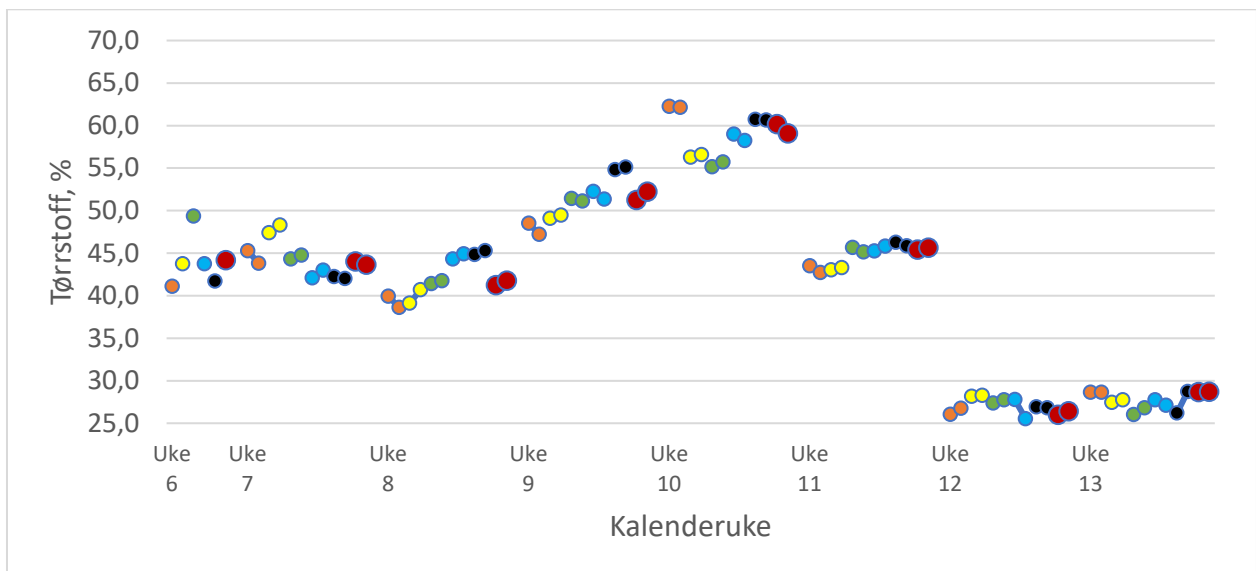
Gård 3 har et mål om å holde innholdet av TS i grovfôrmiksen mest mulig stabil over tid (Figur 12), noe resultatene viser på tross av at det blir brukt rundballer. Fra uke 5 til uke 9 varierer TS-innholdet i miksen med mindre enn 3 %-enheter mellom ukene. Et høyere TS innhold i uke 11 og 12 skyldes et annet rundballeparti. Innen uke er variasjonen svært liten og i gjennomsnitt under 2 %-enheter.



Figur 12: Tørrstoff målinger over 8 uker for gård 3

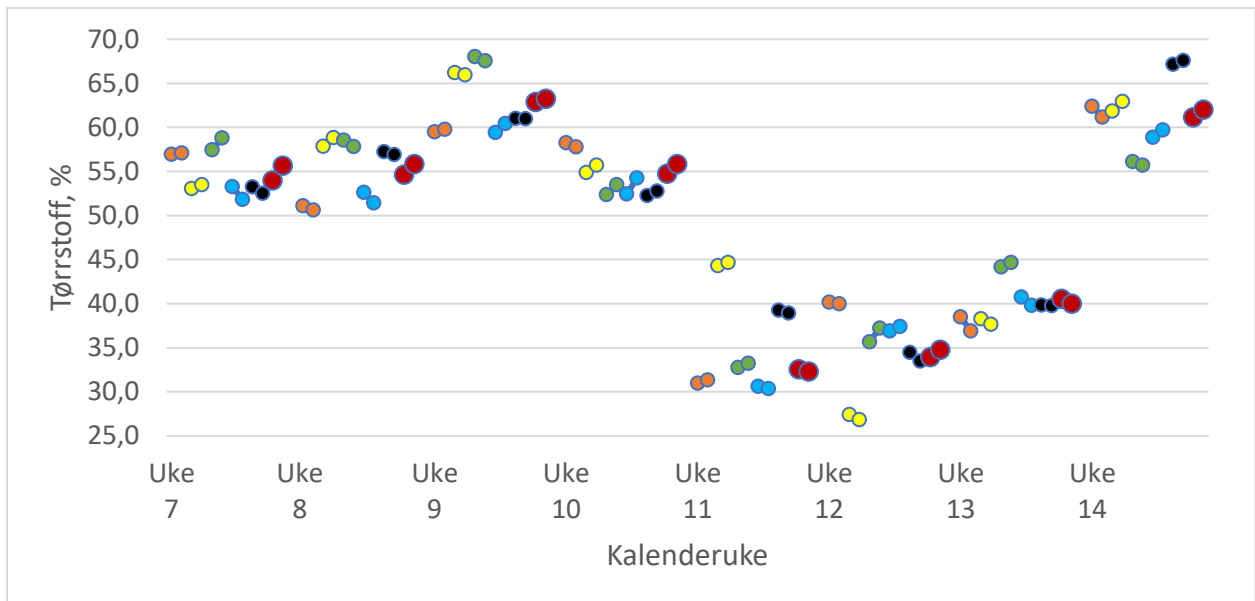
På gård 4 (Figur 13) er det stor variasjon i TS innhold mellom ukene. Det skyldes først og fremst samspillet mellom mekaniseringen for utfôring av rundballene og tidspunktet for uttak

av prøver. Siden tre ulike rundballepartier ble brukt innen døgnet og fôret ut med en rundballeriver ble prøveresultatet mellom uker påvirket av hvilket parti som var fôret ut når prøvene ble tatt. Likevel viste resultatene en noe større variasjon mellom prøvene innen uke enn gårdene 1, 2 og 3. Innen uke varierte TS innholdet i prøvene med 8 %-enheter på det meste. Tendenser til større variasjoner innen uke for den tørre kvaliteten som er gitt i uke 7, 9 og 10.



Figur 13: Tørrstoff målinger over 8 uker for gård 4

Figur 14 viser TS verdier for alle prøvene som ble tatt ut ved gård 5. Det er store variasjoner mellom uke 10 og 11, som følger av et bytte i fôrparti (2. slått til 1. slått). Nytt fôr førte til markant økning i TS % fra uke 13 til 14. Variasjonen mellom prøver innen uke varierte i gjennomsnitt med 10,2 %-enheter. Bonden har en bevisst strategi på fortørking og mest mulig TS per rundball, dette gir utslag i en generelt høy TS prosent på fôret.

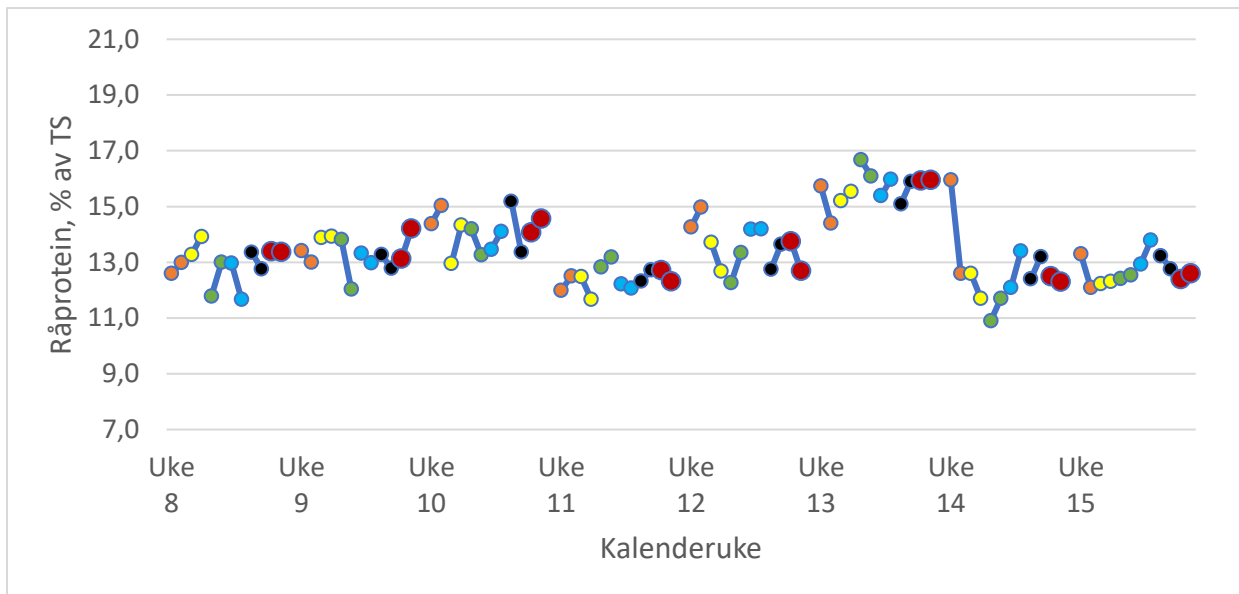


Figur 14: Tørrstoff målinger over 8 uker for gård 5

4.2.2 Råprotein

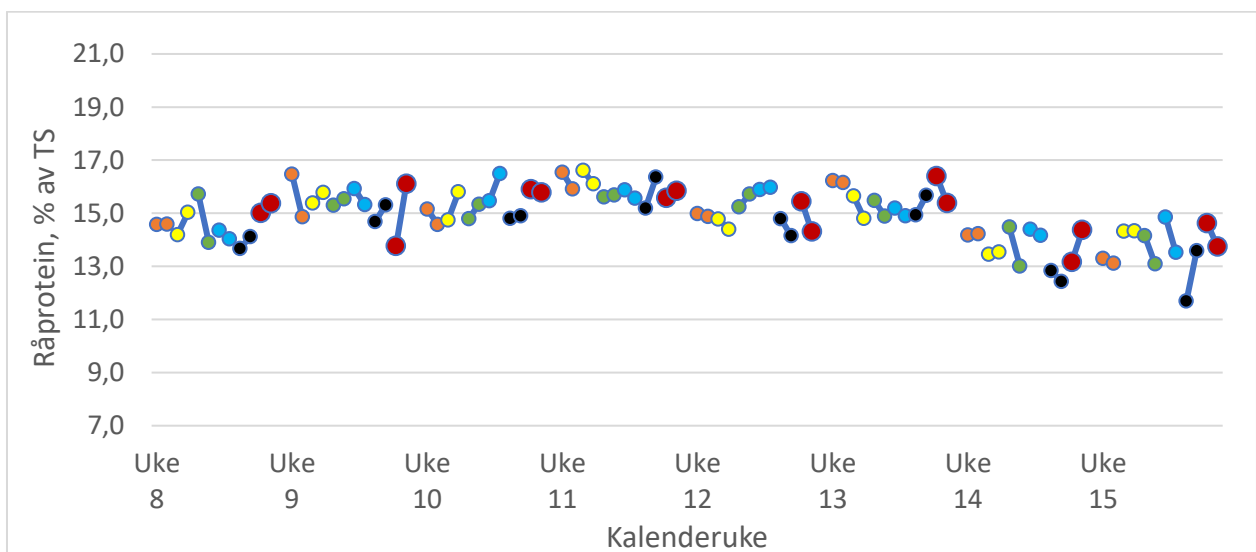
Figur 15-19 gir en oversikt over målingene gjort av råprotein for de forskjellige gårdene gjennom prøveperioden på åtte uker. Sammenlignet med tørrstoff viste råprotein en større variasjon både mellom og innen uke for flere av gårdene. Fire av gårdene høstet grovfôret i rundballer og innholdet av råprotein i gras varierer en del innad på det enkelte skifte (Kephart & Buxton, 1993), og dermed kan det være større variasjon mellom rundballene i innhold av råprotein. Siden råproteinet også inneholder en viss andel av tørrstoffet vil det være vanskeligere å ta ut en representativ prøve for bestemmelse av råprotein.

Innholdet av råprotein i grovfôret til gård 1 er vist i Figur 15. Variasjonen mellom uker var i gjennomsnitt 15 %. Variasjonen på fôrbrettet innen uke var lavere og var sjelden mer enn 2 %-enheter. En mindre variasjon innen uke kan forklares ved at rundballene ble mikset i en blander. Høyere innhold av råprotein i uke 13 kan forklares ved variasjon mellom fôrpartiene.



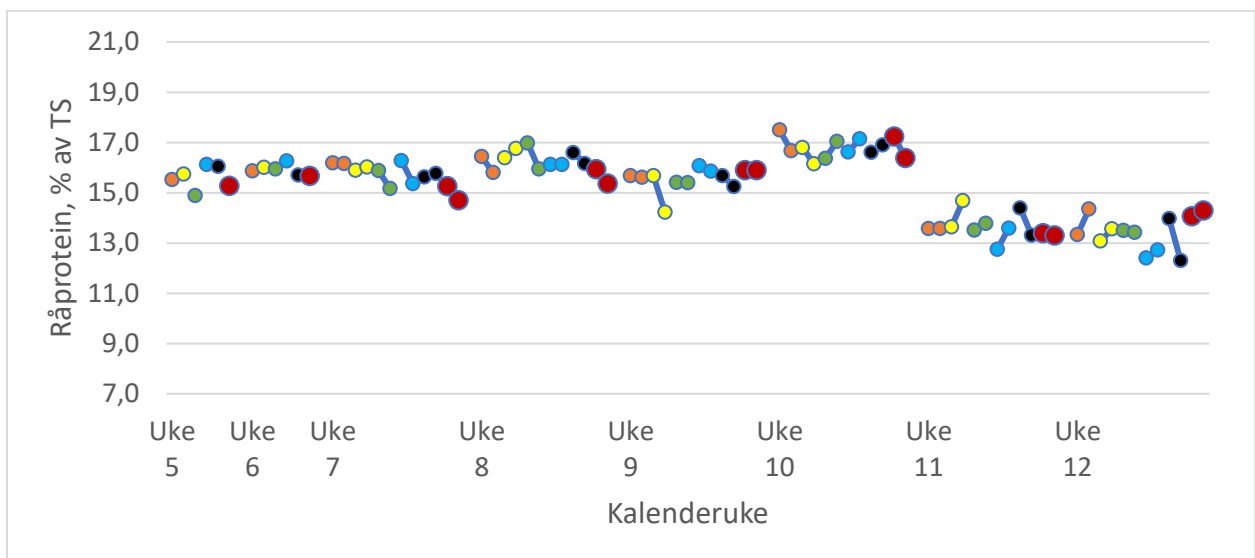
Figur 15: Råprotein målinger over 8 uker for gård 1

Gård 2 lagrer hovedvekten av grovfôret i plansilo. Innblanding av rundballer i fôrmiksen kan variere noe og det kan forklare mye av variasjonen mellom uker (Figur 16). Innholdet varierte mellom 11,5 og 16,5 % råprotein i tørrstoffet, med et dropp mot slutten av perioden. Det vil ha betydning for optimering av fôrmiksen mellom uker. Innen uke varierte råprotein_innholdet med mindre enn 2 %-enheter. Jevne målinger i Figur 16, noe spredning mellom enkelte paralleller. Et homogent grovfôr med lite variasjon fra uke til uke. De samme tendensene ble observert for TS målingene (Figur 11).



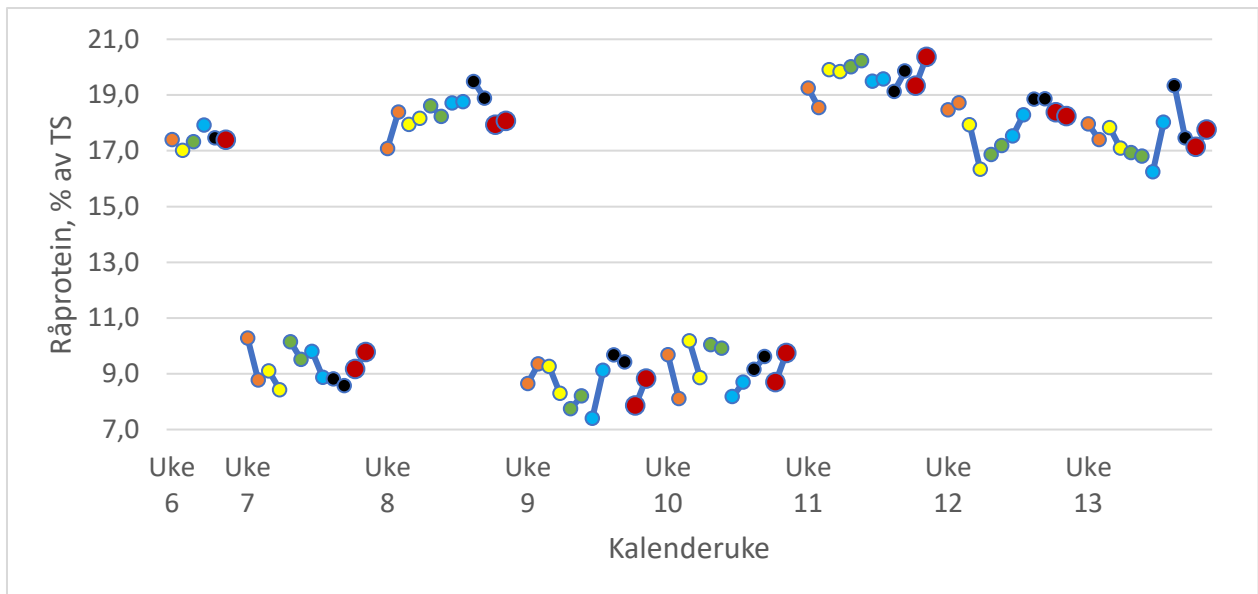
Figur 16: Råprotein målinger over 8 uker for gård 2

Gård 3 viste svært stabile målinger både innen og mellom uker i uke 5 til 10 (Figur 17). Et forskifte ble foretatt mellom uke 10, 11 og 12. Men også innenfor disse ukene med samme fôrparti var det liten variasjon i innhold av råprotein i fôrmiksen (<1,5 %-enheter) før fôringen stabiliserte seg i uke 12. Liten variasjon mellom og innad for ukene med samme fôr (2 %-enheter).



