



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for Biovitenskap
Hovedveileder Gunnar Klemetsdal

Forskjeller i celletall og andre mastittindikatorer fra melkeroboten i to seleksjonslinjer av NRF.

Differences in somatic cell count and other mastitis indicators from the milkingrobot in two selection groups of Norwegian Red.

Mari Heringstad

Husdyrvitenskap
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
Fakultet for Biovitenskap

Forord

Plutselig var årene som student i husdyrvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet over. Det har vært fem begivenhetsrike år som har gått fort og jeg har lært veldig mye.

Jeg har hele tiden syntes fag innen avl og ernæring har vært moro, og spesielt på storfe. Valget falt på å fordype meg i avl og genetikkk i masterstudiet. Det er interessant og spennende å se hvordan avl er en viktig brikke i dagens husdyrproduksjon og ikke minst for dyrevelferden. Avlsarbeidet er i stadig utvikling og ny teknologi med melkeroboter har ført til store ubrukte datamengder som etter hvert vil bli benyttet i avl. Derfor var det veldig moro å få skrive en oppgave som omhandlet melkerobotdata og registreringene som er gjort på celletall.

Først vil jeg takke Gunnar Dalen for tilgang til datamaterialet fra NMBU besetningen og Kukontrollen og Geno for tilgang til data. Takk til Ingebret Risa for hjelp med informasjon om DeLaval sin robot.

Tusen takk til min hovedveileder Gunnar Klemetsdal for tilbakemeldinger og hjelp underveis. Stor takk til tante Bjørg Heringstad for all hjelp med utregninger i SAS og innspill til oppgaven. Takk til mine to biveiledere Karoline Bakke Wethal og Gunnar Dalen for gode innspill. Til slutt vil jeg takke klassen for en fin studietid.

NMBU, Ås, 10.05.2018

Mari Heringstad

Sammendrag

Det kommer store mengder nøye og objektivt registrerte data fra melkeroboter (AMS). Dette er data med stort potensialet til å brukes i avlsarbeidet og som styringsverktøy til bonden. Formålet med denne oppgaven var å undersøke om det var forskjell mellom to grupper av NRF i online celletall (OCC) og i andre mastittindikatorer fra melkeroboten, i nivå og utvikling gjennom laktasjonen. Det var også et mål å undersøke hvor godt konduktiviteten fungerer som mastittindikator, og basert på mønster i celletall hos enkeltkyr vurdere potensialet for nye egenskaper, til bruk i både besetningsstyring og avlsarbeid. Datasettet inneholdt observasjoner fra 173 kyr fra besetningen ved NMBU med til sammen 279 laktasjoner og 99 241 observasjoner totalt. De to gruppene var selektert for høy melkeproduksjon (høylinjen) og god motstandsevne mot mastitt (frisklinjen) siden 1989.

For å undersøke om det var forskjell mellom linjene ble gjennomsnitt OCC og ln transformert OCC (SCS) per dag i melk plottet per linje med loess regresjonskurve og 95% konfidensintervall. Sammenhengen mellom celletall og mastittindikatorene maks konduktiviteten, relativ konduktiviteten og DeLaval sin «Mastitis Detection index», ble undersøkt ved å plote de mot hverandre å beregne korrelasjoner mellom dem.

Indirekte seleksjonsrespons som følge av seleksjon for melk eller mastitt har ført til stor forskjell mellom høylinjen og frisklinjen i celletall. Least Squares mean for SCS for høylinjen var på 4,01 som tilsvarer rundt 55000 i celletall og for frisklinjen på 3,54 som tilsvarer rundt 34500 i celletall. Den samme forskjellen mellom linjene ble ikke funnet for elektrisk konduktiviteten. Sammenhengen mellom celletall og mastittindikatorene fra melkeroboten var svake, men det kan se ut til at indikatorene fungerer ved enkelte tilfeller av akutt klinisk mastitt. Korrelasjonene mellom celletall og mastittindikatorene var lave, alle under 0,35

Sammenhengen mellom celletall og mastittindikatorene i dagens AMS er svak og det ser ikke ut til at nåværende mastittindikatorer fungerer optimalt. Å måle celletall ved hjelp av OCC-måler er kostbart, og det trengs derfor enklere og billigere målemetoder for celletall. Utfordringen nå er å utnytte slike nye data i besetningsstyring, men også for å definere nye egenskaper som kan brukes i avl mot mastitt.

Abstract

Large amounts of objectively recorded data from milk robots are available and have a great potential for use in breeding and herd management tools. The aim of this study was to investigate whether there were differences between two selection groups of Norwegian Red in online cell count (OCC) and in other mastitis indicators, in level and development through lactation. It was also an aim to investigate how well electric conductivity works as a mastitis indicator and based on somatic cell count patterns of single cows evaluate the potential for new traits, both for herd management and for breeding. The data set contained observations from 173 cows from the research herd at NMBU with a total of 279 lactations and 99 241 observations. The two groups were selected for high protein yield (HPY) and low clinical mastitis (LCM) since 1989.

To investigate if there were differences between the selection groups, average OCC and ln-transformed online cell count (SCS) per day in milk were plotted per group with loess regression curve and 95% confidence interval. The correlation between OCC and the mastitis indicators, maximum conductivity, relative conductivity and DeLaval's mastitis detection index were examined by plots and correlations.

Indirect selection for high milk yield or low mastitis, respectively, has resulted in big differences between the HPY and the LCM cows in OCC. Least Squares mean for SCS for the HPY was 4.01, which corresponds to about 55000 in OCC and for the LCM of 3.54, which corresponds to around 34,500 in OCC. For electrical conductivity measures the differences between the groups were less obvious. The associations between OCC and the mastitis indicators were weak, but the indicators may identify some cases of clinical mastitis. The correlations between OCC and mastitis indicators were low, all below 0.35

The correlation between OCC and mastitis indicators in today's milking robot is weak, and current mastics indicators do not work optimally. Using OCC is expensive, and simpler and cheaper measurement methods for somatic cell count is therefore needed. The challenge and opportunity is to utilize such new AMS data in development of herd management tools, but also to define new traits to be used in genetic evaluation of mastitis.

Innhold

1.0	Innledning.....	1
2.0	Litteratur	2
2.1	Mastitt.....	2
2.2	Avl for bedre jurhelse hos NRF	2
2.3	Høylinje og frisklinje	3
2.4	Laktasjonskurvene	4
2.5	Celletall.....	5
2.6	Melkerobot.....	6
2.6.1	Kvalitet på melken fra robot.....	7
2.7	OCC målere.....	8
2.8	Elektrisk konduktivitet.....	8
2.9	Mastittindikator og blod.....	10
3.0	Material og metode.....	11
3.1	Besetningen ved NMBU og datamaterialet	11
3.2	Egenskaper	13
3.3	Forskjeller og sammenhenger	14
3.4	Beskrivende statistikk.....	15
3.5	Modell	17
4.0	Resultat	18
4.1	Celletall.....	18
4.2	Melkemengde.....	22
4.3	Konduktivitet.....	26
4.4	Sammenheng mellom celletall og mastittindikatorer.....	27
4.5	Gruppering etter frisk, syk og subklinisk.....	30
4.6	SCS, MDi og konduktivitet for enkeltkyr	32
4.7	Eksempel på celletallskurver for enkeltkyr	34
5.0	Diskusjon	37

6.0	Konklusjon	45
7.0	Referanser	46

1.0 Innledning

Melkerobot er populært i Norge og antallet besetninger med robot øker. Ved utgangen av 2016 var det 1726 besetninger med melkerobot, 87 av disse hadde to, altså var det totalt 1813 melkeroboter (Jøsang, 2017). Rundt 40% av melkekyrne i Norge melkes nå i robot. Melkeroboten er for mange en arbeidsbesparende investering. Hverdagen bli mere fleksibel siden man slipper å bruke mye tid på melking og det er ikke lenger melkingstidspunktet som styrer fjøstiden.

Fra melkerobot og tilhørende sensorer blir det registrert store mengder objektive data ved hver melking. Dette gir nye muligheter for besetningsstyring og i tillegg data til bruk i avlsarbeidet. Det jobbes med å etablere en database for rutinemessig innsamling av data fra melkerobot. Det blir da lettere å benytte datamaterialet videre i avl og til å utvikle nye verktøy for bonden.