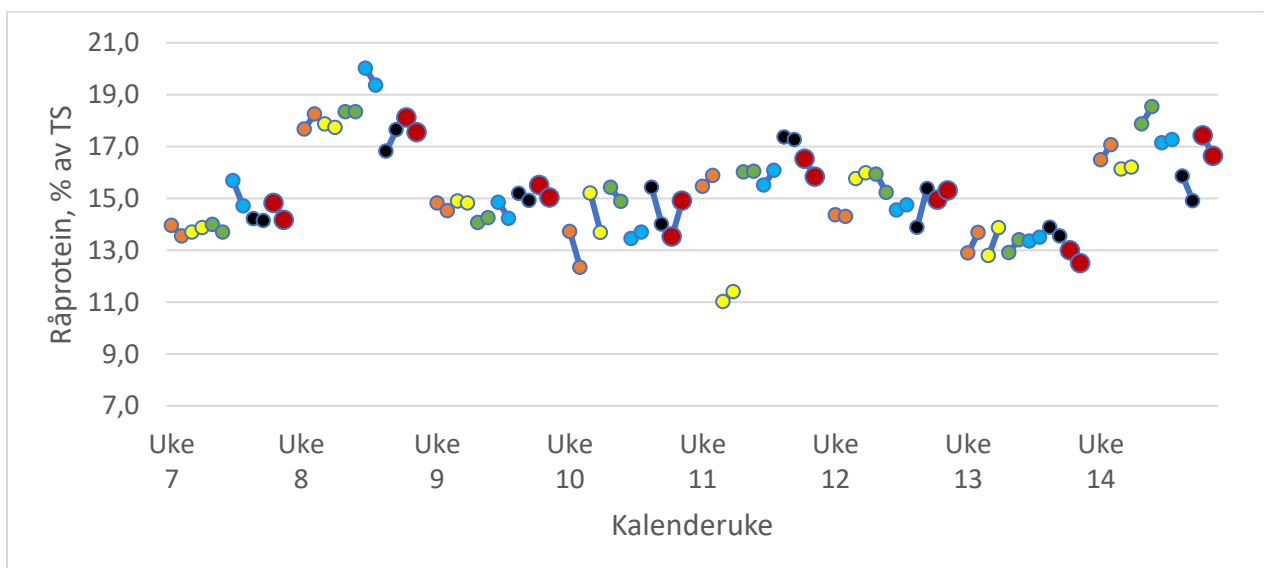
Figur 17: Råprotein målinger over 8 uker for gård 3

Som beskrevet under avsnittet for tørrstoff så kan forklaringen for den store variasjonen mellom uker forklares av samspillet mellom uttakstidspunkt og rundballeparti (Figur 18). varierer innholdet i protein. Den høyeste observerte variasjon mellom uker var 10 %-enheter. Sammenlignet med gårdene 1, 2 og 3 var variasjonen innen uke større og forskjellen mellom laveste og høyeste verdi var eksempelvis 2,2 %-enheter i uke 9. Det dårligste grovfôret har et innhold av råprotein mellom 7,4- og 10,3 %. Grovfôret med den beste kvaliteten varierer fra 16,2- til 20,4 %



Figur 18: Råprotein målinger over 8 uker for gård 4

For gård 5 varierte innholdet av råprotein mellom 11 til 20 % (Figur 19) mellom de ulike ukene. Det skyldes at det ble fôret forskjellige kvaliteter gjennom hele perioden. Noen av ukene har den samme kvaliteten og viser sammenfallende resultater. Innad i ukene er variasjonen mindre, men spesielt i uke 11 viser resultatene hvor sensitivt det kan være ved å ta ut én enkeltprøve og legge denne til grunn for et fôrparti. Variasjonen mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet selv fra den samme rundballen varierte med 8 %-enheter denne uken. Gård 5 har sammenlignet med de andre gårdene en større variasjon i analysert proteininnhold både innen og mellom uker.

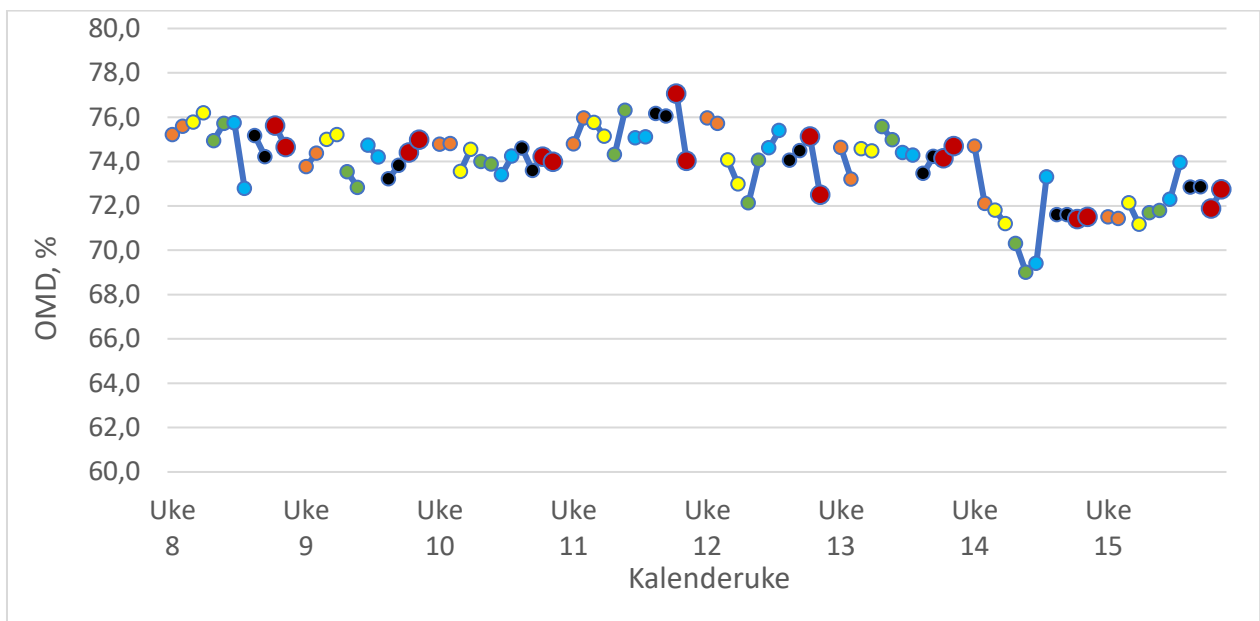


Figur 19: Råprotein målinger over 8 uker for gård 5

4.2.3 OMD

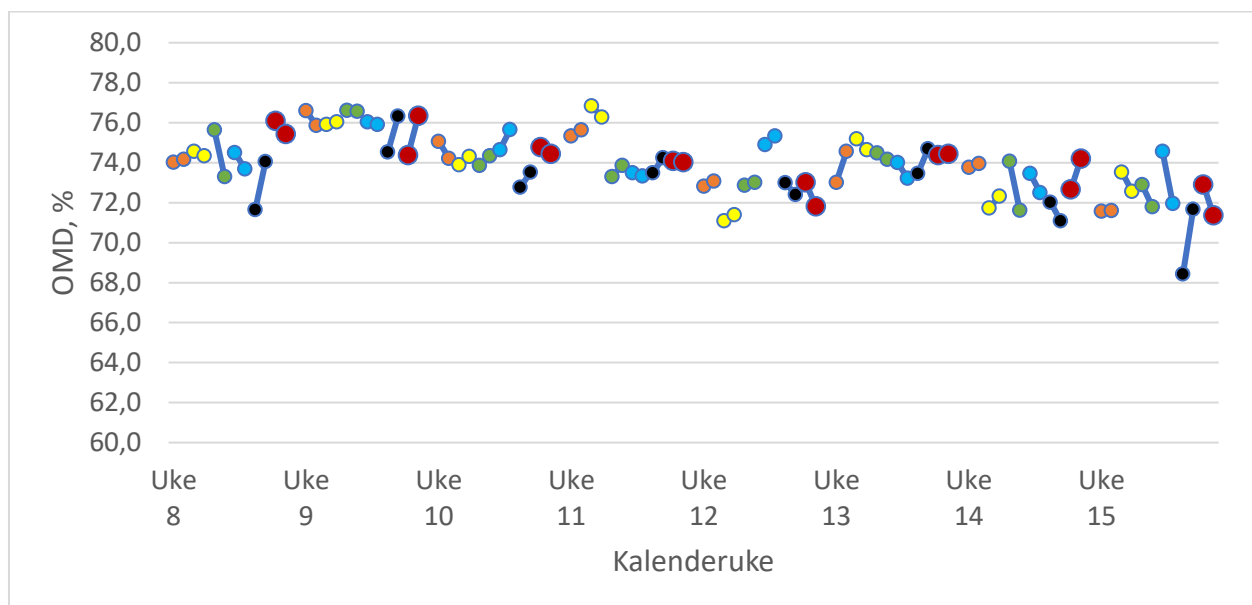
I henhold til NorFor systemet er det OMD som er den mest sensitive variabelen for fôrets innhold av energi, AAT og PBV. OMD har også stor betydning for beregnet grovfôropptak da OMD inngår i beregningen av grovfôrets fylleverdi (Volden et al., 2011). Grovfôrets innhold av OMD er bestemt av innholdet av organisk stoff og fordøyeligheten av denne. Det betyr at en rekke agronomiske avgjørelser som valg av mengde gjødsel (Johnson et al., 2001), og forhold under spredning påvirker. Slåttestrategiske faktorer som høsting i forhold til varmesum og utviklingstrinn (Kjærstad, 2022; Nordheim-Viken & Volden, 2009) vil påvirke denne verdien. Arbeidet med NIRS kalibreringene viser også at OMD har en større prediksjonsfeil enn de kvantitativt viktige variablene TS, råprotein og NDF (H. Volden, pers. med.). Dette er i tråd med hva Lobos et. Al., (2019) konkluderte med i sitt arbeid med å lage kalibreringer for ferskt gras. Figurene 20-24 viser utviklingen i OMD gjennom prøveperioden for gård 1-5.

På Gård 1 er gjennomsnittlig innhold av OMD i ukene 8 til 13 74,6 % (Figur 20). I uke 14 og 15 er innholdet lavere og skyldes skifte av fôrparti. Innen uke varierer OMD innhold med maks 2 %-enheter. Unntaket er uke 14 hvor det er til dels stor variasjon både mellom og innen prøver. På et av uttaksstedene viste den første prøven 69,4%, mens parallellen ble mål til 73,3%. En forskjell på nærmere 4 %-enheter. Høyeste og laveste måling gjennom perioden er 69- og 77 %, en forskjell på 8 %-enheter. Det vil gi store utslag på kraftfôr forbruk (Tabell 10 og 11).



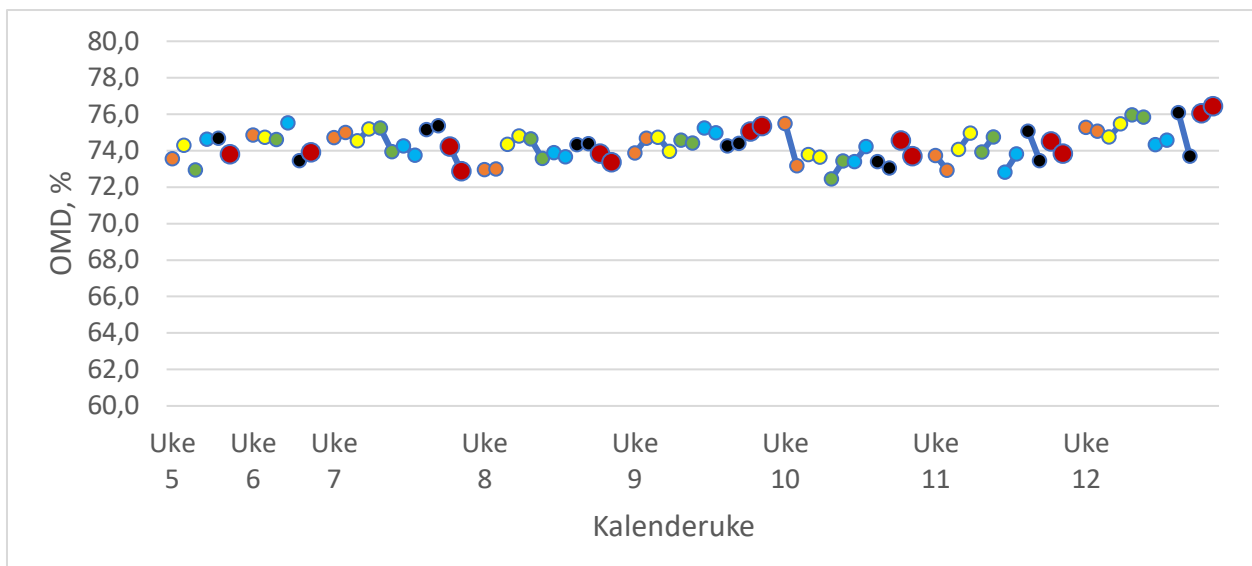
Figur 20: Målinger av fordøyelighet av organisk stoff (OMD) over 8 uker for gård 1

Figur 21 viser OMD analysene for Gård 2. Analysene viser en synkende trend gjennom perioden. Hvis samleprøvene sammenliknes begynner perioden med en OMD på 75,5 %, mot en OMD på 71,5 % på siste måling.



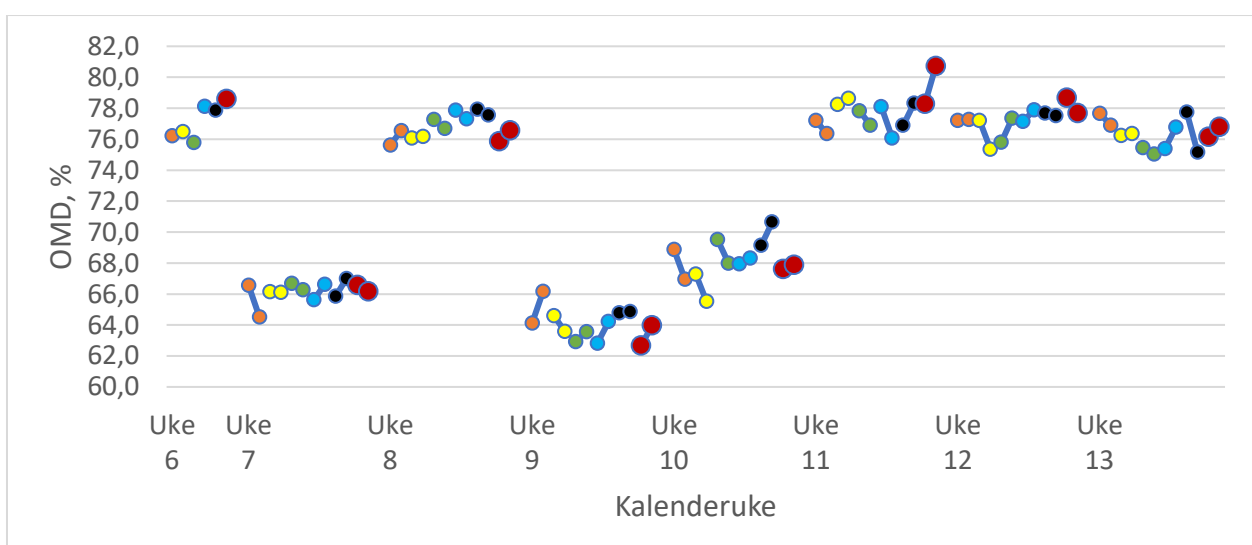
Figur 21: Målinger av fordøyelighet av organisk stoff (OMD) over 8 uker for gård 2

I hele testperioden var innholdet av OMD stabilt med et gjennomsnitt på 74,3 % og en variasjonskoeffisient på 1,14 % (Figur 22). Få avvikende paralleller tyder på en homogen masse. Liknende resultater ble også observert for denne gården for TS og råprotein (Figur 12, 17).



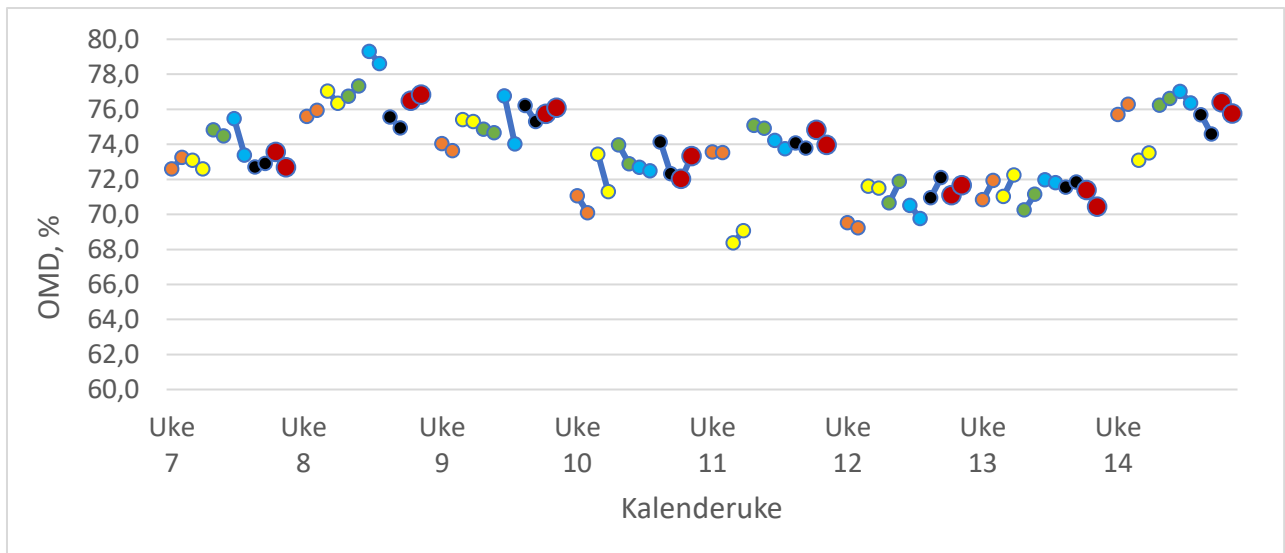
Figur 22: Målinger av fordøyelighet av organisk stoff (OMD) over 8 uker for gård 3

På Gård 4 var det en betydelig variasjon i OMD mellom ukene (Figur 23), noe som er nærmere forklart tidligere. Innen uke varierte OMD, men i ulik grad. I uke 9 og 11 varierte OMD med 4 %-enheter, mens i uke 8 var variasjonen 2 %-enheter.



Figur 23: Målinger av fordøyelighet av organisk stoff (OMD) over 8 uker for gård 4

Gård 5 er den besetningen som viser størst forskjell i OMD innen uke (Figur 24). I uke 11 var forskjellen 6,5 %-enheter, noe som viser betydningen av å ta ut representative grovfôrprøver. Samleprøven tyder på å være et middel her, det kommer også fram i korrelasjonsmatrisen for OMD (Tabell 6) at samleprøven har en høyere korrelasjon med enkeltprøvene.



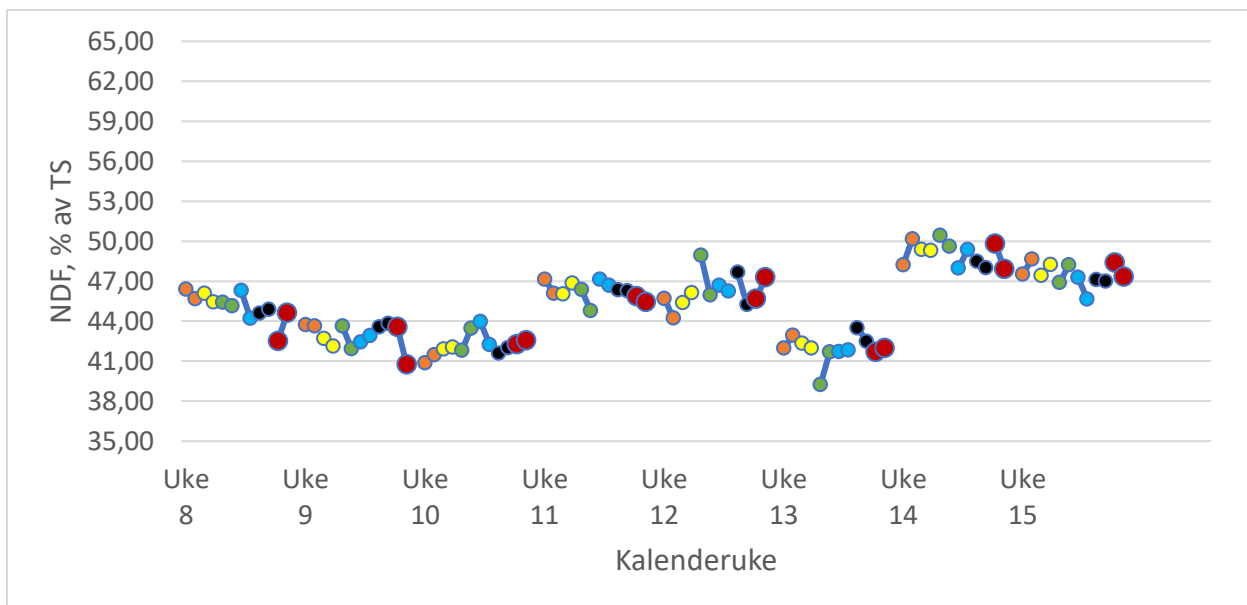
Figur 24: Målinger av fordøyelighet av organisk stoff (OMD) over 8 uker for gård 5

4.2.4 NDF

NDF er den komponenten i grovfôret som utgjør det meste av tørrstoffet. Det er også den komponenten som i størst grad påvirker OMD og dermed grovfôrets energiverdi og fôropptakspotensiale. Innholdet av NDF i planten påvirkes først og fremst av morfologisk utviklingstrinn og blad:stengel forholdet (Huhtanen et al., 2006). Forsøk av Nordheim-Viken et. Al., (2008) viste at klimatiske forhold som stresser planten øker innholdet av NDF. Som underbygger konklusjonen til Kjærstad (2022) om at varmesum har en effekt på fordøyelighet og innhold av NDF og iNDF. Fordøyeligheten er påvirket av mye av de samme forholdene som NDF. Nitrogen er flyktig og dette finnes det mest av i bladverket på planten de inneholder også mindre fiber enn selve stengelen (Van Soest, 2018). For å oppnå en høy kvalitet i form av kjemisk innhold og fordøyelighet er det derfor nødvendig med tilstrekkelig bladmasse siden nedgangen i fordøyelighet går saktere i bladene enn i stengelen (Tilley & Terry, 1963).

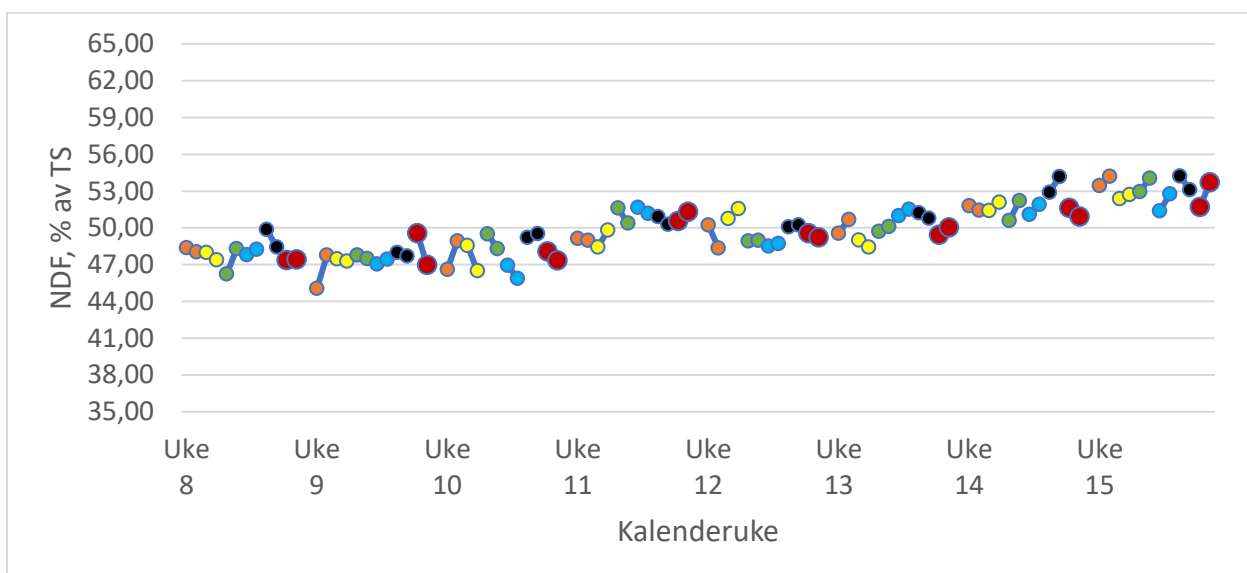
Figurene 25-29 viser NDF målingene for alle fem gårdene gjennom prøve-perioden på 8 uker.

Figur 25 viser liten variasjon mellom paralleller for NDF hos gård 1. Forskjellige kvaliteter er brukt gjennom perioden, så grovfôret i uke 13 kan tilsvare det fôret som er brukt i uke 10. Lave NDF verdier i uke 13, samtidig er det en oppgang i innhold av råprotein for den samme uken (Figur 15). I uke 14 og 15 inneholder fôrmiksen rundballer fra gjenlegg med halmstubb. Det gir høyere NDF verdier for disse ukene sammenliknet med prøveperioden for øvrig.



Figur 25: Nøytralt løselig fiber (NDF) målinger over 8 uker for gård 1

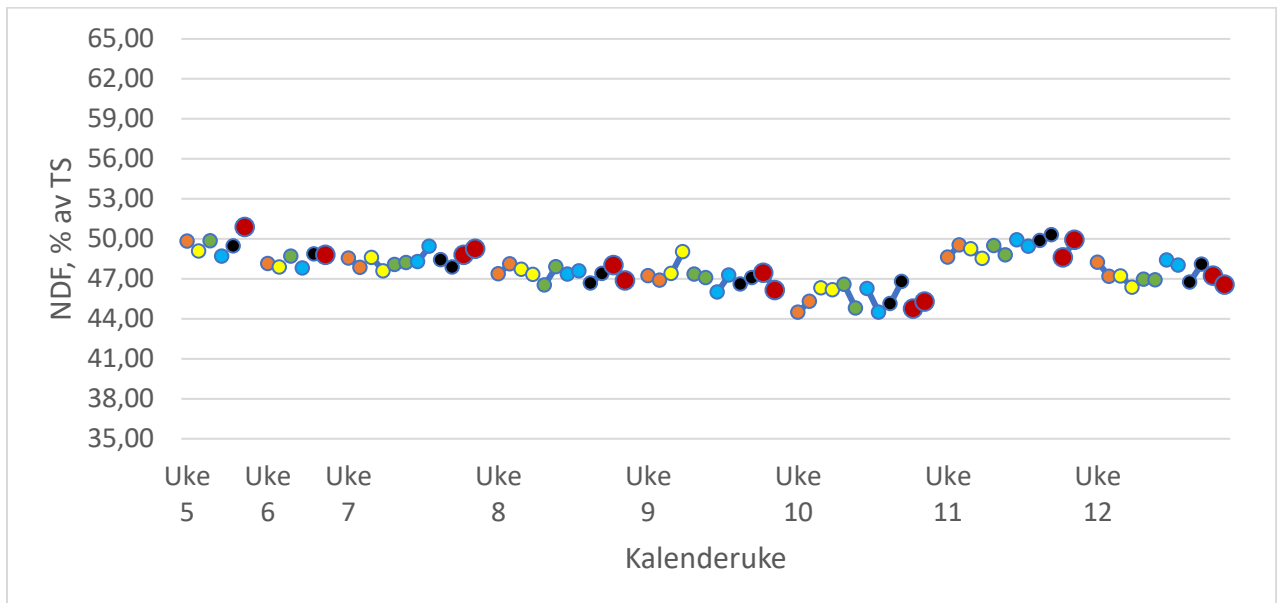
På Gård 2 viste analysert NDF i grovfôrprøvene en stigende trend (Figur 26). Et lavere innhold av råprotein og OMD ble også observert utover i testperioden og kan forklares med en høyere andel rundballer i miksen samtidig som tilgang på gulrot ble mindre. Innen uke var det generelt liten variasjon i NDF mellom prøvene.



Figur 26: Nøytralt løselig fiber (NDF) målinger over 8 uker for gård 2

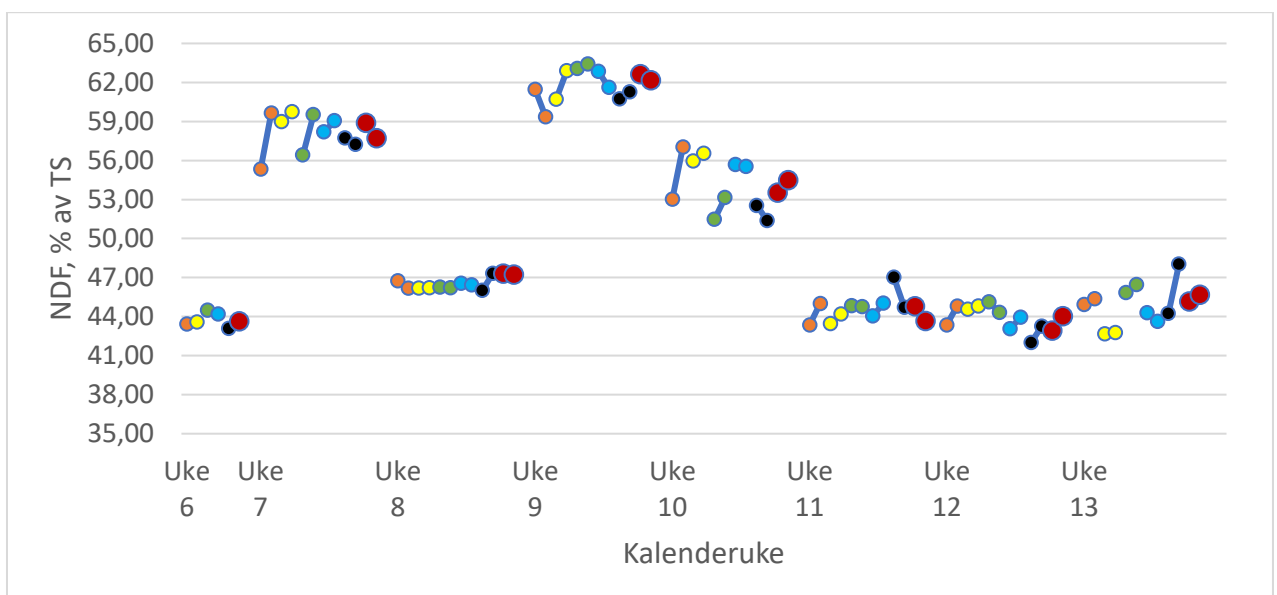
På Gård 3 var det stabile nivåer for NDF i fôrmiksen (Figur 27). Som tidligere observert i Figur 12,17 og 22 for henholdsvis TS, råprotein og OMD. Fôrskifte mot slutten av perioden ga en nedgang i råprotein (Figur 17), oppgang i TS (Figur 12), mens OMD holdt seg stabil (Figur 22).

Innholdet av NDF i rasjonen gikk ned i uke 10, men økte senere i uke 11 og 12. Nedgang i NDF ble målt samme uker som det ble målt høyere innhold av råprotein.



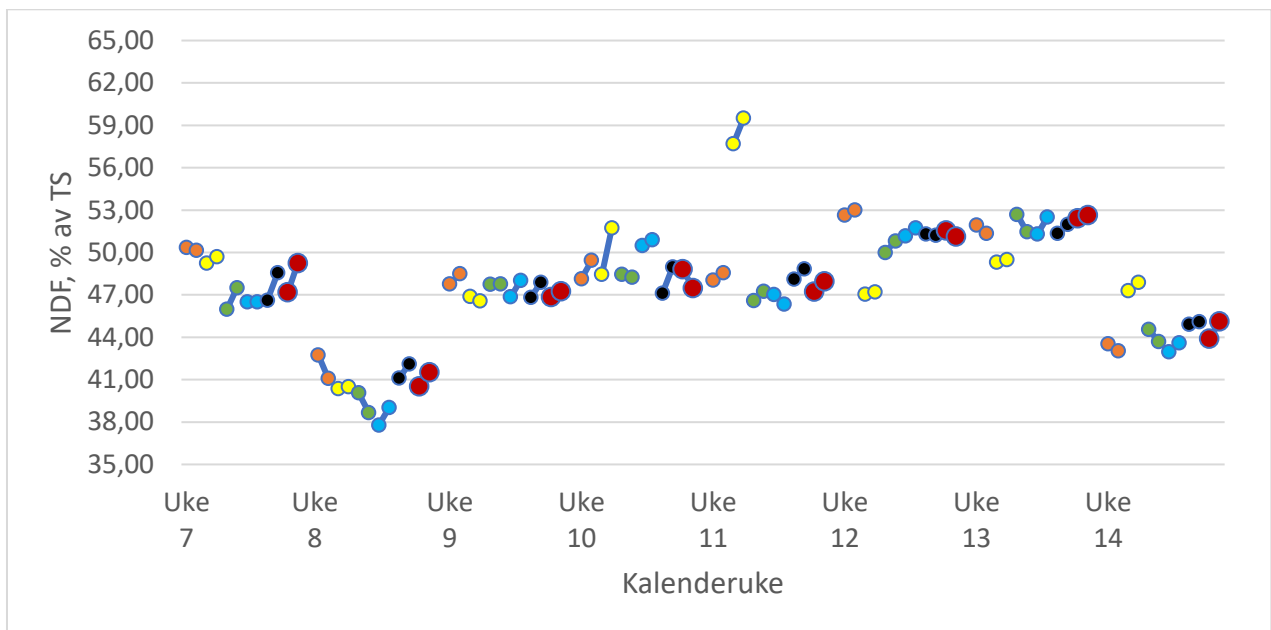
Figur 27: Nøytralt løselig fiber (NDF) målinger over 8 uker for gård 3

NDF målinger for gård 4 er vist i Figur 28. Resultatene viste store variasjoner fra uke til uke grunnet opplegg beskrevet tidligere med fôring av forskjellige kvaliteter i løpet av døgnet. Det ble observert større variasjoner mellom parallellene for uke 7, 9 og 10 da fôr av lavere kvalitet ble gitt.



Figur 28: Nøytralt løselig fiber (NDF) målinger over 8 uker for gård 4

En stor variasjon mellom ukene hos Gård 5 viser effekten av forskjellige kvaliteter gjennom prøveperioden (Figur 29). Denne gården viser også størst forskjell i NDF innhold innen uke, det vil si mellom de ulike stedene på fôrbrettet. I uke 11 ligger uttak nummer 2 (gult punkt) mer enn 10 %-enheter over resterende målinger. Dette understreker viktigheten av en uttaksmetode som sikrer at slike prøver ikke blir eneste representant, men som en del av ei samleprøve.



Figur 29: Nøytralt løselig fiber (NDF) målinger over 8 uker for gård 5

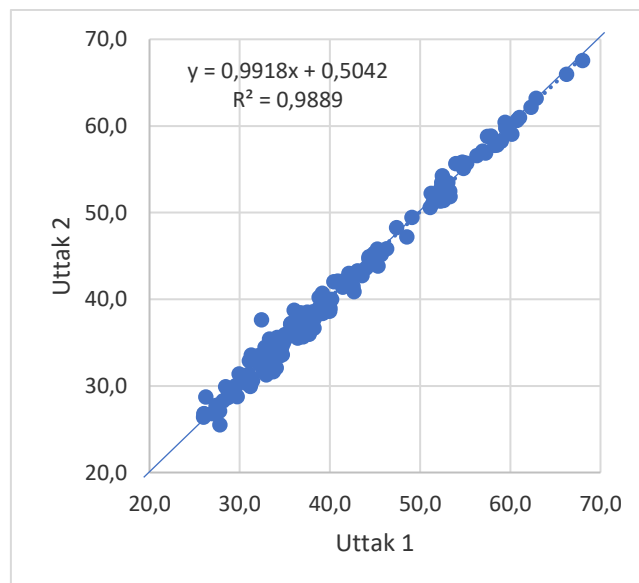
4.3 Variasjon mellom paralleller

Under forutsetning av god blanding av enkeltprøvene vil variasjonen mellom parallellene innen prøve gi et uttrykk for analysesikkerheten og dermed kalibreringsstabiliteten. Det er benyttet to statistiske metoder for å vurdere variasjonen og stabiliteten mellom parallellene. Den ene er et regresjonsplott hvor de to parallellene blir sammenlignet (Figur 30-33). En annen metode er å beregne reproduserbarheten som sier noe om korrelasjonen på gjentatte målinger for den samme prøven. Beregnet reproduserbarhet er korrigeret for gård og uttaksuke. En reproduserbarhet over 0,9 angir en meget høy gjentaksggrad (korrelasjon), mens en reproduserbarhet lavere enn 0,7 angir en svak reproduserbarhet. Det er gjort statistiske analyser for å evaluere behovet for uttak av paralleller.

4.3.1 Sammenhengen mellom paralleller basert på regresjonsplott

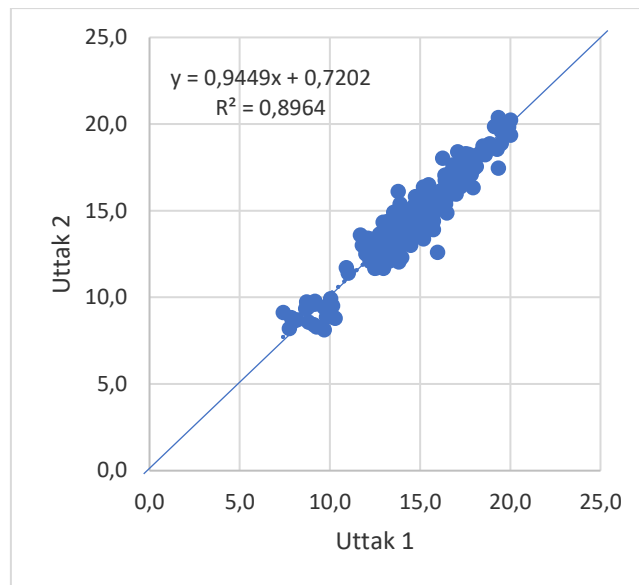
Ved vurderingen av et regresjonsplott er det spesielt tre forhold som vektlegges (Bibby & Toutenburg, 1977). Det første er R^2 som sier noe om hvor mye av variasjonen som forklares av regresjonsmodellen. Det andre kriteriet er modellens stigningstall som bør være så nærme 1,0 som mulig. Et stigningstall lavere enn 0,9 tyder på at det er et systematisk avvik i analyseresultatene. Det tredje kriteriet er modellens konstanledd som bør ligge så tett på 0 som mulig. Ved et stigningstall tett på 1,0 vil konstanleddet uttrykke en generell prediksjonsfeil mellom de to parallellene. TS, råprotein, OMD og NDF er de mest sentrale komponentene å analysere da det har en stor innvirkning på fôringen. Det er da naturlig å fokusere på disse parameterne først i byggingen av en modell. I Figur 30-33 er det lagt inn en heltrukken blå linje for å illustrere hvordan en «perfekt» trend ville sett ut med stigningstall lik 1 og konstantledd lik 0, formelen for den ideelle linjen er $x=y$.

Figur 30–33 viser sammenhengen mellom parallellene for TS, råprotein, OMD og NDF. For TS (Figur 30) er det en svært høy korrelasjon ($R^2=0,99$) mellom første og andre uttak. Stigningstallet er svært tett på 1 og den generelle feilprediksjonen mellom de to parallellene er 0,96 %. Resultatene viser at metodikken som er valgt for å blande og dele opp prøvene fungerer godt.



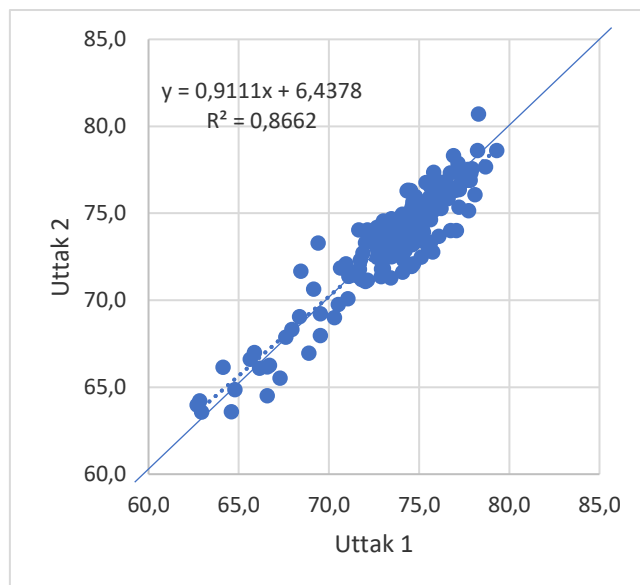
Figur 30: Sammenheng mellom parallellene for tørrstoff, blå heltrukken linje for referanse, $x=y$

Variasjonen mellom de to parallellene er større for råprotein enn for tørrstoff (Figur31). Sammenhengen må likevel betraktes som god. Den generelle prediksjonsfeilen mellom de to parallellene er 0,80 %. Resultatene viser ingen systematisk avvik da stigningstallet er 0,95, det er ingen tydelige uteliggere og modellen forklarer 90 % av variasjonen.