Besetningen ved Senter for husdyrforsk, Ås gård, NMBU, deltar i seleksjonsforsøket med NRF og har kyr fra høylinja (HL) og frisklinja (FL) som er genetiske grupper for henholdsvis høy melkeavdrått og lav mastittfrekvens. Seleksjonsforsøket har gitt store genetiske forskjeller i proteinytelse og mastittresistens mellom linjene (Heringstad et al., 2007). Ved NMBU finnes online celletallsmåler (OCC-måler) som måler celletall ved hver melking og som gir detaljert informasjon om celletallet og muligheter for å studere celletallsforskjeller mellom linjene.

Formålet med denne oppgaven var å undersøke om det var forskjell mellom høylinjen og frisklinjen i celletall, målt som OCC, og i andre mastittindikatorer, i nivå og utvikling gjennom laktasjonen. Det var også et mål å undersøke hvor godt konduktivitet fungerer som mastittindikator, og basert på mønster i celletall hos enkeltkyr vurdere potensialet for nye egenskaper, både i besetningsstyring og i avlsarbeidet.

2.0 Litteratur

2.1 Mastitt

Mastitt er den mest kostbare sykdommen hos melkeku (Heringstad et al., 2000). Mastitt gir ikke bare kostnader til veterinær og behandling, men også tapt produksjon under behandling, mindre produksjon i resten av laktasjonen og større risiko for sykdom i fremtiden. Mastitt er i tillegg den vanligste sykdommen som rammer melkekyr og den påvirker dyrevelferden. Mastitt kommer i mange varianter og varierer fra alvorlig klinisk, med tydelige sykdomstegn, til subklinisk uten noen visuelle tegn til sykdom. Det er i tillegg mange ulike bakterier som forårsaker mastitt, og mastitt opptrer forskjellig fra bakterie til bakterie.

Det er kjent at melkeavdrått og mastitt har en ugunstig, men positiv genetisk korrelasjon (Heringstad et al., 1999). Dette betyr at ensidig seleksjon for mer melk, gir en økning i mastitt. Avl for mindre mastitt kan gjøres ved direkte seleksjon basert på registreringer av veterinærbehandlet mastitt (Heringstad et al., 2000), indirekte ved å selektere på egenskaper korrelert med mastitt eller ved en kombinasjon av direkte og indirekte seleksjon. Både Norge, Danmark, Sverige og Finland samler informasjon om veterinærbehandlingene som lagres i en sentral database. Dette er en viktig forutsetning for avl for mindre mastitt. Så langt er det få land som har registreringer av klinisk mastitt, men de fleste land registrerer celletall. Celletallsregistreringer, samt registreringer av lekkasje og melkingshastighet kan brukes som indirekte seleksjonsegenskaper (Egger-Danner et al., 2015). I tillegg har elektrisk konduktivitet (EC) også blitt sett på som en mulighet i avl (Norberg, 2005), men er så langt ikke tatt i bruk.

Avl for mindre mastitt reduserer også bruken av antibiotika som kan redusere risikoen for at det utvikles resistente bakterier. Resistente bakterier er et økende problem, og det er derfor viktig å sørge for lavest mulig bruk av antibiotika (Myllys et al., 1998).

2.2 Avl for bedre jurhelse hos NRF

Mastitt kom inn i avlsmålet til NRF i 1978 (Heringstad, 2014), og fra 1990 ble vektleggingen økt betydelig. I 2014 ble avlsverdier for celletall vektlagt og utgjør sammen med mastitt jurhelseindeksen for NRF (Geno, 2016). Avlsverdiene for celletall blir beregnet ut fra

gjennomsnittlig laktasjonscelletall fra laktasjon 1-3, og hver ku må minst ha to veiedatoer med melkeprøver for å få en celletallsavlsverdi.

Mastittindeksen består av 7 delegenskaper fordelt på 3 laktasjoner. Første laktasjon deles inn i tre perioder: -15-30, 31-120 og 121-305 dager etter kalving. Andre og 3. laktasjon deles inn i to perioder hver: -15-30 og 31-305 dager etter kalving. Mastitt blir definert som en enten eller egenskap basert på om kua er behandlet eller ikke innen hver periode med helsekortkode 303 (alvorlig og moderat klinisk mastitt) eller 304 (mild klinisk mastitt). Avlsverdiene fra periodene i 1. laktasjon sammenveies, med 1/3 vekt på hver, og utgjør mastittindeksen. Den ekstra informasjonen fra 2. og 3. laktasjon bidrar gjennom genetiske korrelasjoner til avlsverdiene i 1. laktasjon. Det vil si at det selekteres for mindre mastitt i 1. laktasjon, men på grunn av genetisk korrelasjon gir avlen også fremgang i de andre laktasjonene.

2.3 Høylinje og frisklinje

Besetningen ved NMBU har helt siden 1978 vært med i to seleksjonsforsøk på NRF, sammen med en rekke besetninger ved landbruksskoler og Åna kretsfengsel (Heringstad, 2006). Det første seleksjonsforsøket (1978 til 1989) gikk ut på å undersøke effekten av ensidig seleksjon for høy eller lav melkeavdrått. Kyrne ble delt i to grupper, lavlinje og høylinje. Dagens seleksjonsforsøk startet i 1989. Seleksjonsgruppene ble basert på høylinje-kyrne fra det første forsøket. Nye fedre til forsøket har blitt valgt ut hvert år. De to til fire beste NRF-oksene med høyest avlsverdi for henholdsvis mastittresistens og høy proteinytelse blir brukt (Heringstad et al., 2003).

Etter fem ku-generasjoner tilsvarte den genetiske forskjellen i mastittresistens mellom linjene 10%-poeng klinisk mastitt (Heringstad et al., 2007). Frisklinjen økte sin motstandsevne mens HL fikk en gradvis genetisk forverring av mastitt. Samtidig var den genetiske forskjellen i melkeavdrått mellom linjene på 25 kg målt som 305-dagers proteinmengde (Heringstad, 2010). Siden oksene som blir brukt er valgt ut blant NRF seminokser er de pre-selektert for NFR sitt avlsmål, og genetisk utviklingen for mastitt i HL vil ikke være så ugunstig som ved ensidig seleksjon for kun økt melkeavdrått.

Etter seks ku-generasjoner ble det funnet genetisk forskjell mellom linjene for gjennomsnittlig laktasjonscelletall på 15 000 (Heringstad et al., 2008). I forhold til basedyrene hadde FL en reduksjon på 11 000 i celletall og HL en tilsvarende økning på 4000 celler.

Seleksjon for melk og mastitt har også innvirkning på andre sykdommer via indirekte seleksjon (Heringstad et al., 2007). De vanligste sykdommene hos ku etter mastitt er ketose og tilbakeholdt etterbyrd. For disse to ser man samme utvikling som for mastitt, økning i HL og reduksjon i FL. Heringstad et al. (2007) konkluderte med at den positive fremgangen for FL for andre sykdommer skyldes den gunstige positive genetiske sammenhengen som eksisterer mellom mastitt og andre sykdommer. Det er også en positiv genetisk korrelasjon mellom mastitt og fruktbarhet, som har ført til genetisk forskjell mellom linjene for fruktbarhetsegenskapene (Heringstad & Larsgard, 2010).

I en masteroppgave basert på data fra besetningen på Jønsberg videregående skole ble det funnet at kyrne i FL hadde flatere laktasjonskurve (Wetlesen, 2014). Kyrne i FL mistet mindre kroppsvekt i topplaktasjon enn kyrne i HL.

2.4 Laktasjonskurvene

Laktasjonskurven beskriver utviklingen i den daglige melkemengden gjennom hele laktasjonen, fra kalving til avsining ved 1-2 måneder før neste kalving (Vangen, 2009). Normalt øker melkemengden de 6-8 første ukene etter kalving for så å avta frem til avsining. Innholdet av fett og protein i melken er høyest rett etter kalving, og mot slutten av laktasjonen. Det kommer delvis av uttynningseffekten siden mengden melk er lavest på disse tidspunktene.