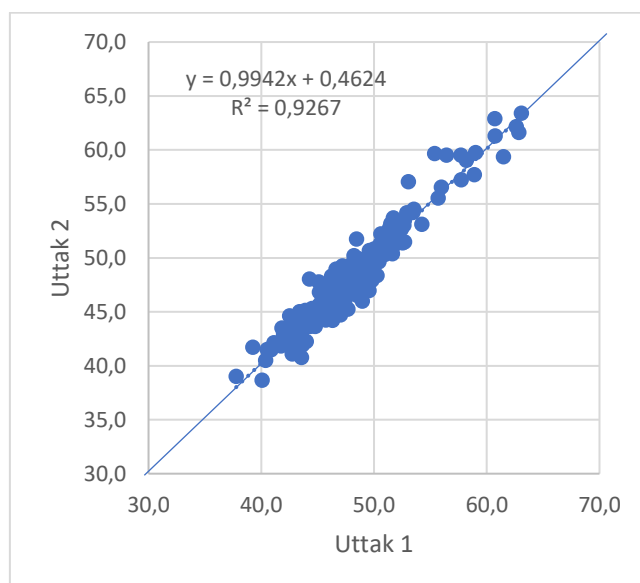
Figur 31: Sammenheng mellom parallellene for råprotein, blå heltrukken linje for referanse, $x=y$

-Figur 32 viser sammenhengen mellom de to parallellene for OMD. Variasjonen er større enn for TS og råprotein da punktene ligger noe mer spredt. Uttak 1 forklarer likevel 87 % av variasjonen i uttak 2. Stigningstallet er høyere enn 0,90 og den generelle variasjonen mellom de to uttakene er 1,09 %. Figuren viser at kun ei prøve har et avvik større enn 5 %.



Figur 32: Sammenheng mellom parallellene for fordøyelighet av organisk stoff (OMD), blå heltrukken linje for referanse, $x=y$

Sammenhengen mellom uttak 1 og 2 for NDF (Figur 33) har en R^2 på 0,93. Stigningstall på 0,99 og et konstantledd på 0,46 har gitt en feilprediksjon på 1,16 %. Det gir en god analysestabilitet for NDF. Analysevariasjonen mellom de to parallellene må ses opp mot kalibreringsnøyaktigheten for instrumentet AgriQuant. TINE har i forbindelse med innføringen av eget analyselaboratorium for grovfôr gjort en rekke tester og utviklet kalibreringsligninger for norsk grassurfôr. Tabell 3 viser kalibreringsfeilen (standard error of prediction) for variablene TS, råprotein, NDF og OMD (H. Volden pers. med.).



Figur 33: Sammenheng mellom parallellene for nøytralt løselig fiber (NDF), blå heltrukken linje for referanse, $x=y$

Resultatene i Figur 30-33 viser at variasjonen mellom parallellene er lavere enn for kalibreringsfeilen for TINE sitt AgriQuant instrument (H. Volden, pers med) (Tabell 3). Under forutsetning av at man følger anbefalingene for blanding og oppdeling av prøvene så er det tilstrekkelig med 1 parallell per prøve.

Tabell 3: Standard error of prediction for kalibreringene av AgriQuant instrumentet for norsk grassurfôr (OMD=Fordøyelighet av organisk stoff, NDF=Nøytralt løselig fiber)

| Variabel | Gjennomsnitt, % | Prediksjonsfeil, % |
|------------------|-----------------|--------------------|
| Tørrstoff | 38,2 | 1,53 |
| Råprotein | 13,7 | 0,93 |
| NDF | 51,2 | 2,30 |
| OMD | 73,3 | 2,30 |

En utfordring for NIRS teknologien er hvordan vann påvirker interferens for ulike kjemiske komponenter (Chang, 2005). Det er en generell oppfatning at prediksjonsfeilen for våt NIRS er høyere enn for NIRS basert på tørre prøver. Prøvens temperatur vil også påvirke resultatene og for våt NIRS er temperatur spesielt sensitivt. Derfor har man tradisjonelt benyttet NIRS i tørre prøver (Fystro og Lunnan, 2006; Nordheim-Viken et al., 2009). Bruk av tørr NIRS forutsetter imidlertid at prøven tørkes og analyseres ved et laboratorium. Det gir en mer tid- og arbeidskrevende metode, men samtidig en bedre mulighet for å standardisere prøvebehandlingen (Fystro & Lunnan, 2006). I en studie av Fystro og Lunnan (2006), basert på norsk grasmateriale, ble det funnet prediksjonsfeil på henholdsvis 0,61 %, 1,43 % og 2,7 % for råprotein, NDF og OMD. Deres studie basert på tørr NIRS viser en lavere prediksjonsfeil for råprotein og NDF enn prediksjonsfeilen i TINE sitt instrument. For OMD var det motsatt med en lavere prediksjonsfeil for TINE analysen. Lobos et al. (2019) utviklet våt NIRS kalibreringer på ulike kvaliteter av beitegras. Deres prediksjonsfeil for TS var 0,94 %, noe som er lavere enn for TINE sin kalibrering. For råprotein, NDF og OMD var prediksjonsfeilen henholdsvis 2,04 %, 2,45 % og 3,03 % noe som er høyere enn TINE instrumentet sine prediksjonsfeil. Ved utvikling av NIRS kalibreringer er det viktig at man benytter lokalt produsert grovfôr da en rekke faktorer påvirker de fysio-kjemiske egenskapene til grovfôret (Lobos et al., 2019). Derfor er det viktig at TINE sine kalibreringer er basert på grovfôr fra ulike deler av landet og innsamlet fra flere vekstsesonger (T. Hettasch og I. Schei, pers. med). Hvor lav prediksjonsfeil en skal ha som målsetting må sees opp mot hva analyseresultatene skal benyttes til. Desto mer sensitiv analysen er for prediksjon av for eksempel grovfôrets energi og proteinverdi desto mer nøyaktig

må analysen være. Sensitivitetsvurderinger viser at det spesielt for OMD er viktig med en enda lavere prediksjonsfeil enn det som er i dag (Volden et al., 2011)

4.4 Korrelasjoner mellom uttakssteder

En av metodene som er brukt for å vurdere variasjon og sammenheng mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet er ved hjelp av en korrelasjonsmatrise hvor korrelasjonen mellom de fem ulike stedene (1-5) blir beregnet. De enkelte stedene blir også sammenlignet med samleprøven som i matrisen blir betegnet som uttakssted 6. Korrelasjonsmatrisen er beregnet på tvers av gård og uker. I Tabell 3 er korrelasjonskoeffisientene for TS vist. TS 1-5 representerer de fem prøveuttakene, mens TS 6 tilsvarer samleprøven. Resultatene viser en høy korrelasjon ($r > 0,9$) mellom uttaksstedene. Matrisen viser også at samleprøven har en meget høy korrelasjon ($r > 0,95$) til de enkelte uttaksstedene. Det viser at for å få en representativ tørrstoffprøve så er den sikreste fremgangsmåten å ta prøver ut fra ulike steder på fôrbrettet og blande de sammen til en felles prøve for innsending til analyse. Denne konklusjonen er basert på at korrelasjonen mellom samleprøven og de enkelte uttakene er høyere enn mellom de ulike individuelle uttakspunktene.

Tabell 4: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttakssteder for tørrstoff (TS)

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | TS1 | TS2 | TS3 | TS4 | TS5 | TS6 |
| TS1 | 1 | 0,91748 | 0,9403 | 0,97165 | 0,94786 | 0,97433 |
| TS2 | 0,91748 | 1 | 0,93822 | 0,92846 | 0,95789 | 0,95545 |
| TS3 | 0,9403 | 0,93822 | 1 | 0,96633 | 0,94104 | 0,97369 |
| TS4 | 0,97165 | 0,92846 | 0,96633 | 1 | 0,973 | 0,98915 |
| TS5 | 0,94786 | 0,95789 | 0,94104 | 0,973 | 1 | 0,97802 |
| TS6 | 0,97433 | 0,95545 | 0,97369 | 0,98915 | 0,97802 | 1 |

Tabell 5 viser korrelasjonsmatrisen for råprotein mellom uttakssteder. Verdiene er noe lavere enn for TS, men også her er mange av verdiene på over 0,90. Protein 2 skiller seg ut da ingen verdier er over 0,9. Det samme kommer til dels frem for TS 2 også (Tabell 4). Korrelasjonen mellom samleprøven og de enkelte uttakene er over 0,90.

Tabell 5: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttakssteder for råprotein

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Protein1 | Protein2 | Protein3 | Protein4 | Protein5 | Protein6 |
| Protein1 | 1 | 0,88459 | 0,89589 | 0,92785 | 0,90728 | 0,91848 |
| Protein2 | 0,88459 | 1 | 0,8894 | 0,8879 | 0,85193 | 0,89582 |
| Protein3 | 0,89589 | 0,8894 | 1 | 0,93919 | 0,90335 | 0,93737 |
| Protein4 | 0,92785 | 0,8879 | 0,93919 | 1 | 0,903 | 0,94416 |
| Protein5 | 0,90728 | 0,85193 | 0,90335 | 0,903 | 1 | 0,921 |
| Protein6 | 0,91848 | 0,89582 | 0,93737 | 0,94416 | 0,921 | 1 |

Korrelasjonen mellom de ulike uttaksstedene for OMD ligger mellom 0,82 og 0,91 som vist i Tabell 6, 16 % av korrelasjonen er lavere enn 0,85. Samtidig viser korrelasjonen mellom samleprøven og de enkelte prøvene en korrelasjon mellom 0,88 og 0,91. Det viser at det vil gi en bedre analysesikkerhet å ta ut en samleprøve basert på enkeltprøver fra ulike steder på fôrbrettet og legge den til grunn for videre fôrplanlegging.

Tabell 6: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttakssteder for fordøyelighet av organisk stoff (OMD)

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | OMD1 | OMD2 | OMD3 | OMD4 | OMD5 | OMD6 |
| OMD1 | 1 | 0,86396 | 0,86908 | 0,86775 | 0,86347 | 0,89116 |
| OMD2 | 0,86396 | 1 | 0,84446 | 0,82909 | 0,83582 | 0,88161 |
| OMD3 | 0,86908 | 0,84446 | 1 | 0,90991 | 0,87801 | 0,90756 |
| OMD4 | 0,86775 | 0,82909 | 0,90991 | 1 | 0,85504 | 0,90235 |
| OMD5 | 0,86347 | 0,83582 | 0,87801 | 0,85504 | 1 | 0,89515 |
| OMD6 | 0,89116 | 0,88161 | 0,90756 | 0,90235 | 0,89515 | 1 |

Korrelasjonskoeffisientene for NDF er vist i Tabell 7. Med unntak av NDF2 er det en høy korrelasjon mellom samleprøven og de enkeltprøvene. Verdiene varierer mellom 0,93-0,95 foruten verdier tilknyttet NDF2.

Tabell 7: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttakssteder for nøytralt løselig fiber (NDF)

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | NDF1 | NDF2 | NDF3 | NDF4 | NDF5 | NDF6 |
| NDF1 | 1 | 0,84987 | 0,93256 | 0,93694 | 0,92924 | 0,93827 |
| NDF2 | 0,84987 | 1 | 0,83452 | 0,84305 | 0,8449 | 0,85484 |
| NDF3 | 0,93256 | 0,83452 | 1 | 0,95117 | 0,9456 | 0,95992 |
| NDF4 | 0,93694 | 0,84305 | 0,95117 | 1 | 0,93306 | 0,95361 |
| NDF5 | 0,92924 | 0,8449 | 0,9456 | 0,93306 | 1 | 0,95406 |
| NDF6 | 0,93827 | 0,85484 | 0,95992 | 0,95361 | 0,95406 | 1 |

Beregning av reproduserbarhet er en annen metode for å vurdere analysesikkerheten. Reproduserbarheten beregnes ut fra estimerte varianskomponenter og vil gi et uttrykk for hva sannsynligheten er for at man skal få samme analyseresultat hvis man analyserer en annen prøve fra samme prøvemateriale. Denne sannsynligheten uttrykkes som en korrelasjon. Tabell 8 presenterer den beregnede reproduserbarheten mellom parallelle prøver innen samme uttakssted og mellom de ulike stedene på fôrbrettet. For TS, råprotein, NDF og OMD er reproduserbarheten mellom parallelle prøver over 0,9, noe som er i samsvar med resultatene i Figur 30-33. For ammoniakk er reproduserbarheten dårlig, mens for sukker og melkesyre er reproduserbarheten tilfredsstillende. For aske er korrelasjonen også lav. Det skyldes nok først og fremst at det er vanskelig å kalibrere analyse av aske på NIRS da komponentene som inngår i aske ikke absorberer energi i det nær infrarøde spekteret (Brognia et al., 2009) og at prediksjonsfeilen derfor er høy (H. Volden, pers. med). Verdiene i Tabell 7 er på tvers av gårder og uker og reproduserbarheten mellom de ulike stedene på fôrbrettet er som forventet lavere enn for de to parallelle prøvene. For TS, råprotein, OMD og sukker er reproduserbarheten god, mens for melkesyre, aske og ammoniakk er den middels til svak. Det vises også en høy reproduserbarhet for de viktigste komponentene i kolonnen der prøver er samlet på ulike steder (Tabell 8).

Tabell 8: Beregnet reproduserbarhet for ulike komponenter for parallelle prøver innen uttakssted (TS=Tørrstoff, OMD=Fordøyelighet organisk stoff, NDF=Nøytralt løselig fiber)

| Komponent | Reproduserbarhet mellom parallelle prøver innen uttakssted | Reproduserbarhet mellom prøver fra ulike steder på fôrbrettet |
|---------------------------|---|--|
| Tørrstoff, % | 0,99 | 0,91 |
| Råprotein, % av TS | 0,93 | 0,91 |
| NDF, % av TS | 0,94 | 0,80 |
| OMD, % | 0,91 | 0,87 |
| Sukker, g/kg TS | 0,86 | 0,81 |
| Melkesyre, g/kg TS | 0,80 | 0,55 |
| Ammoniakk, g/kg N | 0,41 | 0,28 |
| Aske, % av TS | 0,60 | 0,57 |

På de fem gårdene var det ulike systemer for utfôring av grovfôr. Gårdene 1, 2 og 3 benyttet mikservogn hvor ulike grovfôrpartier blir fysisk blandet sammen. Gård 4 og 5 fôret ut

rundballer enten via en rundvalleriver i hengebane eller med minilaster. For de to siste gårdene betyr det at blir fôret ut enkeltballer som danner grunnlaget for grovfôrprøvene. På grunn av ulik utfôringsmetode var det av interesse å se om det påvirket reproduserbarheten. I Tabell 9 er reproduserbarheten for uttakssted for de to utfôringsmetodene vist. For gårdene med fôrmikser var det en høy reproduserbarhet for TS og NDF, mens den var middels for råprotein og lav for OMD. Fôr gårdene med utfôringsystem for rundballer (uten fôrmikser) var det høy reproduserbarhet for råprotein, NDF og OMD. Basert på forskjellene i utfôringsmetode var det forventet en jevnere kvalitet og dermed en høyere reproduserbarhet for de med fôrmikser. Det var ikke tilfelle, spesielt for OMD og råprotein. Reproduserbarheten beregnes ut fra estimerte varianskomponenter og prinsippet er at det er variansen i nivået over, det vil si samspillet mellom gård og uke som inngår for å beregne reproduserbarheten mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet. Når vi ser på OMD figurene for gårdene med fôrmikser (Figur 20-22) ser vi at det er liten variasjon i OMD spesielt mellom ukene innen gård, men også mellom gårdene. Gjennomsnittlig OMD er 74,0 % med et standardavvik på 1,4 %. Det betyr at den estimerte varianskomponenten for samspillet mellom gård og uke blir lav og at en større del av variasjonen er knyttet til feilvariansen mellom de to parallelle prøvene innen uttakssted. Disse resultatene viser at det er viktig med tilstrekkelig variasjon i materialet når man skal beregne reproduserbarhet. For gårdene uten fôrmikser (Figur 23-24) var gjennomsnittlig OMD 73,2 % og standardavviket var 4,2 %. En større variasjon (standardavvik) er derfor den viktigste forklaringen på en høyere beregnet reproduserbarhet.

Tabell 9: Beregnet reproduserbarhet for ulike komponenter mellom de ulike uttaksstedene på fôrbrettet (TS=Tørrstoff, OMD=Fordøyelighet organisk stoff, NDF=Nøytralt løselig fiber)

| Komponent | Reproduserbarhet mellom prøver fra ulike steder på fôrbrettet. Bruk med fôrmikser | Reproduserbarhet mellom prøver fra ulike steder på fôrbrettet. Bruk uten fôrmikser |
|---------------------------|--|---|
| Tørrstoff, % | 0,91 | 0,80 |
| Råprotein, % av TS | 0,80 | 0,91 |
| NDF, % av TS | 0,90 | 0,89 |
| OMD, % | 0,53 | 0,93 |
| Sukker, g/kg TS | 0,77 | 0,84 |
| Melkesyre, g/kg TS | 0,84 | 0,72 |
| Ammoniakk, g/kg N | 0,27 | 0,28 |
| Aske, % av TS | 0,54 | 0,66 |

Figurene 10-29 viser de ukentlige variasjonene for variablene TS, råprotein, OMD og NDF. Det kommer tydelig frem store variasjoner mellom de forskjellige gårdene. Noen gårder har en stabil fôring gjennom prøveperioden, mens andre har stor variasjon. Variasjonen skyldes en kombinasjon av lagringsmetode for grovfôret og utfôringsteknikk. Det tyder på at råd om uttaksintervaller må kartlegges og vurderes for den enkelte gård. Det er vist i Figur 30-33 en høy korrelasjon mellom paralleller. Samtidig må reproduserbarheten sees i sammenheng med stabiliteten og prediksjonssikkerheten for selve NIRS analysen. Resultatene fra denne studien viser at det for TS, råprotein, NDF og OMD er en meget god korrelasjon mellom de to parallelle prøvene. For ammoniakk og melkesyre er korrelasjonen svakere. Det betyr at det ikke er nødvendig med analyse av doble prøver for å oppå høyere analysesikkerhet. For at man da skal få en god evaluering av reproduserbarheten mellom de ulike uttaksstedene betinger det at korrelasjonen mellom målinger for den samme prøven er høy og at prediksjonsfeilen er så lav som mulig. Denne studien viser at for de variablene som er mest sensitive for beregning av fôrverdi og fôropptak (Volden et al., 2011) er det tilstrekkelig med å ta ut en samleprøve.

4.5 Fordøyelighet og kraftfôrforbruk

Grovfôrets OMD har stor betydning for grovfôropptaket og dermed behovet for kraftfôr for å dekke næringsbehovet til en planlagt melkeytelse (Álvarez et al., 2020). Et effektivt og sikkert regime for uttak og analyse av grovfôrprøver er viktig for å kunne oppnå optimal fôring og en høy fôreffektivitet (Volden et al., 2021).

Et formål med denne studien var å undersøke om variasjonen i OMD mellom og innad i ukene er utslagsgivende for hvilken mengde kraftfôr som gis ved planlagt ytelse på 25 eller 35 kg melk. Tabell 10 viser gjennomsnitt, minimum og maksimums verdier for kraftfôrforbruk ved 25 kg ytelse for de fem besetningene. Grunnlaget for optimeringene er valgt på bakgrunn av OMD. Det er laget tre fôrmidler av grovfôr prøvene med henholdsvis lavest og høyest OMD, samt et formiddel bestående av gjennomsnittet, for å undersøke hvilket utslag det gir på kraftfôrmengden for en gitt ytelse.

Beregningene viser små variasjoner i gjennomsnittlig kraftfôrmengde mellom gårdene, særlig for gård 1-3 der alle har mikser. Store variasjoner fra minimum til maksimum for gård 4 og 5 som begge fôrer rundballer enkeltvis. OMD for disse gårdene varierer også mer enn for de andre. For gård 4 er forskjellen mellom laveste og høyeste OMD 18 % - enheter. Siden alle tre grovfôrkvaliteter blir gitt samme dag vil ikke denne Tabellen gi noe representativt bilde av dagens fôring, annet enn at fôringen kanskje ligger rundt gjennomsnittet. Den viser imidlertid effekten av å fôre én kvalitet om gangen samtidig som den underbygger argumentasjonen om å produsere godt grovfôr, og hvilken stabilitet som oppnås i fôringen hvis forskjellige kvaliteter kan blandes. For gård 5 er variasjonen i OMD målt til 10,9 % - enheter. Her blir rundballer av forskjellig kvalitet gitt forskjellige dager og uker, hvilket har en effekt på kraftfôrnivå. Gård 3 har den laveste variasjonen mellom min og maks verdier både i kraftfôr forbruk (2,6 kg TS) og i OMD (4 % - enheter). Gård 1 og 2 har en litt høyere variasjon på henholdsvis 8- og 8,4 % - enheter mellom laveste og høyeste målte OMD. Variasjonen i kraftfôr forbruk er 3,4- og 3,5 kg TS for gård 1 og 2.

Tabell 10: Simulert kraftfôr forbruk i perioden ved melkeytelse på 25 kg (TS=Tørrstoff)

| Gård | Gjennomsnitt, kg TS | Min, kg TS | Maks, kg TS |
|------|---------------------|------------|-------------|
| 1 | 5,2 | 4 | 7,4 |
| 2 | 5,0 | 4 | 7,5 |
| 3 | 5,1 | 4,1 | 6,7 |
| 4 | 5,5 | 1,7 | 11,2 |
| 5 | 4,9 | 3,3 | 9,8 |

Tabell 11 viser kraftfôr forbruk i gjennomsnitt, min og maks verdier uttrykt som kg TS ved en ytelse på 35 kg/dag. Gjennomsnittet er som forventet høyere i Tabell 11 sammenliknet med Tabell 10. Det er liten variasjon mellom gårdene, men gård nummer 4 utmerker seg, som skyldes opplegg i grovfôr tildelingen, tidligere beskrevet over. Det gis en høyere andel kraftfôr ved en ytelse på 35 kg melk enn 25, men samme trender observeres her som i Tabell 10. Mindre variasjoner i kg TS for gjennomsnittet hos gårdene, men større forskjeller mellom laveste og høyeste kraftfôrforbruk i antall kilo for gård 4 og 5 der den dårligste grovfôr kvaliteten er målt.

Tabell 11: Simulert kraftfôr forbruk i perioden ved melkeytelse på 35 kg (TS=Tørrstoff)

| Gård | Gjennomsnitt, kg TS | Min, kg TS | Maks, kg TS |
|------|---------------------|------------|-------------|
| 1 | 11,2 | 10,2 | 13,2 |
| 2 | 11,1 | 10,1 | 13,5 |
| 3 | 11,2 | 10,3 | 11,8 |
| 4 | 11,4 | 4,7 | 17,2 |
| 5 | 11,0 | 6,6 | 15,2 |

Økt fordøyelighet av grovfôret gir økt melkemengde eller lavere kraftfôrforbruk (Álvarez et al., 2020). Gårdene har en gjennomsnittlig OMD på 73,67 % med store variasjoner mellom fôrpartier. Enkelte målinger er over 80 %, mens andre er under 70 % (gård 4). Simuleringene gjort i TINE OptiFôr (Tabell 10 og 11) viser at de prøvene med høyest OMD ga det laveste kraftfôr forbruket gjennom perioden. Etterspørselen fra forbrukere om at norsk mat skal lages på norske ressurser er økende. Utsatt høstetidspunkt av grovfôr gir en lavere fordøyelighet,

grovfôropptak og melkeproduksjon (Dønnem et al., 2011a). Simuleringene gir en bestemt mengde kraftfôr til en gitt grovfôr kvalitet og produksjon. Ytterligere bruk av kraftfôr vil virke hemmende på grovfôr opptaket og har en liten melkedrivende effekt ved godt grovfôr som følge av substitusjonseffekten (Aston et al., 1994; Dønnem et al., 2011b). Med en større andel grovfôr i rasjonen kan også fettprosenten i melka øke (Beyero et al., 2015). Løor et al. (2005) pekte på en høyere fettprosent i melk for dyr som ble fôret en rasjon på 35:65 forhold mellom kraftfôr og grovfôr sammenliknet med en rasjon på 65:35 kraftfôr og grovfôr. Slik betalingsystemet er i dag vil dette være gunstig for melkebonden å få til. Samtidig som at bonden imøtekommer forbrukerne som stadig ønsker fete meierivarer fremfor konsummelk. (NTB, 2023).

En viktig problemstilling for denne studien var i hvilken grad målingene ville variere på fôrbrettet hos den enkelte bonde. Det ble antatt en mer homogen blanding av grovfôret ville gjøre det lettere å oppnå representative prøver der det ble brukt grovfôrmikser. For bønder som fôret rundballer enkeltvis ble det antatt høyere variasjon mellom uttakssteder.

Studien viser god reproduserbarhet mellom uttakssteder $r > 0,80$ når hele datasettet ble sett under ett. Uventet lav reproduserbarhet for OMD mellom uttakssteder for gårder med mikser ($r = 0,53$) sammenliknet med gårder uten ($r = 0,93$). Dette kommer som en følge av at målingene for OMD er så like mellom uker og har derfor lavt standardavvik. Det føret til at den estimerte varianskomponenten for samspillet mellom gård og uke blir lav og variasjonen vil i større grad ligge i feilen mellom paralleller. Det er imidlertid gjort forsøk på homogenisering av total mixed rations (TMR). Moallem and Lifshitz (2020) utformet en studie der metodikken vedrørende prøveuttak likner denne studien. De fant signifikante forskjeller mellom selvdrevne mikservogner og traktor drevne miksere på homogenitet, og melkemengde. Dette peker i retning at maskinelt utstyr har en påvirkning på fôrblandingens sammensetning. Alle bønder med mikser i denne studien er blitt behandlet som en gruppe. I fremtidige forsøk og studier burde kanskje gårder med mikser bli vurdert behandlet hver for seg statistisk for å utelukke feil knyttet til maskiner, ikke NIRS modellen. En annen studie utført av Tayyab et al. (2018) pekte på at dårlig miksing fører til seleksjon på fôrbrettet som igjen vil føre til unøyaktighet vedrørende prøveuttak. Dette underbygger påstanden om at tilstrekkelig blanding er nødvendig for et representativt uttak og at prøveuttaket må gjøres i forbindelse med utfôring. Siden rundballer er et resultat av en gras-streng kan det kjemiske innholdet variere mye (Kephart & Buxton, 1993), graset kan komme fra en skyggefull skogkant og midt på skiftet i samme rundball. Selv om risikoen for større variasjon er til stede med et rundballesystem viser denne

studien at når man tar prøver fra ulike steder på fôrbrettet og blander de sammen til en samleprøve så oppnås det en representativ prøve av det grovfôret som er fôret ut.

Kontinuerlig analyse av grovfôret på fôrbrettet er ikke vanlig da kostnaden er stor og ventetiden lang. Konseptet og metodikken fremstilt i denne oppgaven gir en helhetlig løsning som kan bidra til at bønder mer kontinuerlig kan overvåke hva som faktisk blir fôret til dyrene. Metoden med å lage samleprøver viser å ha gode resultater gitt at prøveuttak gjøres i forbindelse med fôring slik at sortering ikke påvirker analyseresultatet (Tayyab et al., 2018). Det er en lav prediksjonsfeil på instrumentet og god reproducerbarhet for de essensielle komponentene inn i forplanleggingen (H. Volden, pers med). Prøvene brukes inn i fôrplanlegging for å styre kraftfôrmengder. Prøver kan også tas fra plansilo eller rundball og analyseres for hygienisk kvalitet. Innhold av vitaminer og mineraler er mer utfordrende å predikere (Shenk & Westerhaus, 1994). Det er bedre korrelasjoner for melkesyre enn for ammoniakk, men det kreves jevnere uttak for å avdekke gjæringskvaliteten på grovfôret. En svakhet ved verktøyet er at det ikke analyserer for propion-og smørsyre, eller pH enda, det ville gitt et mer helhetlig bilde for gjæringskvaliteten. Analysering av fôrprøver ved svært lavt TS-innhold kan gi større prediksjonsfeil som følge av et belegg som dannes på glasset brukt under analyse (H. Volden, pers med). Tap av flyktige komponenter som følge av en omfordeling av TS-innholdet i rundballen på fôrbrettet eller ved avrenning kan skje. Dette styrker begrunnelsen for uttaksmetodikken da en slik omfordeling av TS-innholdet blir lettere fanget opp ved uttak og sammenslåing av flere prøver.

Basert på Figur 10-29, prøveuttak for de forskjellige komponentene, kommer det frem stor variasjon mellom gårder. Det kan derfor ikke gis et generelt råd for hyppighet av prøveuttak.

Forslag til fremgangsmåte ved uttak av grovfôrprøver:

Anbefalingen er å ta ut prøver av de forskjellige grovfôr partiene på høsten når avlingen er ferdig ensilert for å skaffe en oversikt over ulike kvaliteter av grovfôr bonden har til rådighet. Samtidig gjøres det en vurdering av hvor mye man har av hvert parti. Fôrets næringsinnhold må ses opp mot driften og utfôringsmekanisering. Når det kjemiske innholdet i fôret er kjent settes det opp en fôrplan som etterstreber en stabil og jevn fôring. Prøveuttak gjennom vinteren vil da fungere som en kvalitetssikring på eksisterende fôrplan.

Stabil fôring gir mulighet for færre prøveuttak, gård 3 er et eksempel på dette. Gården viser en meget stabil fôring gjennom hele perioden med prøveuttak. Her vil uttak én gang i måneden være tilstrekkelig for å sikre at rasjonssammensetningen er lik som ved planlegging. Ved skifte av fôrparti, rundballer fra et annet skifte som skal brukes over tid eller når bestilling av nytt kraftfôr nærmer seg anbefales det også å ta ut nye prøver. På denne måten kan rasjonen optimeres på nytt med den kraftfôrtypen som passer best.

Andre forhold som kan påvirke uttaksfrekvensen er beskrevet som følger:

Plutselige endringer i melkeytelse eller ved endret TS-innhold i melka kan det være relevant å ta ut prøver for å se om det skyldes fôringen. Ved utsatt høsting av grovfôret som følge av regn eller andre forhold kan den kjemiske sammensetningen endre seg (Nordheim-Viken & Volden, 2009). Om gårdbrukeren får høstet litt av første slått mens noe annet må stå litt til vil det være nødvendig med hyppigere uttak av prøver når forholdene under høsting har vært sub optimale.

Det finnes ingen fasit på hvor hyppig prøveuttakene skal være, dette må vurderes i den enkelte situasjon. Generelle anbefalinger vil likevel være at prøver tas ut om høsten for kartlegging og grunnlag for rasjonsberegning. Videre vil prøver gjennom vinteren være fasiten på om den faktiske rasjonen som blir gitt stemmer overens med grunnlaget fra høsten. Ved store avvik må det vurderes om kraftfôrlistene skal oppdateres.

6.0 Konklusjon

Formålet med denne studien har vært å vurdere ulike metoder for uttak av fôrprøver fra fôrbrettet. Resultatene viser at innen gård kan det være til dels stor variasjon i kjemisk innhold i grovfôret både innen og mellom uker. Uttak av en samleprøve hadde en gjennomgående bedre korrelasjon med enkeltprøvene enn hva enkeltprøvene hadde seg imellom. Det ble observert høye korrelasjoner mellom paralleller for enkeltprøver for TS, råprotein, OMD og NDF som er de mest sentrale komponentene i fôrplanleggingen. Det betyr at det ikke er nødvendig å ta ut parallelle prøver for å oppnå god analysesikkerhet. Høy reproduserbarhet mellom uttaksstedene for de samme komponentene gjør at det er tilstrekkelig å ta ut en samleprøve. Det ble funnet lavere korrelasjoner for aske, melkesyre og ammoniakk. Det indikerer at man bør legge flere prøver til grunn når disse variablene skal vurderes i forhold til gjæringskvalitet og forurensing av fôret. Lav prediksjons feil på NIRS modellen gjør at prøvene kan brukes til å lage en fôrrasjon.

En samlet konklusjon for hele studien er at den beste metodikken for uttak av grovfôrprøver er å ta ut flere prøver fra fôrbrettet og slå disse sammen til én samleprøve. Med den observerte korrelasjonen mellom paralleller er det tilstrekkelig å ta ut én prøve da prediksjonssikkerheten for de viktigste komponentene er høy. Det kontinuerlige prøveuttaket gjennom vinteren fungerer som kvalitetssikring på de prøvene som ble tatt om høsten. Det er presentert hvor stor påvirkning fordøyelighet har på kraftfôr forbruk gjennom perioden. Med høy sikkerhet på uttaket og lav prediksjonsfeil kan grovfôrprøvene benyttes til å regulere kraftfôrmengder fortløpende. Studien viste ingen forskjell mellom gårder som benyttet mikser og de som fôret rundballer enkeltvis. Gitt samme uttaksmethodikk for begge grupper kan ikke hypotesen bekreftes og må dermed forkastes. Dette er fordi uttaket er nøyaktig og sikrer tilstrekkelig med materiale i samleprøven.

Denne studien bidrar til opplysning for melkebønder i hele Norge som velger å benytte seg av tjenesten TINE tilbyr. Det er viktig å understreke at bønder må etterstrebe og opprettholde en god nøyaktighet for prøveuttakene. Metoden og tjenesten i sin helhet vil da bidra til å senke kostnadene for bonden og gi et bedre grunnlag for å evaluere og rette på fôringen underveis i løpet av året.

7.0 Referanser

- Álvarez, C., Weisbjerg, M., Nielsen, N., Prestløkken, E., & Volden, H. (2020). Effect of digestibility of silage and concentrate intake on milk yield: a metanalysis. *Grassland Science in Europe*, 25, 179-201.
- Aston, K., Thomas, C., Daley, S., Sutton, J., & Dhanoa, M. (1994). Milk production from grass silage diets: effects of silage characteristics and the amount of supplementary concentrate. *Animal Science*, 59(1), 31-41.
- Beck, T. (1978). The microbiology of silage fermentation. Fermentation of silage—A review. *Natl. Feed Ingrid. Assoc.*
- Beyero, N., Kapoor, V., & Tewatia, B. (2015). Effect of different roughage: concentrate ratio on milk yield and its fatty acid profile in dairy cows. *J. Biol. Agric. Healthc*, 5, 176-185.
- Bibby, J., & Toutenburg, H. (1977). Prediction and improved estimation in linear models.
- Bjørnå, F. (2015a). *Engsvingel*. <https://www.felleskjopet.no/planteproduksjon-oversikt/slik-velger-du-riktig-grovfor/engsvingel/>
- Bjørnå, F. (2015b). *Rødkløver*. <https://www.felleskjopet.no/planteproduksjon-oversikt/slik-velger-du-riktig-grovfor/rodklover/>
- Bjørnå, F. (2015c). *Timotei*. <https://www.felleskjopet.no/planteproduksjon-oversikt/slik-velger-du-riktig-grovfor/timotei/>
- Blanco, M., & Villarroya, I. (2002). NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 240-250. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00404-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00404-1)
- Blaxter, K., Wainman, F., & Wilson, R. (1961). The regulation of food intake by sheep. *Animal Science*, 3(1), 51-61.
- Broderick, G. A. (1985). Alfalfa silage or hay versus corn silage as the sole forage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 68(12), 3262-3271.
- Brogna, N., Pacchioli, M. T., Immovilli, A., Ruozzi, F., Ward, R., & Formigoni, A. (2009). The use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) in the prediction of chemical composition and in vitro neutral detergent fiber (NDF) digestibility of Italian alfalfa hay. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2), 271-273.
- Buxton, D. (1995). Growing quality forages under variable environmental conditions. 13th Annual Western Canadian Dairy Seminar Conference, Red Deer, Canada,
- Buxton, D. R., & Fales, S. L. (1994). Plant environment and quality. *Forage quality, evaluation, and utilization*, 155-199.
- Callaway, R. M. (1995). Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61, 306-349.
- Chang, C.-W. (2005). Influence of soil moisture on near-infrared reflectance spectroscopic measurement of soil properties. In D. A. Laird (Ed.): Iowa State University Digital Repository.
- Charmley, E. (2001). Towards improved silage quality – A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(2), 157-168. <https://doi.org/10.4141/a00-066>
- Charmley, E., & Veira, D. (1990). Inhibition of proteolysis at harvest using heat in alfalfa silages: Effects on silage composition and digestion by sheep. *Journal of animal science*, 68(3), 758-766.

- Choung, J.-J., Chamberlain, D. G., Thomas, P. C., & Bradbury, I. (1990). The effects of intraruminal infusions of urea on the voluntary intake and milk production of cows receiving grass silage diets. *Journal of Dairy Research*, 57(4), 455-464.
- Deinum, B., De Beyer, J., Nordfeldt, P., Kornher, A., Ostgard, O., & Van Bogaert, G. (1981). Quality of herbage at different latitudes. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 29(2), 141-150.
- DePeters, E., & Smith, N. (1986). Forage quality and concentrate for cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 69(1), 135-141.
- Desclaux, D., & Roumet, P. (1996). Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars. *Field Crops Research*, 46(1-3), 61-70.
- Dønnem, I., Randby, Å., & Eknæs, M. (2011a). Effect of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on goat milk quality. *Animal feed science and technology*, 163(2-4), 118-129.
- Dønnem, I., Randby, Å., & Eknæs, M. (2011b). Effects of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on nutrient digestibility and dairy goat performance. *Animal feed science and technology*, 163(2-4), 150-160.
- Elferink, S., Driehuis, F., Gottschal, J. C., & Spoelstra, S. F. (2000). Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO Plant Production and Protection Papers*, 17-30.
- Eriksen, F., & Whitney, A. (1981). Effects of Light Intensity on Growth of Some Tropical Forage Species. I. Interaction of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Six Forage Grasses 1. *Agronomy journal*, 73(3), 427-433.
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. (2012). Drought stress in plants: an overview. *Plant responses to drought stress: From morphological to molecular features*, 1-33.
- Fystro, G., & Lunnan, T. (2006). Analysar av grovfôrkvalitet på NIRS. *Bioforsk Fokus*, 1(3), 180-181.
- Guenni, O., Romero, E., Guédez, Y., Bravo de Guenni, L., & Pittermann, J. (2018). Influence of low light intensity on growth and biomass allocation, leaf photosynthesis and canopy radiation interception and use in two forage species of *Centrosema* (DC.) Benth. *Grass and forage science*, 73(4), 967-978.
- Harris, P. A., Nelson, S., Carslake, H. B., Argo, C. M., Wolf, R., Fabri, F. B., Brolsma, K. M., van Oostrum, M. J., & Ellis, A. D. (2018). Comparison of NIRS and wet chemistry methods for the nutritional analysis of haylages for horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 71, 13-20.
- Hopkins, W. G. (2008). *Introduction to plant physiology*. John Wiley & Sons.
- Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Weisbjerg, M., & Nørgaard, P. (2006). Digestion and passage of fibre in ruminants. *Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress*, 87-135.
- Huhtanen, P., Vanhatalo, A., & Varvikko, T. (1997). Effects of abomasal infusions of histidine, leucine and glucose on milk production in cows given grass silage based diet. *ADSA'97: Program and abstracts: 92nd annual meeting: University of Guelph: June 22-25, 1997*,
- Höglind, M., Hanslin, H., & Van Oijen, M. (2005). Timothy regrowth, tillering and leaf area dynamics following spring harvest at two growth stages. *Field Crops Research*, 93(1), 51-63.