Formen på laktasjonskurven blir ofte beskrevet ut fra fall i melkeytelse etter topplaktasjon. Flat laktasjonskurve med lite fall er regnet som fordelaktig (Grossman et al., 1999; Jakobsen et al., 2003; Kamidi, 2005; Pettersson et al., 2011). I starten av en laktasjon, spesielt rundt topplaktasjon, er det vanskelig å imøtekomme kuas energibehov. Dette skyldes fysiologiske begrensninger i fordøyelsessystemet. Det er ikke stor nok opptakskapasitet til å dekke behovet. I tillegg reduseres opptaket av fôr rundt kalving på grunn av metabolske signaler som reproduksjonshormoner og stresshormoner. Alt dette fører til at kua kommer i negativ

energibalanse og må melke av holdet i starten av laktasjonen. En flatere laktasjonskurve vil redusere energibehovet i begynnelsen av laktasjonene og kua vil ikke ta av seg like mye i hold (Ingvartsen & Andersen, 2000). Det er også vist at kyr i negativ energibalanse har økt risiko for sykdom (Kato, 2002) i starten av laktasjonen. Samtidig takler enkelte kyr dette bedre enn andre (Weber et al., 2013).

Studier har vist at det finnes genetiske forskjeller for laktasjonskurver hos melkekyr. Jakobsen et al. (2003) fant arvegrader for formen på laktasjonskurve på 0,20 og 0,21. Det er funnet at en flatere laktasjonskurve gir bedre melke kvalitet og lavere celletall gjennom hele laktasjonen (Sorensen et al., 2008). I tillegg gir flatere laktasjonskurve mindre fôr-, helse- og reproduksjonskostnader (Dekkers et al., 1998).

2.5 Celletall

Celletallet i melk angir antall celler per milliliter melk og det utgjøres av hvite blodceller og avslitte jurceller. Celletallet i melk endrer seg stadig, det er dynamisk. Det er høyest rett etter kalving i 1-3 uker og mot slutten av laktasjonen. Også under melking har celletallet samme tendens, høyest ved start og slutt. Ved en infeksjon vil kua mobilisere hvite blodceller til juret og dermed stiger celletallet. Celletallet kan sees på som et mål på betennelsesaktivitet i juret. Det samme vil skje ved en fysisk belastning, stress, brunst eller fysisk påkjenning på juret. Normalt celletall i melk ligger mellom 10 000 og 50 000 celler/ml. Ved en infeksjon/mastitt vil celletallet gjerne stige til godt over 1 million, og ved en skjult mastitt (subklinisk) ligger celletallet fra 100 000 til over en million celler/ml (Tine, 2010).

Celletallet blir målt i test-dag melkeprøvene som sendes av alle kyr seks ganger i året. Disse prøvene gir kun øyeblikksbilder av situasjonen på prøvedatoen, og er ikke nødvendigvis et godt mål ettersom celletallet kan variere mye fra melking til melking. Enkelte melkeroboter leveres i dag med celletallsmåler (OCC - måler) som måler celletall ved hver melking og gir da kontinuerlige målinger på egenskapen. Celletall i melken kan også beregnes indirekte ved Schalmtest ved at cellene i melken farges (Østerås & Lystad, 2001), og denne metoden kan være nyttig i daglig kontroll av kyr som trenger å følges opp selv om det kun er et øyeblikksbilde av celletallet (Nybø, 2013).

Celletall er av de mest brukte indikatorer for mastitt i avlsprogram, og det er vanlig å beregne avlsverdier for ln transformert celletall (SCS) (Mrode & Swanson, 1996). Arvegradene for SCS er funnet fra 0,04 til 0,12 (Emanuelson et al., 1988; Haile-Mariam et al., 2001; Mrode & Swanson, 1996; Odegard et al., 2004). Det er mange forskere som har regnet på bruk av celletalls test-dag registreringer ved ulike kombinasjoner, modeller og definisjoner av egenskapen. Mrode og Swanson (1996) konkluderte med en gjennomsnittlig genetisk korrelasjon mellom celletall og klinisk mastitt på 0,7, basert på litteraturverdier. Norberg (2005) nevnte at den genetiske korrelasjonen mellom SCS og klinisk mastitt er funnet i området 0,30 til 0,80, med et snitt på 0,60 i nordiske felldata. Den genetisk korrelasjon mellom gjennomsnittlig SCS og klinisk mastitt basert på analyse av 1,2 millioner NRF kyr ble beregnet til 0,53 (Odegard et al., 2004).

Koeck et al. (2012) fant for Canadisk Holstein at celletallskurven for kyr med subklinisk mastitt hadde samme form som for friske kyr, bare med høyere verdier. De viste også at gjennomsnittlig celletall for en smittet ku allerede var høyt før mastittutbruddet, og forble høyt etter utbruddet (>250 000 celler/ml). Koeck et al. (2012) estimerte en genetisk korrelasjon mellom mastitt og gjennomsnitt SCS i perioden fra kalving til 150 dager i melk og perioden 151-305 dager i melk på henholdsvis 0,69 og 0,68. De Haas et al. (2004) undersøkte mønster i topper i celletall og arvegrader for de ulike mønstrene. Det ble studert fire forskjellige mønstre ut fra hvor raskt kyrne bedret seg etter et høyt celletall. Det ble brukt test-dag celletallsprøver, med fem prøver per dyr. Resultatene for alle tilgjengelige laktasjoner viste at antall topper i celletallet var lavere hos kviger enn hos eldre kyr. Analysene av kun laktasjoner med tilfelle av klinisk mastitt viste at det var signifikant ($p < 0,05$) færre kviger enn eldre kyr som hadde «no recovery pattern» altså at de ikke kom seg igjen etter et tilfelle av klinisk mastitt. Dette mønsteret ble beskrevet som lavt celletall etterfulgt av fire høye test-dag celletallsprøver.

2.6 Melkerobot

En melkerobot er en automatisk melkemaskin (AMS), som består av vaskeenhet, melkeenhet, styringsenhet og en datamaskin, samt innredning rundt (Bratberg, 2009). En sensor festet til kua registrerer hvilken ku som kommer inn i melkeroboten. Data om

melkingen som mengde, tid, avspark og så videre blir registrert og sendt til datamaskinen. Det blir også registrert hvor mye kraftfôr kua spiser under melkingen utfra den tilgjengelige rasjonen hun får.

2.6.1 Kvalitet på melken fra robot

For å oppnå god melkekvalitet er jurhelse og melkingshygiene veldig viktig. Tine Rådgiving har statistikk som viser at AMS besetninger har høyere bakterietall, mer frie fettsyrer og høyere vanninnhold (høyere frysepunkt) i melken (Hettasch, 2017). Økende størrelse på besetningen gir økt celletall (Haug & Rønningen, 2010). Hovinen og Pyorala (2011) viser til flere forsøk der celletallet er høyere i besetninger med automatisk melking i forhold til besetninger med konvensjonell melking. På en annen side har Berglund et al. (2002) vist at kyr melket på AMS hadde lavere celletall sammenlignet med kyr melket konvensjonelt to ganger om dagen, forklart med at kyrne melket seg oftere i AMS og at kyrne der ble melket spenevis, slik at spenekoppene ble tatt av etter tur og man unngår tomgangsmelking.

En melkerobot kan påvirke melkekvaliteten og hygienisk kvalitet, og det er mange faktorer som spiller inn. En av dem er hvor rent juret og spenene er før kua kommer inn i roboten, siden vaskeprogrammet er likt uavhengig av hvor skitten kua er. Robotens selvvaskeprogram er avgjørende for hygienen i maskinene og melkerørene. DeLaval sin melkerobot spuler inne i spenekoppene mellom hver ku som melkes. Dette er viktig for å unngå for mye smittespredning. Roboten kan også kjøre en lokal skylling på melkemaskinen og rørene dersom en ku har unormale verdier i melken, slik som ved blod eller konduktivitet over grenseverdiene for at melken skilles ut.