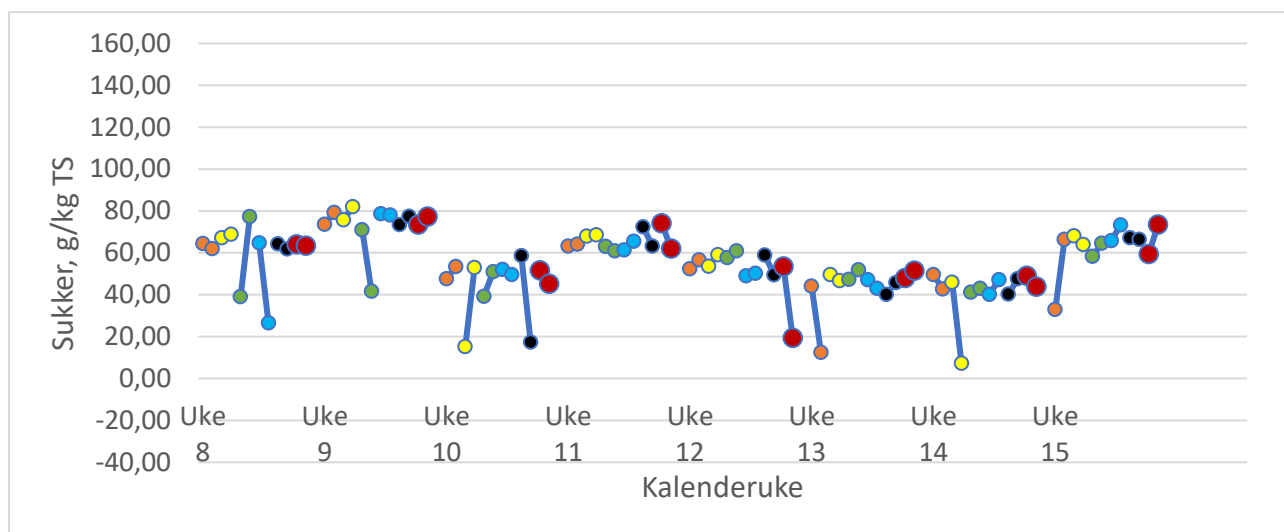
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., JR Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for sustainable development*, 32, 329-364.
- Johnson, C. R., Reiling, B. A., Mislevy, P., & Hall, M. B. (2001). Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of animal science*, 79(9), 2439-2448. <https://doi.org/10.2527/2001.7992439x>
- Kephart, K. D., & Buxton, D. R. (1993). Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade. *Crop Science*, 33(4), 831-837.
- Kjærstad, H. (2022). Utvikling av en gårdsspesifikk metode for bruk av værdata til optimalisering av høstetidspunkt.
- Loor, J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., & Chilliard, Y. (2005). Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 726-740.
- McDonald, P., Henderson, N., & Heron, S. (1991). *The Biochemistry of silage* (2nd ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2022). *Animal nutrition* (Eighth edition. ed.). Pearson Education.
- McMaster, G., & Wilhelm, W. (2003). Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. *The Journal of Agricultural Science*, 141(2), 129-147.
- McPherson, H., & Violante, P. (1966). Ornithine, putrescine and cadaverine in farm silages. *J. Sci. Food Agr*, 17, 124-127.
- Mo, M. (2005a). Ensileringsprosessen. In *Surfôrboka* (pp. 18-21). Landbruksforlaget.
- Mo, M. (2005b). Forord. In *Surfôrboka* (pp. 3). Landbruksforlaget.
- Mo, M. (2005c). Mikroorganismene og deres utvikling. In *Surfôrboka* (pp. 39-64). Landbruksforlaget.
- Mo, M. (2005d). Proteinendbrytning under ensilering. In *Surfôrboka* (pp. 65-67). Landbruksforlaget.
- Moallem, U., & Lifshitz, L. (2020). Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. *Animal feed science and technology*, 270, 114708.
- Muck, R. E. (2012). Microbiology of ensiling. Finland: Proc XVI Int Silage Conf Hameenlinna,
- Nelson, C., & Moser, L. E. (1994). Plant factors affecting forage quality. *Forage quality, evaluation, and utilization*, 115-154.
- Nelson, C. J. (2000). Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*, 101-126.
- Nordheim-Viken, H. (2008). *Fibre Degradation Characteristics of Timothy (Phleum Pratense L.): Effects of Maturity Stage and Climate on Ruminal Degradation, and Prediction Ny Near Infrared Reflectance Spectroscopy*. Norwegian University of Life Sciences, Department of Animal and Aquacultural
- Nordheim-Viken, H., & Volden, H. (2009). Effect of maturity stage, nitrogen fertilization and seasonal variation on ruminal degradation characteristics of neutral detergent fibre in timothy (*Phleum pratense* L.). *Animal feed science and technology*, 149(1-2), 30-59.
- NTB. (2023). *Salget av norske meieriprodukter øker*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedling/18017791/salget-av-norske-meieriprodukter-oket?publisherId=90026>

- 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. *J Dairy Sci*, 82(3), 589-596. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75271-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9)
- Osborn, D. F. (1980). The feeding value of grass and grass products. In *Grass, its productions and utilization* (pp. 70-124).
- Ozaki, Y. (2021). *Near-infrared spectroscopy : theory, spectral analysis, instrumentation, and applications* (1st 2021. ed.). Springer.
- Pahlow, G. (2012). 3 The silage fermentation. *Microbiology of Fermented Foods*, 73.
- Plaizier, J., Krause, D., Gozho, G., & McBride, B. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176(1), 21-31.
- Q-interline. (2023). *Agriquant NIRS instrument*. <https://q-interline.com/products/quant/quant-accessories/>
- Randby, Å., Selmer-Olsen, I., & Baevre, L. (1999). Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 420-428.
- Reeves, J. B. (2000). Use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy. In J. P. F. D’Mello (Ed.), *Farm Animal Metabolism and Nutrition* (pp. 185-209). CABI Publishing.
- Reid, J., Kennedy, W., Turk, K., Slack, S., Trimberger, G., & Murphy, R. (1959). Symposium on Forage Evaluation: I. What is Forage Quality from the Animal Standpoint? 1. *Agronomy journal*, 51(4), 213-216.
- Shenk, J. S., & Westerhaus, M. O. (1994). The application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to Forage Analysis. In *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 406-449).
- Susmel, P., Spanghero, M., Stefanon, B., Mills, C., & Cargnelutti, C. (1991). Effect of NDF concentration and physical form of fescue hay on rumen degradability, intake and rumen turn-over of cows. *Animal Science*, 53(3), 305-313.
- Tayyab, U., Wilkinson, R. G., Reynolds, C. K., & Sinclair, L. A. (2018). Particle size distribution of forages and mixed rations, and their relationship with ration variability and performance of UK dairy herds. *Livestock Science*, 217, 108-115.
- Terry, R., & Tilley, J. (1964). The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. *Grass and forage science*, 19(4), 363-372.
- Thornton, R., & Minson, D. (1972). The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 23(5), 871-877.
- Tilley, J., & Terry, d. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111.
- TINE. (2020). *Mer norskprodusert fôr til Dagros*. <https://medlem.tine.no/fag-og-forskning/mer-norskprodusert-f%C3%B4r-til-dagros>
- TINE. (2022). *Statistikksamling fra ku- og geitekontrollen*.
- Ulyatt, M., Blaxter, K., & McDonald, I. (1967). The relations between the apparent digestibility of roughages in the rumen and lower gut of sheep, the volume of fluid in the rumen and voluntary feed intake. *Animal Science*, 9(4), 463-470.
- Van Soest, P. J. (2018). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
- Volden, H. (2011). Feed calculations in NorFor. In *NorFor - The Nordic feed evaluation system* (pp. 55-58).

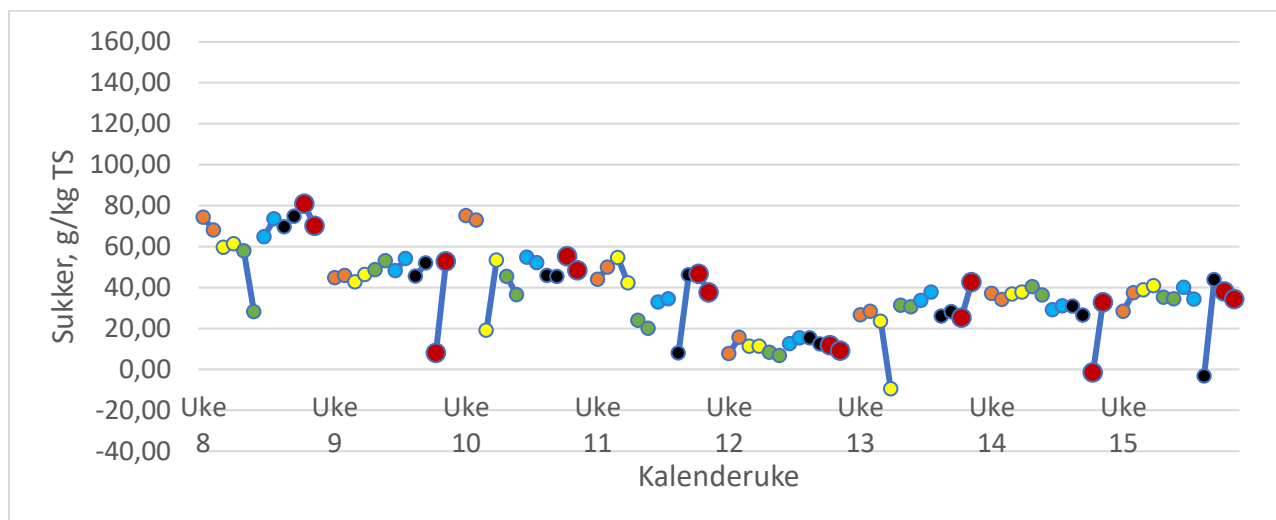
- Volden, H., Lien, K., & Broadshaug, E. (2021). Hvordan tjene på høy føreffektivitet *Buskap*.
https://www.buskap.no/journal/2021/2/m-6006/Hvordan_tjene_p%C3%A5_h%C3%B8y_f%C3%B4reffektivitet?
- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Rygh, A. J., & (2011). System evaluation. In *NorFor - The Nordic feed evaluation system* (pp. 141-167). Wageningen Academic.
- Weil, R. R. B., N.C (2017). *The nature and properties of soils*. Pearson International.
- Weinberg, Z. G., & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, 19(1), 53-68.
<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x>
- Whitehead, D. C. (1995). *Grassland nitrogen*. CAB International.
- Wieringa, G. (1958). The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 6(3), 204-210.
- Zebeli, Q., Ghareeb, K., Humer, E., Metzler-Zebeli, B., & Besenfelder, U. (2015). Nutrition, rumen health and inflammation in the transition period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Research in veterinary science*, 103, 126-136.
- Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Tøgersen, R., Udèn, P., Òlafsson, B. L., Harstad, O. M., & Volden, H. (2011). Feed analyses and digestion methods. In *NorFor - The Nordic feed evaluation system* (pp. 41-55). Wageningen Academic.
- Aarnes, H. (2021). *Cellevegg*.
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/c/celleve.html>

Vedlegg 1

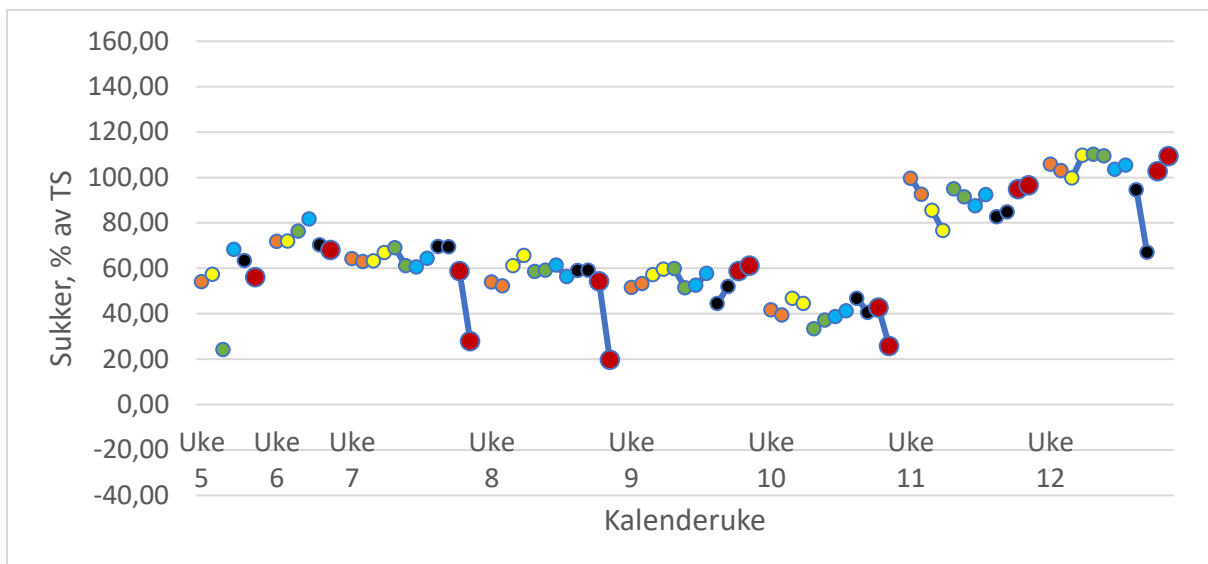
Sukker



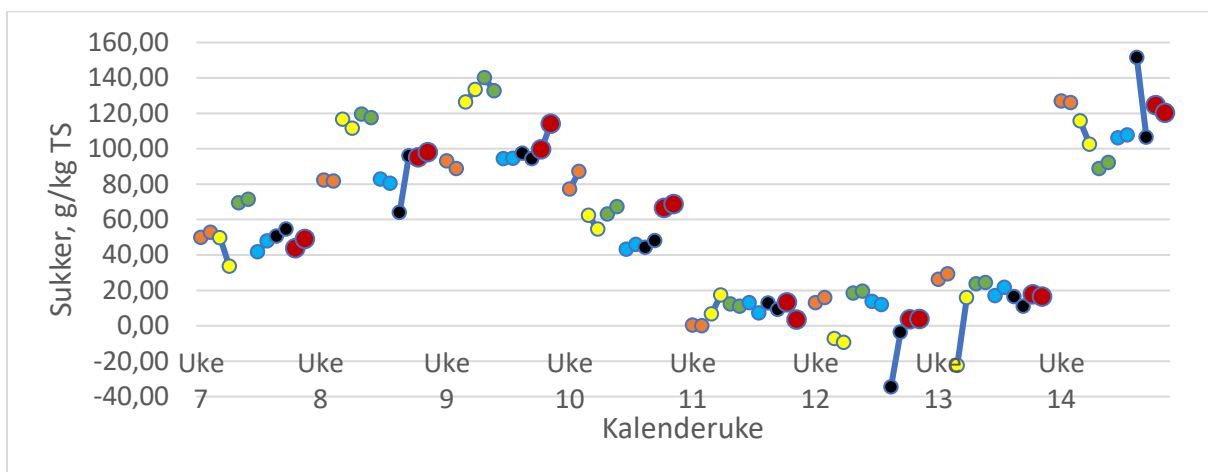
Figur 34: Sukker målinger gjort hos Gård 1 gjennom forsøksperioden



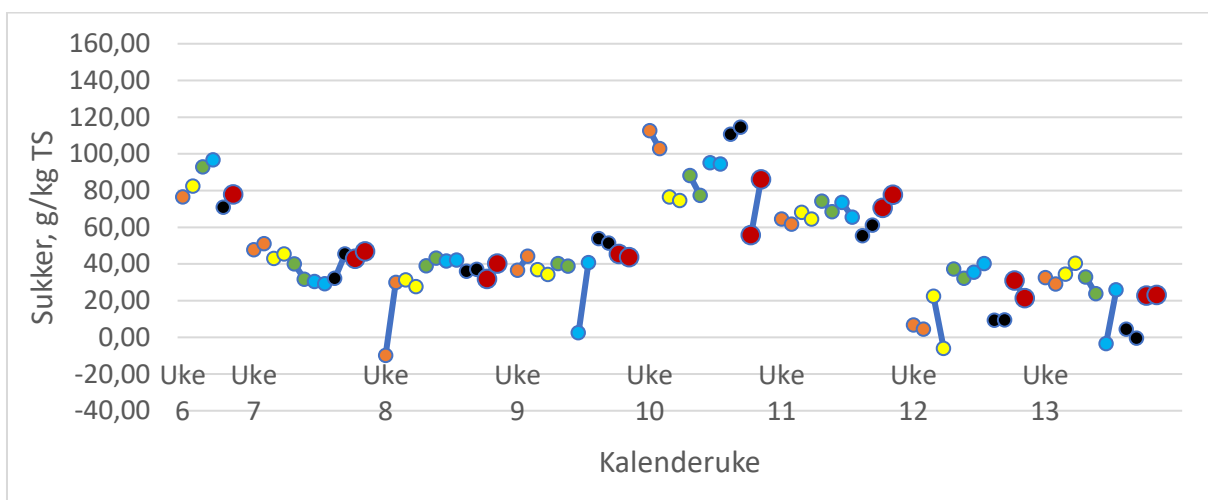
Figur 35: Sukker målinger gjort hos Gård 2 gjennom forsøksperioden