Det er gjort flere forsøk på å kartlegge hvor vellykket vaskingen av spenene er før melking. Hovinen og Pyorala (2011) skrev i en oversiktsartikkel at 67% til 95% av vaskingene var vellykket, altså at alle fire spenene ble vasket. Samtidig ble det funnet at 8% av de mislykkede vaskeforsøkene skyltes maskinproblemer og at 4% skyltes ku relaterte problemer og avspark av vaskekoppen. Ved bruk av vaskekopp til vask av spenene, slik som DeLaval bruker, har det blitt funnet at 10% av de mislykkede forsøkene skyltes at kua flyttet på seg etter at spenen var lokalisert eller at kua sparket slik at roboten bommet på spenen (Hovinen & Pyorala, 2011). I tillegg er det funnet en sammenheng mellom svartpigmenterte spener, jur med mye hår og mislykket vasking (Hovinen & Pyorala, 2011).

2.7 OCC målere

OCC står for «Online celletallsmåler» og måler somatisk celletall automatisk. OCC måleren er et tilleggsutstyr til DeLaval sin melkerobot VMS. Ved hver melking kan OCC måleren ta ut en melkeprøve og analyserer den. Resultatet vises som celler/ml (DeLaval, 2018a).

En OCC måler er en boks som kobles til melkeroboten og inneholder et automatisk minilaboratorium (DeLaval, 2018b). Fra melkepumpa går det litt melk over i prøveuttaket med to uttak, ett til OCC og ett til melkeprøver. Melken til OCC tilsettes et reagens (triton-x som åpner celleveggen, og propidium som farger cellekjernen). Blandingen blir trykt gjennom en måleplate og fotografert. De fargede cellekjernene blir så telt av en programvare innebygd i OCC måleren. Restene går videre til avfallsbeholderen og systemet skylles med vann. Det blir regnet med en kostnad på 80-90 øre per prøve når service og forbruksmaterialet er inkludert.

2.8 Elektrisk konduktivitet

Elektrisk konduktivitet (EC) måler en væske sin evne til å lede strøm (Norberg, 2005). Måleenheten er millisiemens (mS). Det er konsentrasjonen av anioner og kationer som bestemmer EC i melk, og da spesielt Na^+ , K^+ og Cl^- ionene. Ved en infeksjon oppstår det lekkasjer fra blodet til melken. Dermed kommer ionene i blodet lettere over i melken, sammensetningen endres og melken leder strøm bedre.

I melkeroboter blir EC i melk brukt som et mål på om melken er normal eller ikke og som et varsel på fare for mastitt. Ledningsevnen til melk varierer både mellom dyr og besetninger. Dette gjør det utfordrende å få sikre verdier på EC. Det blir nevnt i en artikkel av Nybø (2013) at det er dårlig sammenheng mellom konduktivitet og celletall i melk, og at bare 40% av høycelletallskyrne blir identifisert ved hjelp av konduktivitet.

Gjennom laktasjonen forandrer EC i melken seg. Den går ned etter kalving for så å gå opp igjen mot slutten av laktasjonen (Norberg et al., 2004c). Også melkingsintervall påvirker EC i melk. I et forsøk gjort av Fernando og Spahr (1983) ble det vist at friske kyr med melkingsintervall på tre timer hadde høyest EC og de som hadde melkingsintervall på ni timer hadde lavest EC.

I de fleste melkerobotene er det installert EC-målere (Norberg et al., 2004a). Disse brukes til å identifisere og skille ut melk fra kyr som muligens er syke. Disse kyrne har da høyere verdier av EC enn det som er normalt. Basert på grenseverdier av EC var sensitiviteten på 80% (de klinisk syke blir oppdaget) og spesifisiteten på rundt 75% (de friske blir riktig klassifisert). Det finnes også andre mer avanserte modeller med høyere sensitivitet og spesifisitet, som har vist gode resultater (De Mol et al., 1999). Tidligere ble det bare tatt en samleprøve fra alle fire spenene og målt EC, men i dag er de fleste robotene utstyrt til å ta en prøve fra hver spene. Dette gir sikrere resultater. EC i melken fra hver spene kan da sammenlignes ved å ta differansen mellom dem, eller ved å beregne inter quarter ratio (IQR) som er forholdet mellom høyeste og laveste verdi av EC i hver spene (Fernando et al., 1982). Norberg (2005) skrev i sin oversiktsartikkel at ved bruk av IQR i analyser tar man bort mye av variasjonen som skyldes korelaterte faktorer. Det kan tyde på at IQR er bedre enn EC (Norberg, 2005). For test-dag EC ved bruk av IQR ble det funnet arvegrad på 0,15 (Norberg et al., 2004b).

I sin oversiktsartikkel nevner Norberg (2005) at det er funnet genetiske korrelasjoner mellom EC og klinisk mastitt: For 1. laktasjonskyr ble det funnet en korrelasjon på 0,65 mellom laktasjonsgjennomsnitt EC og klinisk mastitt og 0,80 for 2. laktasjonskyr. Mellom test-dag EC og klinisk mastitt for 1. laktasjonskyr ble det funnet en genetisk korrelasjon på 0,75 (Norberg et al., 2006). Basert på rundt 2100 kyr i 1. laktasjon, døtre etter 170 okser fra åtte ulike gårder, estimerte Norberg et al. (2004c) genetiske parametere for daglige gjennomsnitt av EC og fant arvegrader på 0,26-0,36, gjennom laktasjonen. Norberg (2005) skriver også i sin oversiktsartikkel at flere studier viser at kyr med mastitt, både klinisk og subklinisk, har høyere EC i melk enn friske kyr (uten mastitt).

Normalt konduktivitetsnivå varierer mellom enkeltkyr innad i en besetning. Den viktigste referansen er variasjon mellom enkeltspener på samme individ. Målet relativ konduktivitet brukes i VMS, og er konduktivitetsnivået til den spenen med høyest EC i forhold til gjennomsnittet av de to spenene med lavest EC. En annen parameter som brukes er maks konduktivitet og med det menes den spenen med høyest konduktivitet ved hver melking. Anbefalt grense for utskilling (kassering) av melk i Norge med DeLaval melkerobot er relativ konduktivitet 140% eller en maks konduktivitet på over 7,5 mS/cm (Ingebret Risa, personlig kommunikasjon 23.04.2018). Begge grensene legges inn i datasystemet, og roboten skiller ut

melken dersom en av grenseverdiene nås. Normal konduktivitet i en frisk ku ligger på 3,5 til 5,5 mS/cm. Ulike typer melkeroboter bruker forskjellig mål på EC. Siden det benyttes forskjellige mål blir det utfordrende å sammenligne resultater fra ulike studier. Det er i flere tilfeller ikke oppgitt om måleenheten er millisiemens, bare siemens, eller om det er per cm, eller meter.

2.9 Mastittindikator og blod

MDi står for «Mastitis Detection index» og er et annet hjelpemiddel for å oppdage mastitt i DeLaval sine melkeroboter. I MDi inngår konduktivetsprofil, melkingsintervall og blod. Konduktiviteten blir analysert kontinuerlig gjennom hver melking og sammenligner ulike konduktivetsnivåer mellom spenene. MDi er 1 eller lavere når alt er i orden. Dersom MDi passerer 1,4 bør man sjekke kua og når den passerer 2 er det stor fare for mastitt (Ingebret Risa, personlig kommunikasjon 21.03.2018). I en masteroppgave fra Tyskland i 2015 ble det vist at 90% av kyrne med MDi over 2 hadde mastitt (Henning, 2015). Videre ble det vist at av alle mastitt-tilfellene i undersøkelsen hadde 67% MDi over 2.

VMS er utstyrt med fire melkemålere. Disse måler melkemengde, melkingshastighet, blod(misfarging) og konduktivitet. Det er innstillingen av melkemålerne som avgjør når melken går til utskilling. Blod blir målt som optisk fargeavvik fra hvit, og måles i «parts per million» (ppm). Det er synlig fargeavvik fra 1000 ppm. Vanlig grense for utskillelse på grunn av blod er 1500 ppm for hele juret, eller 2000 ppm for enkeltspener (Ingebret Risa, personlig kommunikasjon 21.03.2018). Årsaken til fargeavvik, det som da blir regnet som blod, kan være råmelk, skade på juret, mastitt eller feil ved melkeanlegget slik at utmelkingen blir for aggressiv.

3.0 Material og metode

3.1 Besetningen ved NMBU og datamaterialet

Besetningen ved Senter for husdyrforskning (SHF), NMBU, består i hovedsak av NRF kyr, fordelt på HL og FL. SHF flyttet i mai 2015 inn i helt ny driftsbygning og har siden da hatt to DeLaval melkeroboter. Disse melkerobotene er utstyrt med ulike sensorer og toppmoderne utstyr, og de har hatt i bruk OCC-måler siden august 2015. I sommermånedene melkes deler av besetningen i et sommerfjøs, hvor de ikke får registrert den samme data informasjon som i melkerobotene. Kalvingene er spredt utover året. Besetningen er i en oppbyggingsfase og består derfor av mange 1. laktasjonskyr.

Datamaterialet ble hentet fra melkerobotene ved SHF, data fra husdyrkontrollen og en utnyttet også informasjon om hvilken linje hver enkelt ku tilhørte. Avlsverdiene til kyrne ble overført fra Geno. Dataene brukt i oppgaven stammer fra august 2015 til og med oktober 2017. Datasettet fra melkerobotene inneholdt tilsammen 132 639 observasjoner, med en observasjon per melking.

I datasettet var det noen observasjoner som ikke hadde data for enten OCC, laktasjonsnummer, linje eller melkemengde. Disse observasjonene ble fjernet slik at de som ble brukt i beregningene hadde alle disse variablene registrert. Videre ble bare data fra 5 til 305 dager i melk inkludert. Etter begrensningene besto datasettet av 99 241 observasjoner, på 173 ulike kyr med til sammen 279 laktasjoner.

For konduktivitet ble det satt en nedre og øvre grense for hva som kan regnes som normale verdier; mellom 2 og 13 mS/cm, de samme verdiene som Norberg et al. (2004a) brukte i sin avhandling. Verdier over eller under ble satt som «missing».

Antall observasjoner og antall laktasjoner per laktasjonsnummer er vist i tabell 1. Det var få observasjoner i laktasjonene 3-6 og disse ble derfor slått sammen til en gruppe, heretter kalt laktasjonsnummer 3+. Fordelingen av observasjoner og laktasjoner per linje og laktasjonsnummer er vist i tabell 2. Det er flest observasjoner og laktasjoner på førstegangs-kalvere og færrest i laktasjon 3+ for begge linjer. Fordelingen mellom linjene er forholdsvis jevn på alle laktasjonsnummer. Det er litt flere laktasjoner og observasjoner i FL i forhold til HL.

Tabell 1 Antall observasjoner og antall laktasjoner per laktasjonsnummer

Laktasjonsnummer	Antall observasjoner	Antall laktasjoner
1	41858	112
2	27551	76
3	15217	44
4	8739	31
5	4334	12
6	1542	4
Total	99241	279*

*279 laktasjoner fordelt på 173 ulike kyr, noen har mer enn en laktasjon.

Tabell 2 Antall observasjoner og antall laktasjoner i høylinjen og frisklinjen fordelt på laktasjonsnummer

Laktasjonsnummer	Antall observasjoner		Antall laktasjoner	
	Høylinje	Frisklinje	Høylinje	Frisklinje
1	22129	19729	54	58
2	13451	14100	38	38
3+	10905	18927	34	57
Total	46485	52756	126*	153*

*Henholdsvis 126 og 153 laktasjoner fordelt på 79 og 94 ulike kyr, noen har mer enn en laktasjon.

Høylinjen og FL er genetiske grupper med ulikt genetisk nivå for melk og mastitt. Tabell 3 viser at HL har gjennomsnitt avlsverdi for melk som er 21 indekspoeng høyere enn FL. Motsatt kan man se at FL har gjennomsnitt avlsverdi for mastitt som er 18 indekspoeng høyere enn HL, og for SCC er gjennomsnittet 9 indekspoeng høyere for FL enn for HL.

Tabell 3 Gjennomsnitt og standardavvik for avlsverdien for melk, mastitt og celletall for høylinje- og frisklinje kyr

Egenskap	Høylinje			Frisklinje		
	Antall	Gjennomsnitt	Standardavvik	Antall	Gjennomsnitt	Standardavvik
Melk	79	115	11	94	94	8
Mastitt	79	95	10	94	113	8
Celletall (SCC)	79	101	7	94	110	8

Helsedata for kyrne i robotdatasettet ble hentet fra husdyrkontrollen. Helsekortkodene som ble tatt med var alvorlig eller moderat klinisk mastitt (303), mild klinisk mastitt (304), subklinisk mastitt (305) og behandlet ved avsingning (310). Antall mastittbehandlinger per år fordelt på kode og linje er vist i tabell 4. Som tabellen viser er det HL som har flest tilfeller av

alle de ulike kodene og som totalt sett har flest behandlinger uavhengig av kode, 37 mot totalt 10 for FL. Videre var det flest behandlinger i 2016, og færrest i 2017. Til sammen var det 47 behandlinger innen de nevnte kodene og totalt 22 kyr som har vært behandlet for klinisk mastitt (kode 303 og 304) minst en gang, som utgjør rundt 13% av kyrne i datasettet.

Tabell 4 Antall mastitter av hver helsekortkode fordelt på år for høylinje, frisklinje og totalt

År/kode*	Høylinje				Frisklinje				Total
	303	304	305	310	303	304	305	310	
2015	5	3	2	1	0	1	1	0	13
2016	13	3	4	0	5	1	0	1	27
2017	1	0	1	4	0	0	0	1	7
Total	19	6	7	5	5	2	1	2	47

*303 = alvorlig eller moderat klinisk mastitt

*304 = mild klinisk mastitt

*305 = subklinisk mastitt

*310 = behandlet ved avsining

3.2 Egenskaper

Datasettet fra melkeroboten inneholdt mange ulike egenskaper og variabler. Variablene som ikke var relevante for denne oppgaven ble sett bort fra. Andre nødvendige variabler som var for oppgaven ble lagt til datasettet. Under er en liste over de viktigste variablene:

Melkemengde – Kg melk, per melking eller per dag.

Konduktivitet – Målt i mS/cm, for hver spene ved hver melking.

Relativ konduktivitet – Regnes som en differanse mellom spenen med høyest konduktivitet mot snittet av de to spenene med lavest konduktivitet, ved hver melking. Verdien oppgis i prosent (%), og det anbefales at melken blir skilt ut når denne verdien er over 140%. Dette er DeLaval sin måte å benytte konduktivitet på.

Maks konduktivitet – Verdien for spenen med høyest konduktivitet ved hver melking.

OCC – Celletallet målt i 1000 celler/ml ved hver melking.

SCS – Ln transformert OCC.

MDi – «Mastitis Detection index», som er DeLaval sin mastitt-indikator for melkeroboter.

3.3 Forskjeller og sammenhenger

For å sammenligne celletallsprofiler i de to linjene ble det regnet gjennomsnitt OCC og SCS per dag i melk i hver linje innen og over laktasjoner. Disse gjennomsnittene ble så plottet i figurer. Det samme ble gjort for melkemengde per dag og for maks konduktivitet for å se på forskjellen mellom linjene. Alle figurene er plottet ved hjelp av SAS 9.4 (SAS, 2002-2012) og prosedyren «sgplot». På alle disse figurene ble det lagt på en loess regresjonskurve med et 95% konfidensintervall. Når konfidensintervallet til de 2 linjene ikke overlapper betyr det at de er signifikant forskjellige.

Sammenhengen mellom konduktivitet og celletall ble også undersøkt. For konduktivitet ble relativ konduktivitet brukt, siden det er denne verdien DeLaval roboten bruker, men også maks konduktivitet og MDi ble relatert til celletall. Relativ konduktivitet, maks konduktivitet, MDi og OCC ble plottet mot hverandre, der alle enkelt observasjonene ble tatt med. I tillegg ble det regnet ut korrelasjoner mellom disse mastittindikatorene, inklusiv SCS.