Figur 36: Sukker målinger gjort hos Gård 3 gjennom forsøksperioden

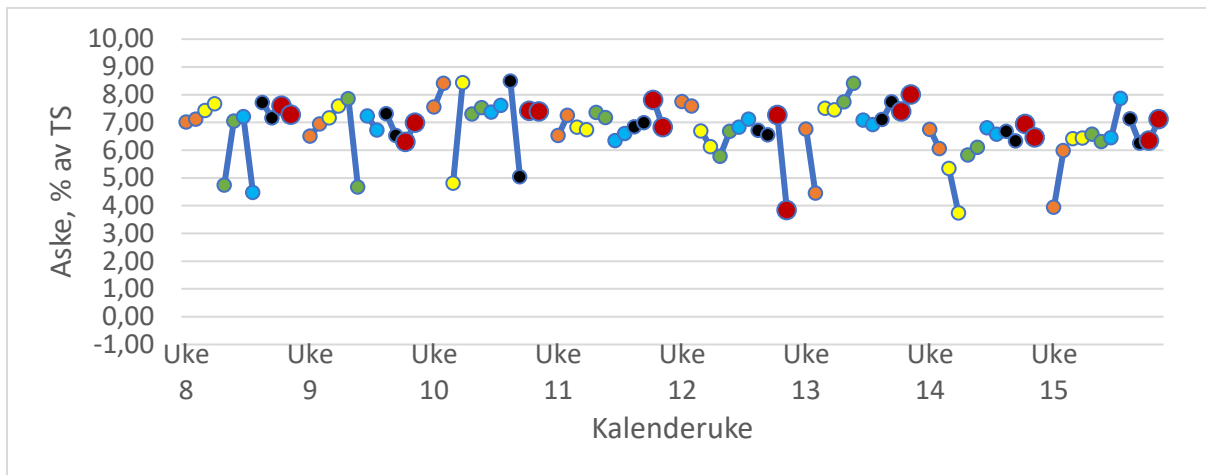


Figur 37: Sukker målinger gjort hos Gård 4 gjennom forsøksperioden

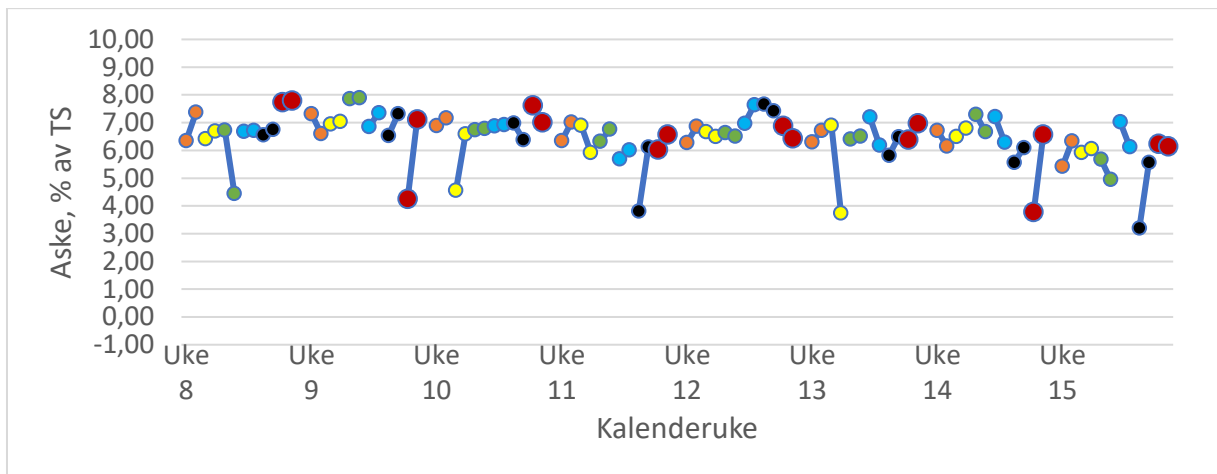


Figur 38: Sukker målinger gjort hos Gård 5 gjennom forsøksperioden

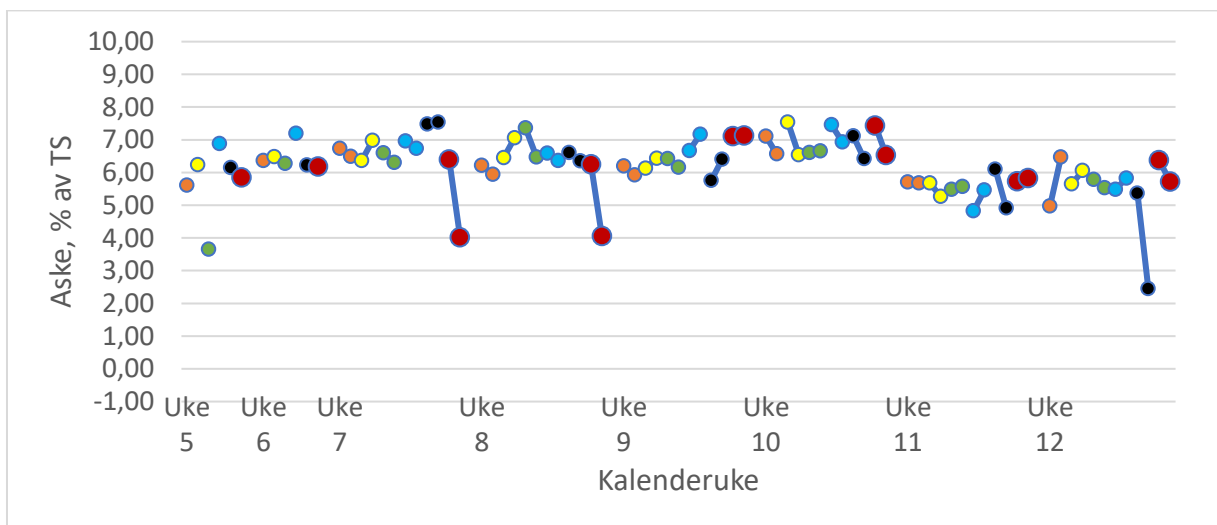
Aske



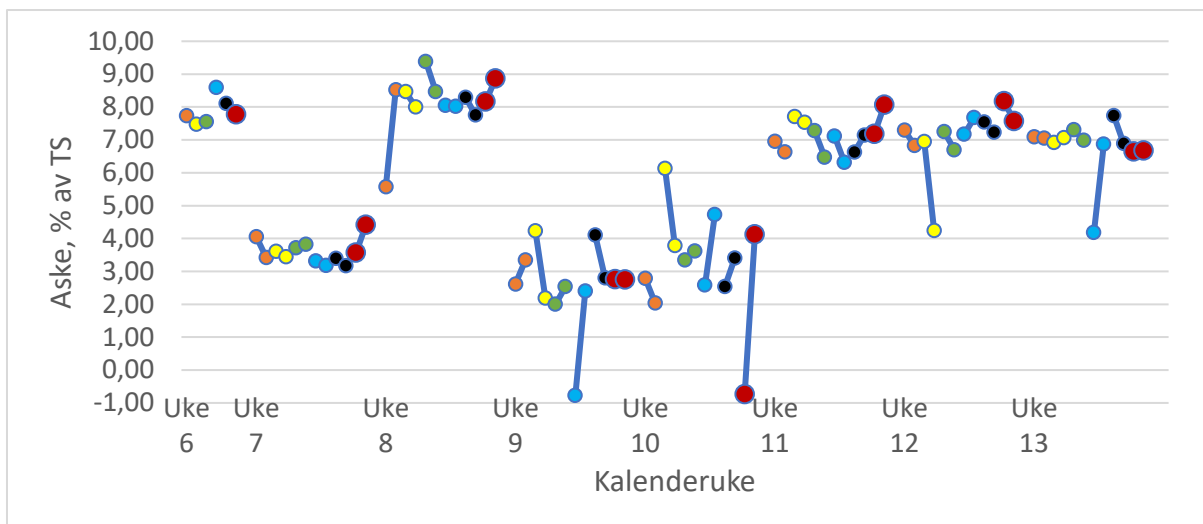
Figur 39: Aske målinger gjort hos Gård 1 gjennom forsøksperioden



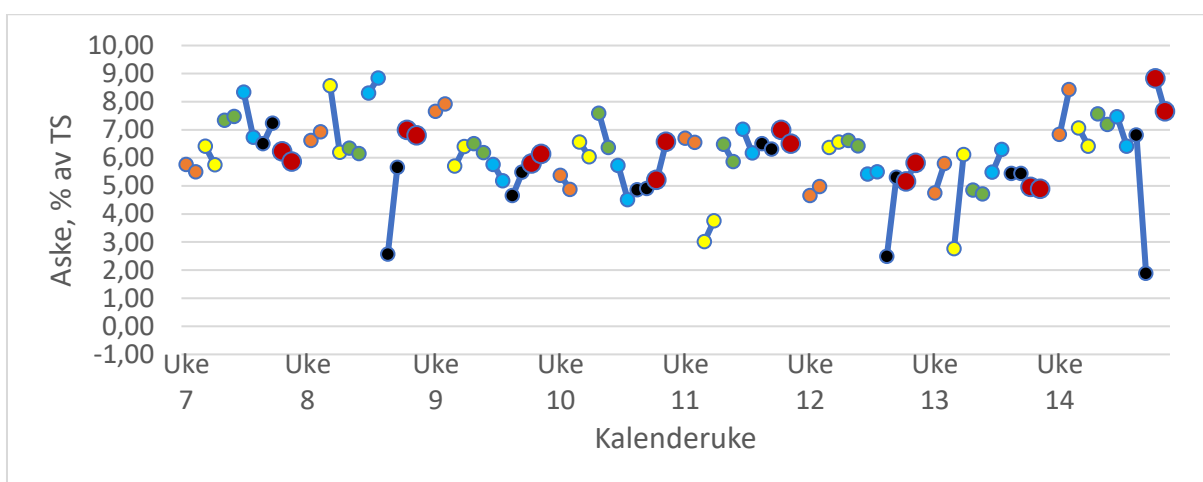
Figur 40: Aske målinger gjort hos Gård 2 gjennom forsøksperioden



Figur 41: Aske målinger gjort hos Gård 3 gjennom forsøksperioden

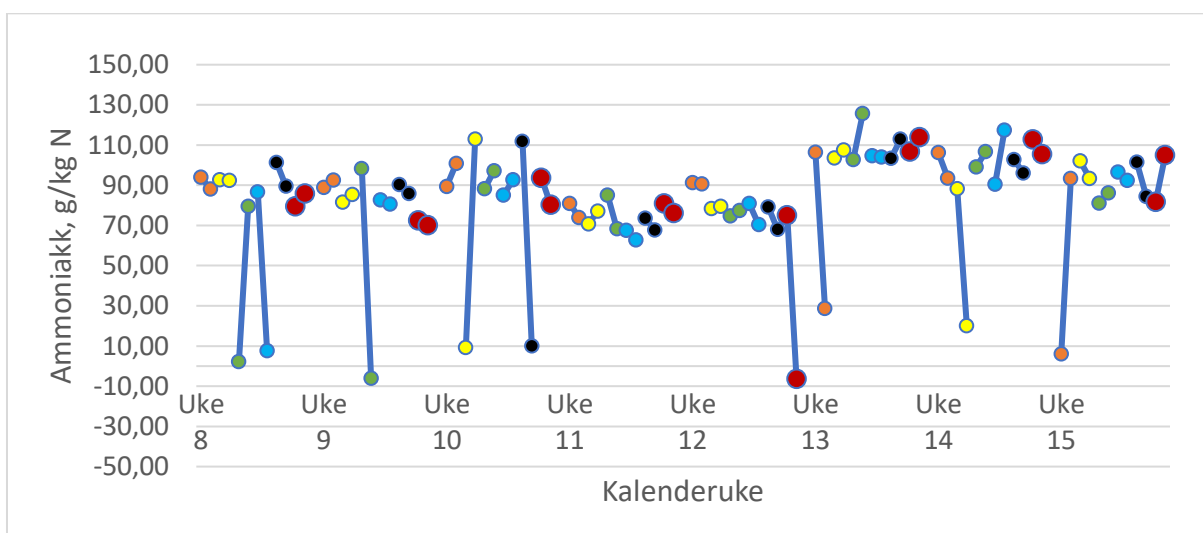


Figur 42: Aske målinger gjort hos Gård 4 gjennom forsøksperioden

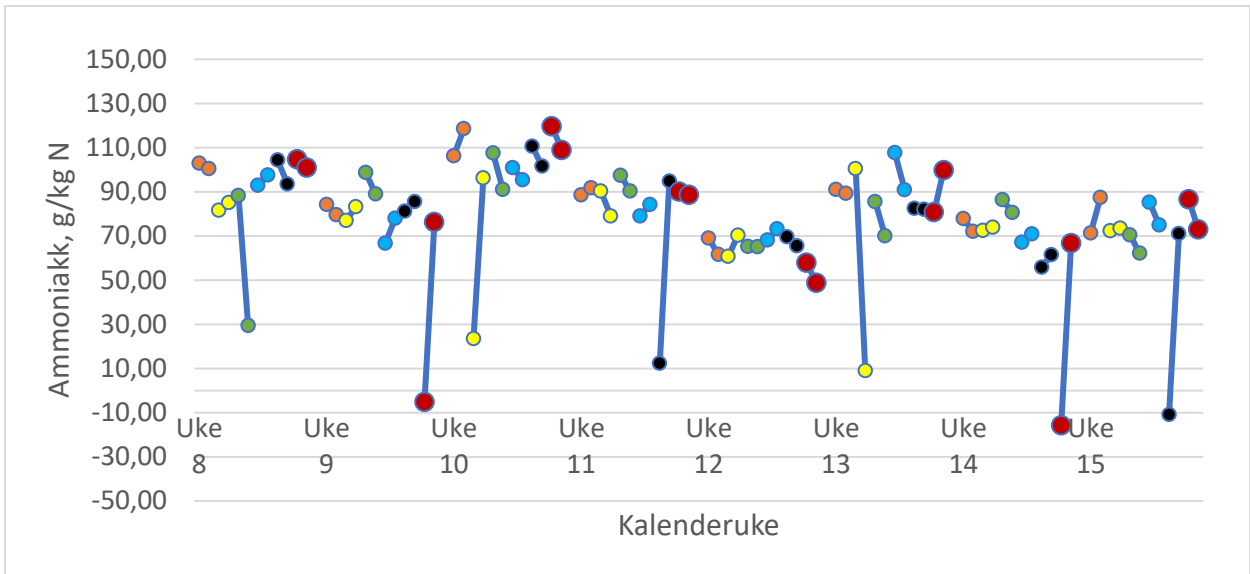


Figur 43: Aske målinger gjort hos Gård 5 gjennom forsøksperioden

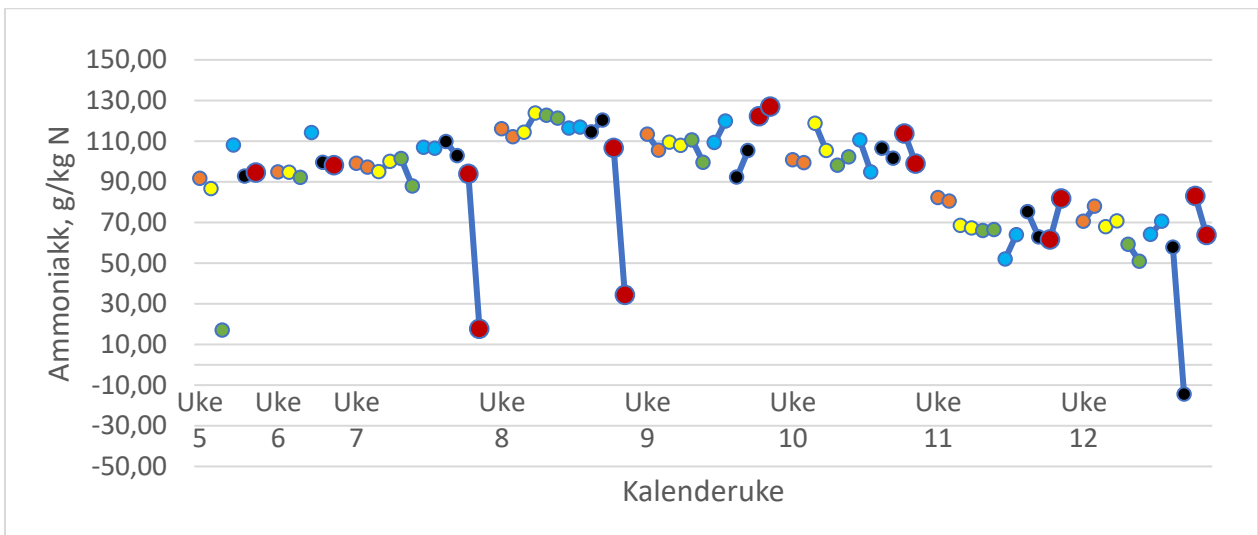
Ammoniakk



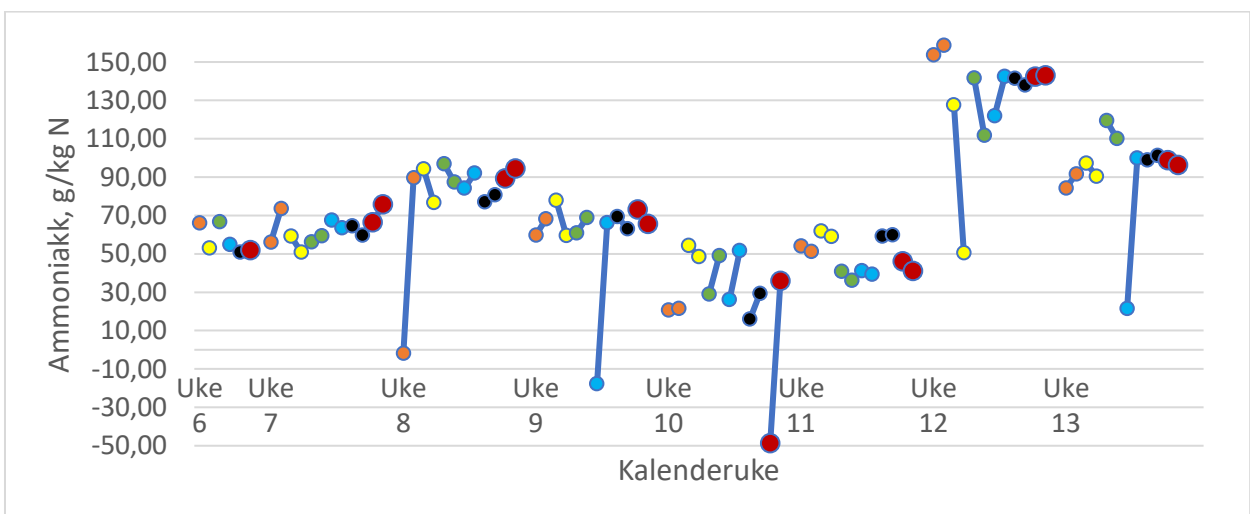
Figur 44: Ammoniakk målinger gjort hos Gård 1 gjennom forsøksperioden



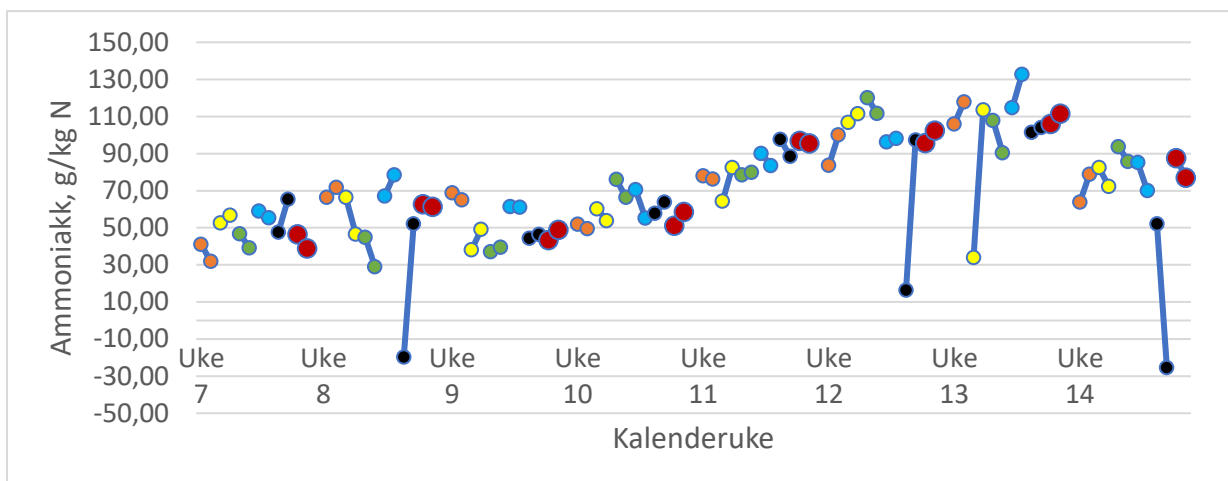
Figur 45: Ammoniakk målinger gjort hos Gård 2 gjennom forsøksperioden