Videre ble datasettet delt i tre grupper uavhengig av linjene, der gruppe 1 besto av kyr som hadde blitt behandlet for klinisk mastitt (kode 303 og 304) i løpet av laktasjonen, gruppe 2 besto av friske kyr med færre enn 50 observasjoner over 200 000 i celletall, mens gruppe 3 besto av subkliniske kyr med minst 50 observasjoner over 200 000 i celletall. Siden det ikke er en eksakt grense for hvorvidt en ku er subklinisk eller ikke ble grenseverdiene satt ut fra egne vurderinger. I Norge er celletallet jevnt over lavt, og det vil derfor føre til at grensen for å regnes som subklinisk blir satt lavere enn internasjonalt. Tine mener at kyr er subkliniske når celletallet er > 100 000 (Tine, 2010). Øvre grense for elitemelk hos Tine er et celletall på 230 000. Tabell 5 viser antall kyr i datasettet som er innenfor de ulike grensene og kravene til observasjoner over en gitt grense i celletall. Ut fra tabellen kan man se at dersom grensen for å være subklinisk hadde vært 30 observasjoner over 50 000 i celletall hadde tilsammen 205 kyr av 279 laktasjoner vært subkliniske. Grensen som ble brukt i grupperingene av kyrne ble satt til 50 observasjoner over 200 000 i celletall. Dette omfattet 65 av 279 kyr.

Tabell 5 Antall laktasjoner indikert som subklinisk syke gitt ulike grenseverdier for celletall og varierende antall observasjoner over grenseverdien i løpet av en laktasjon

Antall observasjoner over grensen	Grense i celletall			
	50	100	150	200
30	205	136	103	86
50	172	111	85	65
70	152	94	69	51

Målet med dette var å se på forskjell i gjennomsnitt celletall gjennom laktasjonene mellom gruppene og fordeling av celletall innad i gruppene. I tillegg ble det beregnet gjennomsnitt og standardavvik for hver gruppe for egenskapene SCS, maks konduktivitet, relativ konduktivitet og MDi.

Det er stor variasjon i celletall mellom kyr og for å se nærmere på dette ble enkeltkyr med veterinærbehandlet klinisk mastitt, subklinisk mastitt samt friske kyr plukket ut. For disse ble celletallsprofilene gjennom laktasjonen illustrert sammen med kurven for relativ konduktivitet og kurven for MDi. Kyrne ble ikke plukket ut tilfeldig, men på bakgrunn av om de hadde vært syke eller ikke, og hvor høyt de hadde vært i celletall. Det er derfor en mulighet for at de ikke er representative, og at de gir feil inntrykk av mastittindikatorer og hvordan disse slår ut ved sykdom og ved høyt celletall i subkliniske tilfeller.

Til slutt ble det valgt ut tilfeldige kyr for å se på ulike former på celletallskurven, og hvordan celletallet endrer seg gjennom laktasjonen på enkeltkuniivå.

3.4 Beskrivende statistikk

Utgangspunktet for beregningene og figurene var datasettet med 99241 observasjoner.

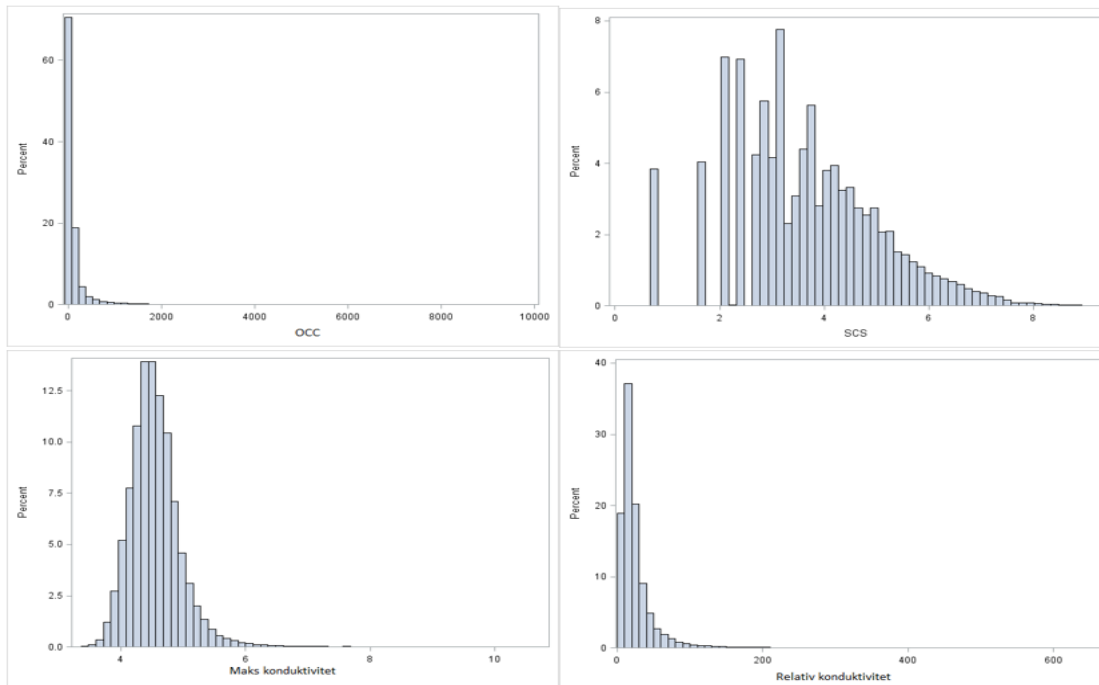
Antall observasjoner, gjennomsnitt, standardavvik, minimumsverdier og maksimumsverdier for hver enkelt egenskap er vist i tabell 6.

Tabell 6 Antall observasjoner samt gjennomsnitt, standardavvik, minimumsverdi og maksimumsverdi for hver egenskap

Egenskap	Antall observasjoner	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min verdi	Maks verdi
Melkemengde per melking (kg)	99241	10,99	3,59	4,0	31,95
Melkemengde per dag (kg)	42925	25,40	10,56	4,0	69,29
Celletall ¹	99241	114,28	313,73	1,0	9782,0
Mastits Detection index (MDi) ²	98200	1,13	0,48	0	25,6
Ln transformert celletall (SCS)	99241	3,63	1,40	0	9,19
Konduktivitet Høyre fram	94238	4,38	0,40	3,00	9,38
Konduktivitet Venstre fram	96466	4,38	0,38	3,02	8,84
Konduktivitet Høyre bak	94932	4,39	0,38	3,02	9,45
Konduktivitet Venstre bak	95321	4,39	0,37	3,02	10,79
Maks konduktivitet ³	99241	4,56	0,53	3,3	10,79
Relativ konduktivitet ⁴ (%)	99177	25,46	27,85	0	657,50

¹ Celletall i 1000. ²DeLaval sin mastittindikator. ³Maks konduktivitet er den spenen som ved hver melking har høyest konduktivitet. ⁴ Relativ konduktivitet er differansen mellom spenen med høyest konduktivitet og gjennomsnittet av de to spenene med lavest konduktivitet, i prosent.

Fordelingen av OCC, SCS, maks konduktivitet og relativ konduktivitet i datasettet er vist i figur 1. Av de fire variablene viser maks konduktivitet størst grad av normalfordeling, mens fordelingen for SCS kan indikere en «mixture distribution», dvs. at SCS er sammensatt av to normalfordelinger, en for friske og en for syke, slik Odegard et al. (2005) har analysert tidligere.



Figur 1 Fordelingen av celletall (OCC), ln transformert celletall (SCS), maks konduktivitet og relativ konduktivitet

3.5 Modell

For å teste linjeforskjellene for SCS og melkemengde per dag ble følgende modell brukt:

$$Y_{ijklmn} = \text{Linje}_i + \text{kalvingsnummer}_j + \text{kalvingsmåned} - \text{år}_k + \text{dager i melk}_l + \text{linje} * \text{kalvingsnummer}_m + e_{ijklmn}$$

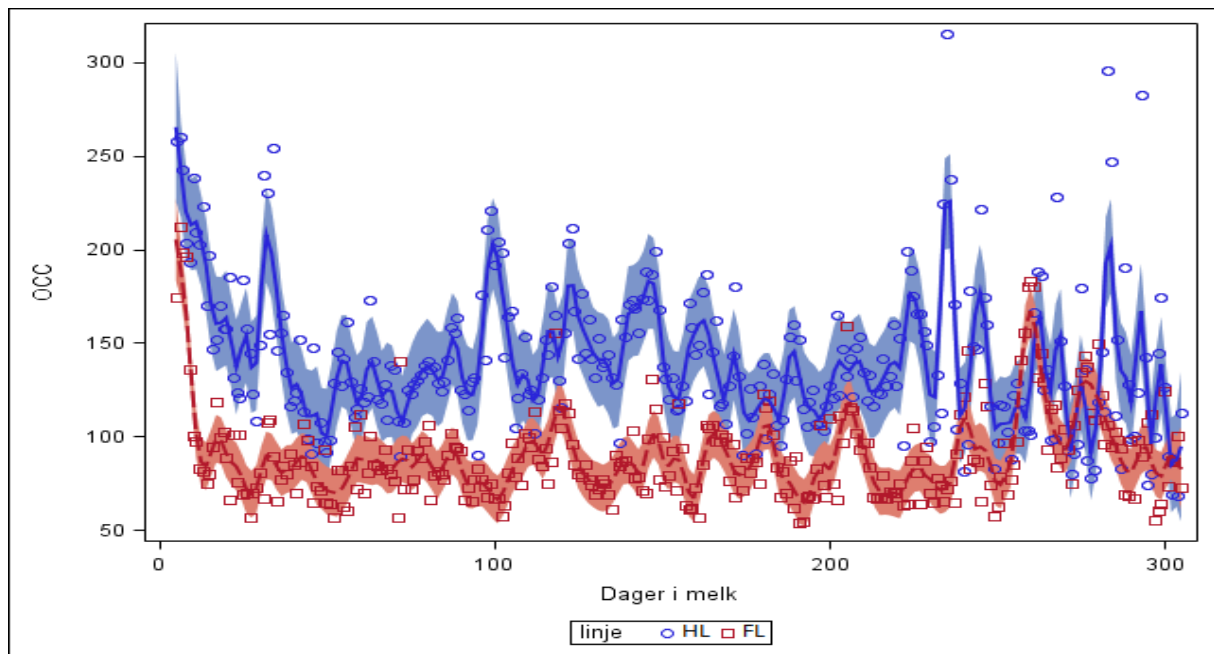
hvor Y er SCS eller kg melk, linje_i har to nivå (i = HL og FL), kalvingsnummer_j har tre nivå (j = 1, 2 og ≥ 3), kalvingsmåned-år_k har 26 nivåer og dager i melk_l har 301 nivåer (l = 5-305 dager), linje*kalvingsnummer_m har seks nivåer og e er feil tilfeldig tilknyttet til n-te observasjon.

Programmet SAS 9.4 ble benyttet for å kjøre beregninger ved hjelp av Proc GLM (SAS, 2002-2012). GLM står for «general linear models», og benytter minste kvadraters-metode til å tilpasse generelle lineære modeller. Det ble tatt ut Least squares mean (LS-mean) for linje, kalvingsnummer og linje*kalvingsnummer. I tillegg ble p-verdi for forskjellene i LS-mean beregnet ved hjelp av «pdiff», som gir p-verdien på kontrasten mellom LS-mean.

4.0 Resultat

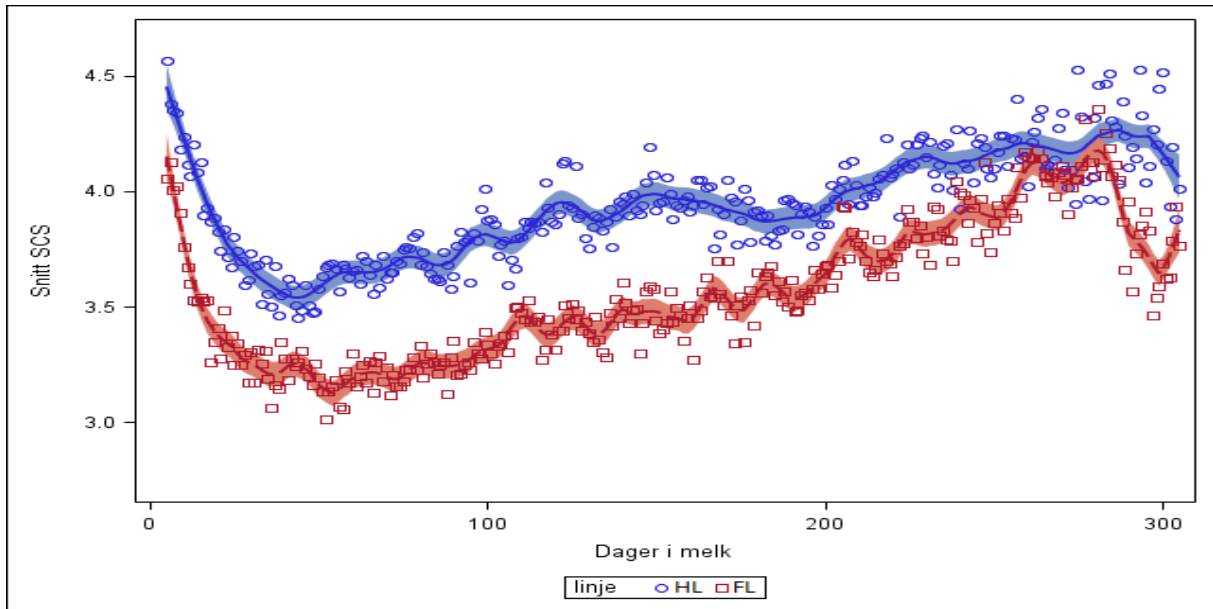
4.1 Celletall

Gjennomsnitt OCC per dag i melk per linje for alle kyrne i datasettet er vist i figur 2. Figuren viser at HL har høyest celletall gjennom hele laktasjonen. Høylinjen har i tillegg større spredning og variasjon i celletallet. Loess regresjonslinjen med 95% konfidensintervall viser at celletallet i linjene med få unntak er signifikant forskjellige gjennom hele laktasjonen.

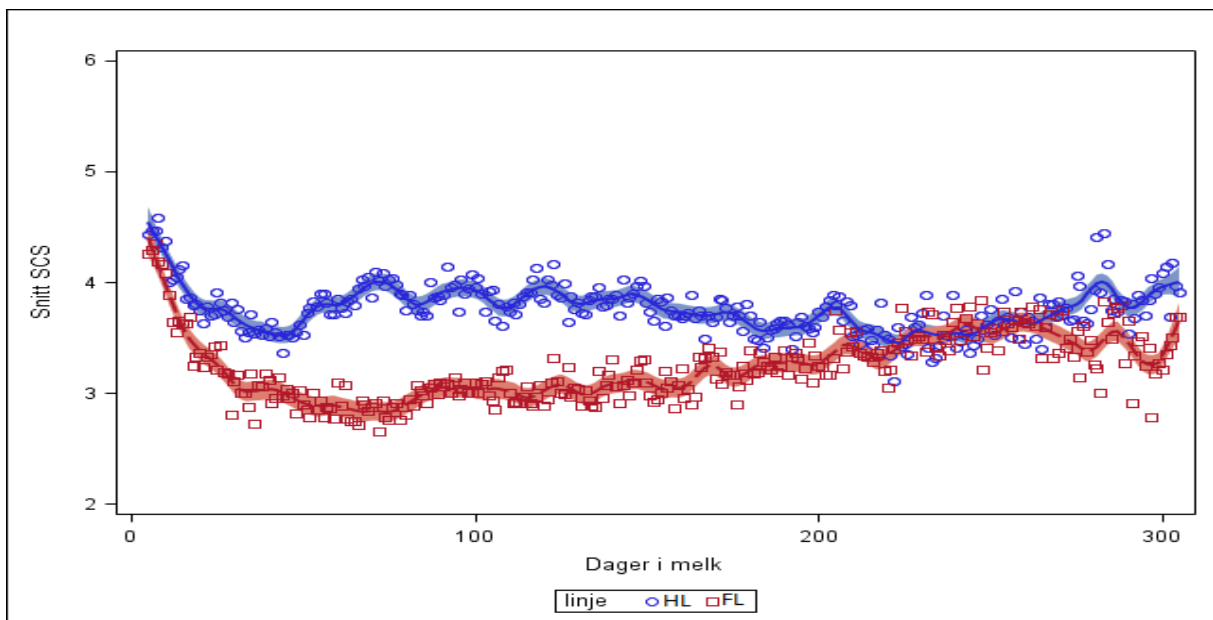


Figur 2 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt online celletall (OCC) per dag i melk gjennom laktasjonen for alle kyr fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

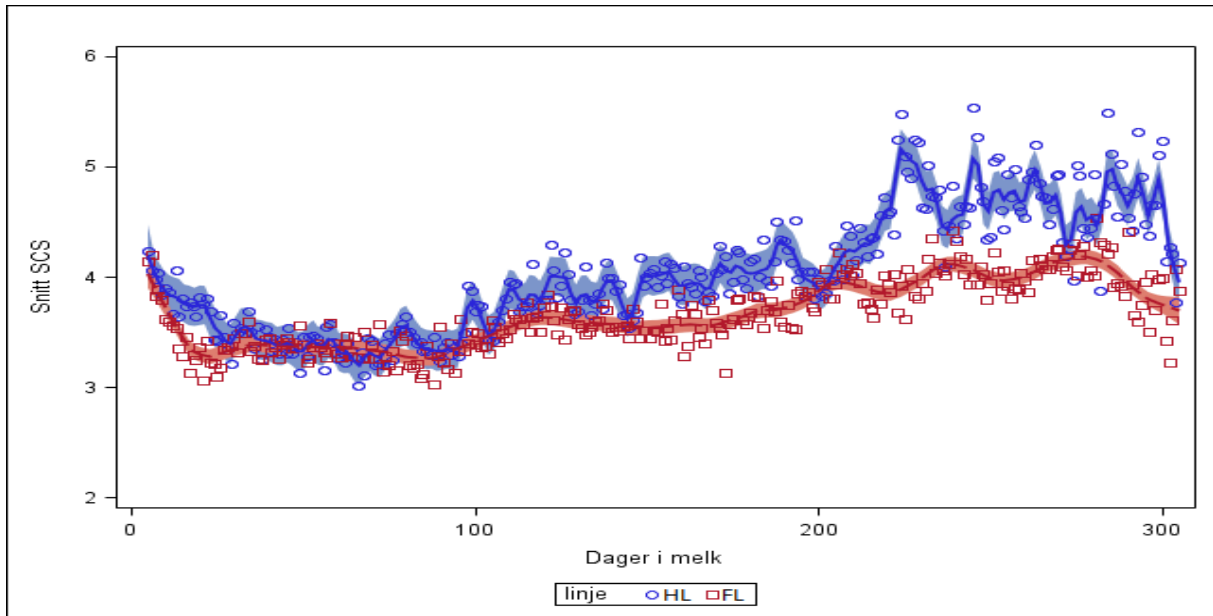
Tilsvarende er gjennomsnitt SCS per dag i melk fordelt på linje vist for alle kyrne i figur 3 og per laktasjonsnummer i figur 4, 5 og 6, som for OCC har HL høyere SCS i gjennomsnitt gjennom laktasjonen. Videre ser en at det er i 1. laktasjon forskjellen er størst, frem til 200 dager i melk. I 2. laktasjon ligger linjene forholdsvis likt i starten av laktasjonen, men HL stiger kraftigere enn FL mot slutten av laktasjonen. I laktasjon 3+ ligger HL igjen litt over FL i mesteparten av laktasjonen. I alle tre laktasjonene har celletallskurven en form som starter med å gå ned til rundt 50-60 dager i melk, for så å stige sakte. Loess regresjonslinje med et 95% konfidensintervall viser at linjene stort sett er signifikant forskjellige. Figur 3, 4 og 6 har bare litt overlappende konfidensintervaller mot slutten av laktasjonen, mens figur 5 viser en større grad av overlapp gjennom hele laktasjonen.



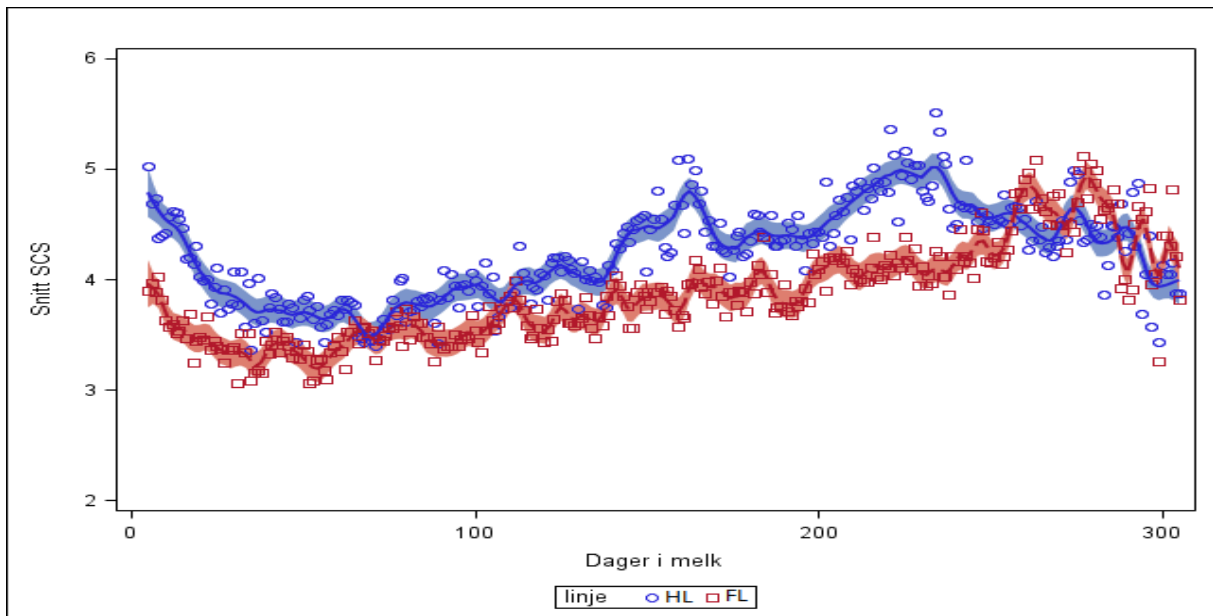
Figur 3 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) per dag i melk gjennom laktasjonen for alle kyr fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 4 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i første laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 5 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i andre laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 6 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i tredje laktasjon og oppover fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

Analysen av SCS viste at linje, kalvingsnummer, kalvingsmåned-år, dager i melk og linje*kalvingsnummer hadde alle signifikant effekt ($p < 0,05$). LS-mean for linjene og for kalvingsnummerer er gitt i tabell 7 og 8. LS-mean for SCS for høylinjen var 4,01 som tilsvarer rundt 55000 i celletall og for frisklinjen 3,54 som tilsvarer rundt 34500 i celletall. For kalvingsnummer varierte LS-mean for SCS fra 3,58 til 3,95 (tabell 8).

Tabell 7 Least squares mean (LS-mean) for ln transformert celletall (SCS) med standardfeil for høylinje og frisklinje

Linje	LS-mean*	Standardfeil
Høylinje	4,01	0,01
Frisklinje	3,54	0,01

*Differansen i LS-mean var signifikant forskjellig fra 0 ($p < 0,0001$)

Tabell 8 Least squares mean (LS-mean) for ln transformert celletall (SCS) med standardfeil for kalvingsnummer 1, 2 og 3+

Kalvingsnummer	LS-mean*	Standardfeil
1	3,58	0,01
2	3,80	0,01
3+	3,95	0,01

*Differansen i LS-mean mellom alle tre klasser var signifikant forskjellig fra 0 ($p < 0,0001$)

For SCS var effekten av samspillet mellom kalvingsnummer og linje stor, og 1. laktasjon i HL har høyere LS-mean enn laktasjon 3+ i FL (tabell 9). Begge linjene har økende LS-mean med økende kalvingsnummer. Analysen viste at alle LS-mean for samspill mellom linje og kalvingsnummer var signifikant forskjellige fra hverandre ($p < 0,0001$).