Figur 46: Ammoniakk målinger gjort hos Gård 3 gjennom forsøksperioden

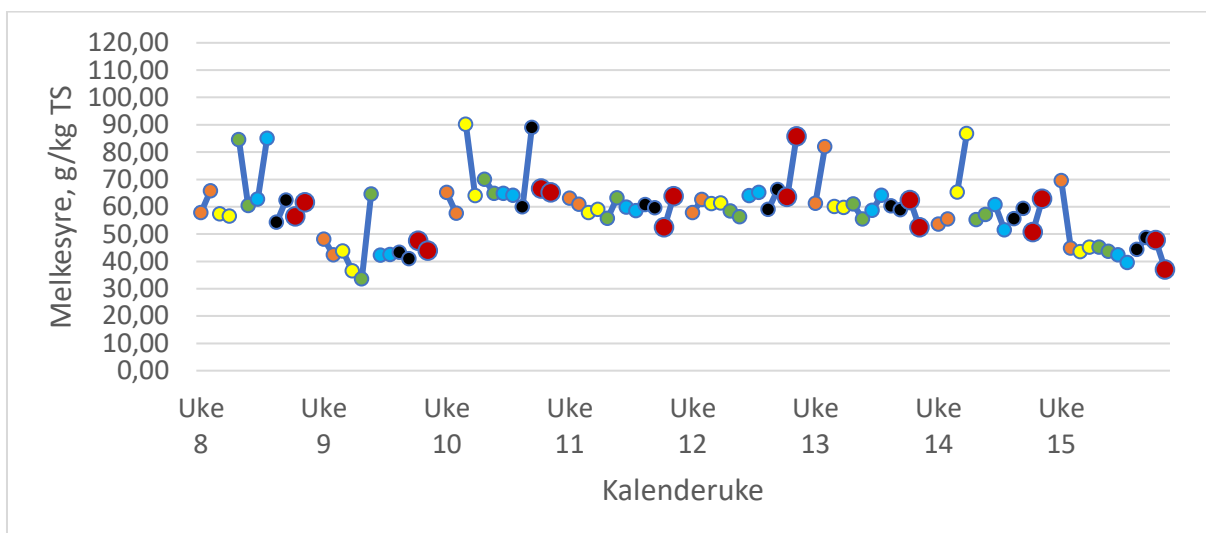


Figur 47: Ammoniakk målinger gjort hos Gård 4 gjennom forsøksperioden

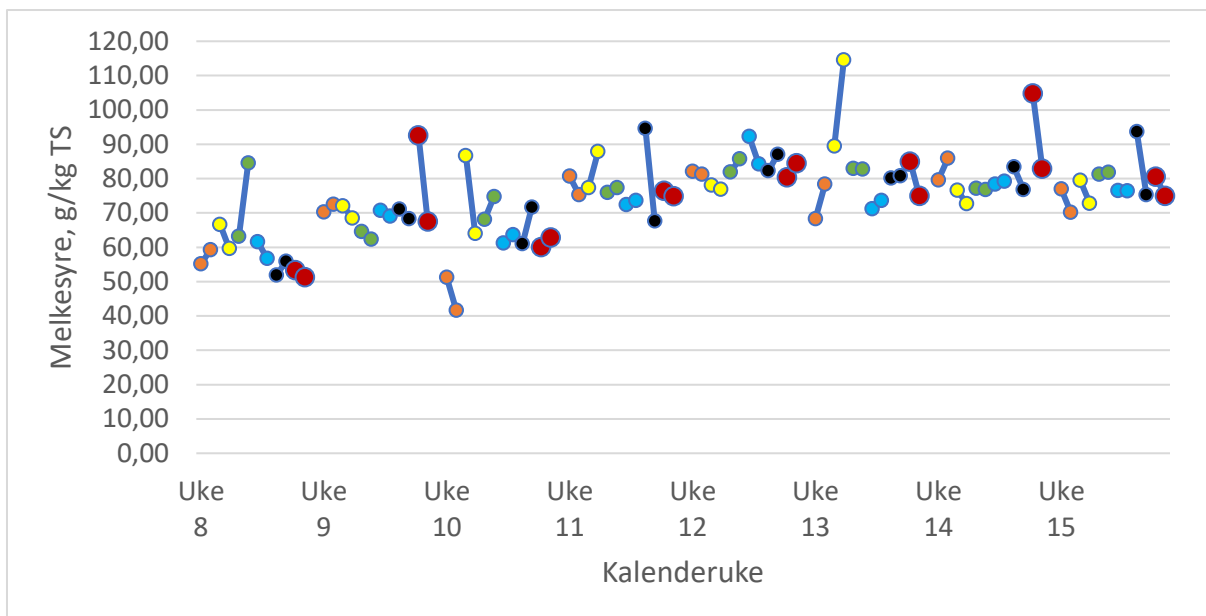


Figur 48: Ammoniakk målinger gjort hos Gård 5 gjennom forsøksperioden

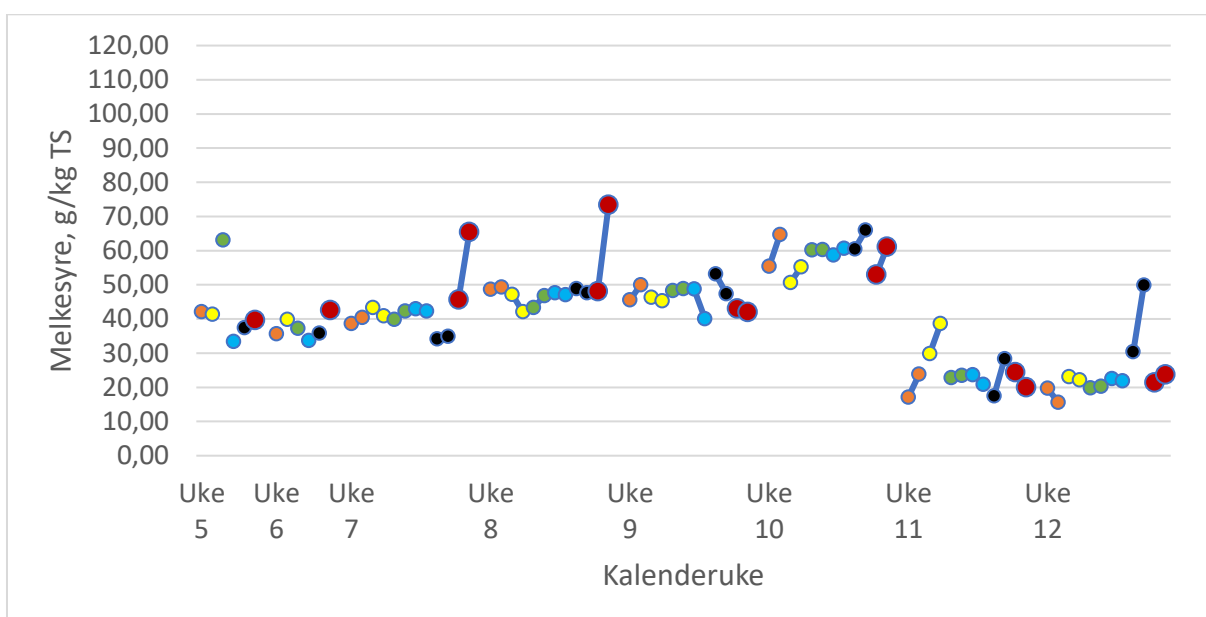
Melkesyre



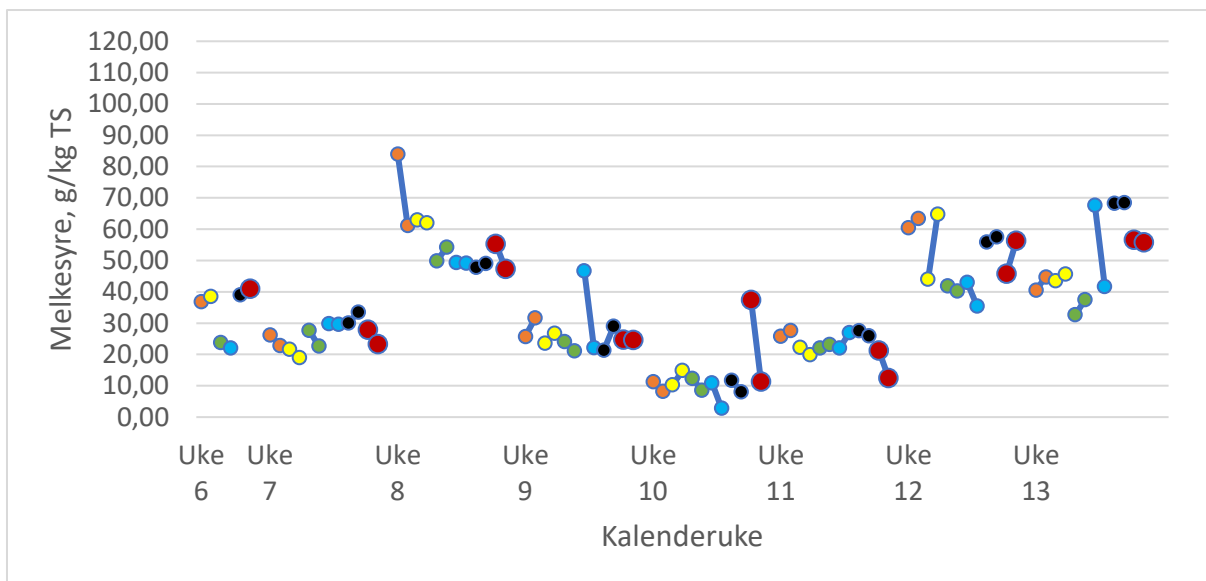
Figur 49: Melkesyre målinger gjort hos Gård 1 gjennom forsøksperioden



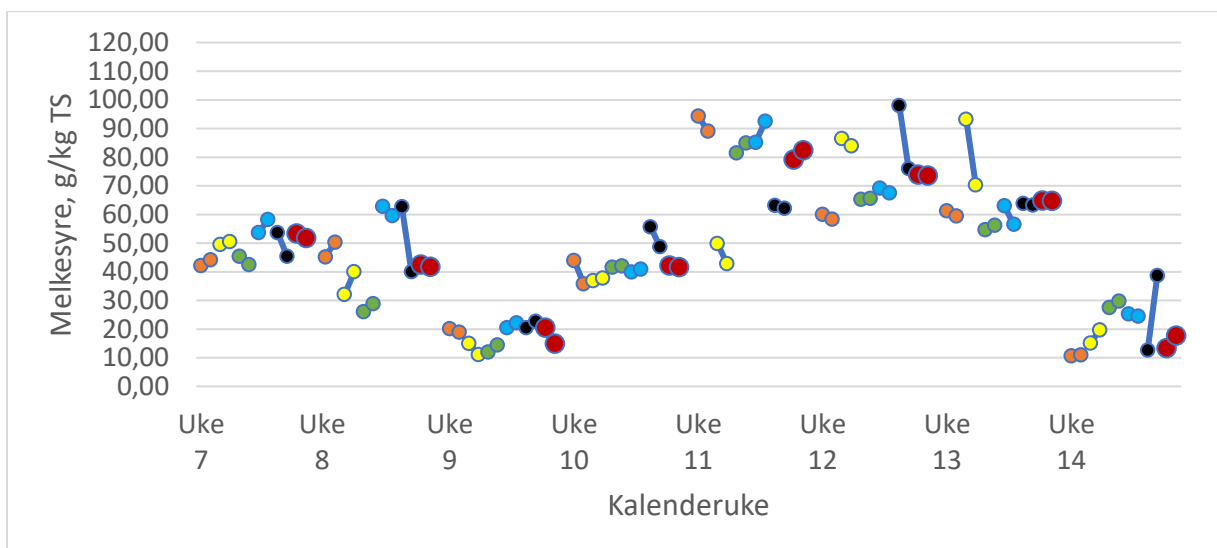
Figur 50: Melkesyre målinger gjort hos Gård 2 gjennom forsøksperioden



Figur 51: Melkesyre målinger gjort hos Gård 3 gjennom forsøksperioden

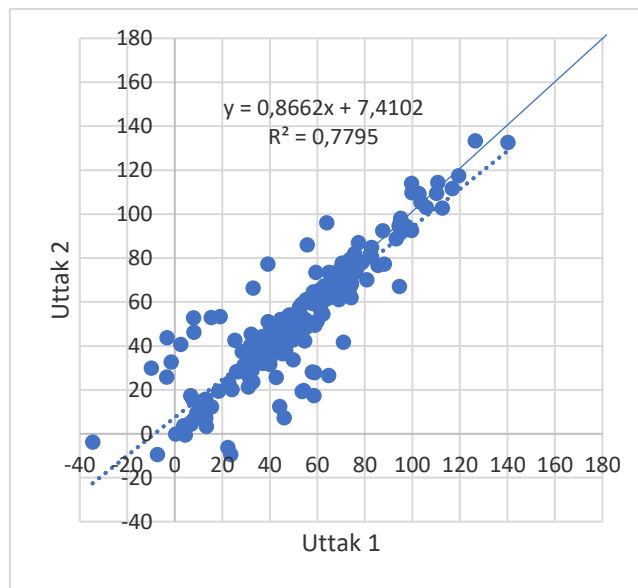


Figur 52: Melkesyre målinger gjort hos Gård 4 gjennom forsøksperioden

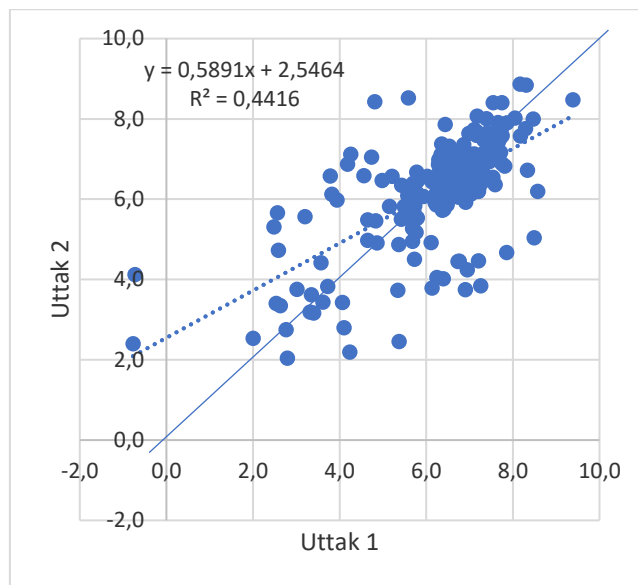


Figur 53: Melkesyre målinger gjort hos Gård 5 gjennom forsøksperioden

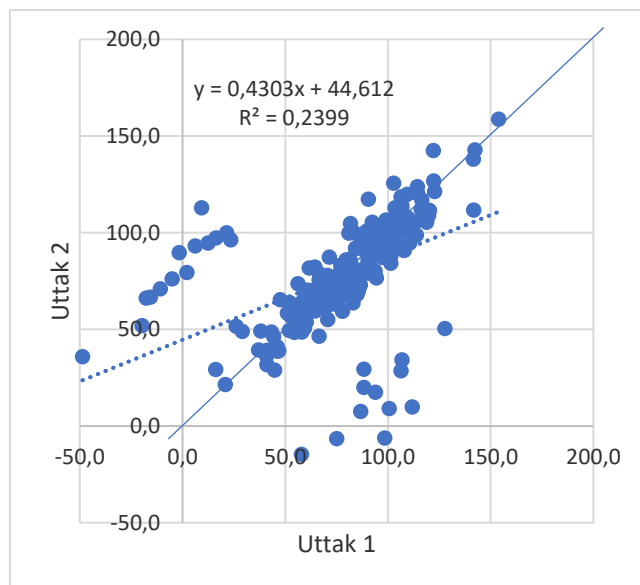
Vedlegg 2 sammenheng mellom paralleller



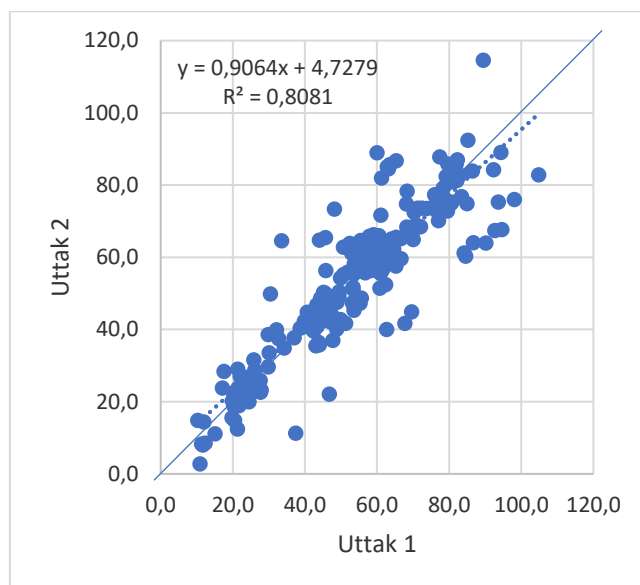
Figur 54: Sammenheng mellom parallellene for sukker, heltrukken linje er $y=x$



Figur 55: Sammenheng mellom parallellene for aske, heltrukken linje er $y=x$



Figur 56: Sammenheng mellom parallellene for ammoniakk, heltrukken linje er $y=x$



Figur 57: Sammenheng mellom parallellene for melkesyre, heltrukken linje er $y=x$

Vedlegg 3 Tabell korrelasjonskoeffisienter

Tabell 12: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttaks steder for sukker

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Sukker1 | Sukker2 | Sukker3 | Sukker4 | Sukker5 | Sukker6 |
| Sukker1 | 1 | 0,81513 | 0,77748 | 0,8466 | 0,846 | 0,84829 |
| Sukker2 | 0,81513 | 1 | 0,85539 | 0,8224 | 0,79847 | 0,83788 |
| Sukker3 | 0,77748 | 0,85539 | 1 | 0,81063 | 0,75157 | 0,81447 |
| Sukker4 | 0,8466 | 0,8224 | 0,81063 | 1 | 0,85332 | 0,85721 |
| Sukker5 | 0,846 | 0,79847 | 0,75157 | 0,85332 | 1 | 0,82018 |
| Sukker6 | 0,84829 | 0,83788 | 0,81447 | 0,85721 | 0,82018 | 1 |

Tabell 13: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttaks steder for aske

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Aske1 | Aske2 | Aske3 | Aske4 | Aske5 | Aske6 |
| Aske1 | 1 | 0,46846 | 0,58096 | 0,64673 | 0,46111 | 0,62102 |
| Aske2 | 0,46846 | 1 | 0,56147 | 0,48679 | 0,32433 | 0,40161 |
| Aske3 | 0,58096 | 0,56147 | 1 | 0,66262 | 0,54055 | 0,59587 |
| Aske4 | 0,64673 | 0,48679 | 0,66262 | 1 | 0,51881 | 0,64308 |
| Aske5 | 0,46111 | 0,32433 | 0,54055 | 0,51881 | 1 | 0,54629 |
| Aske6 | 0,62102 | 0,40161 | 0,59587 | 0,64308 | 0,54629 | 1 |

Tabell 14: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttaks steder for ammoniakk

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Amm1 | Amm2 | Amm3 | Amm4 | Amm5 | Amm6 |
| Amm1 | 1 | 0,28794 | 0,42464 | 0,57309 | 0,47016 | 0,5174 |
| Amm2 | 0,28794 | 1 | 0,40423 | 0,32413 | 0,25981 | 0,26191 |
| Amm3 | 0,42464 | 0,40423 | 1 | 0,47515 | 0,41098 | 0,46396 |
| Amm4 | 0,57309 | 0,32413 | 0,47515 | 1 | 0,48031 | 0,55425 |
| Amm5 | 0,47016 | 0,25981 | 0,41098 | 0,48031 | 1 | 0,46212 |
| Amm6 | 0,5174 | 0,26191 | 0,46396 | 0,55425 | 0,46212 | 1 |

Tabell 15: Korrelasjonskoeffisienter mellom uttaks steder for melkesyre

| Pearson Correlation Coefficients, N = 77 | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Melkes 1 | Melkes 2 | Melkes 3 | Melkes 4 | Melkes 5 | Melkes 6 |
| Melkes1 | 1 | 0,78696 | 0,84588 | 0,87197 | 0,79713 | 0,86136 |
| Melkes2 | 0,78696 | 1 | 0,82132 | 0,77104 | 0,82532 | 0,81989 |
| Melkes3 | 0,84588 | 0,82132 | 1 | 0,86404 | 0,80704 | 0,84409 |
| Melkes4 | 0,87197 | 0,77104 | 0,86404 | 1 | 0,84827 | 0,87278 |
| Melkes5 | 0,79713 | 0,82532 | 0,80704 | 0,84827 | 1 | 0,85363 |
| Melkes6 | 0,86136 | 0,81989 | 0,84409 | 0,87278 | 0,85363 | 1 |



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway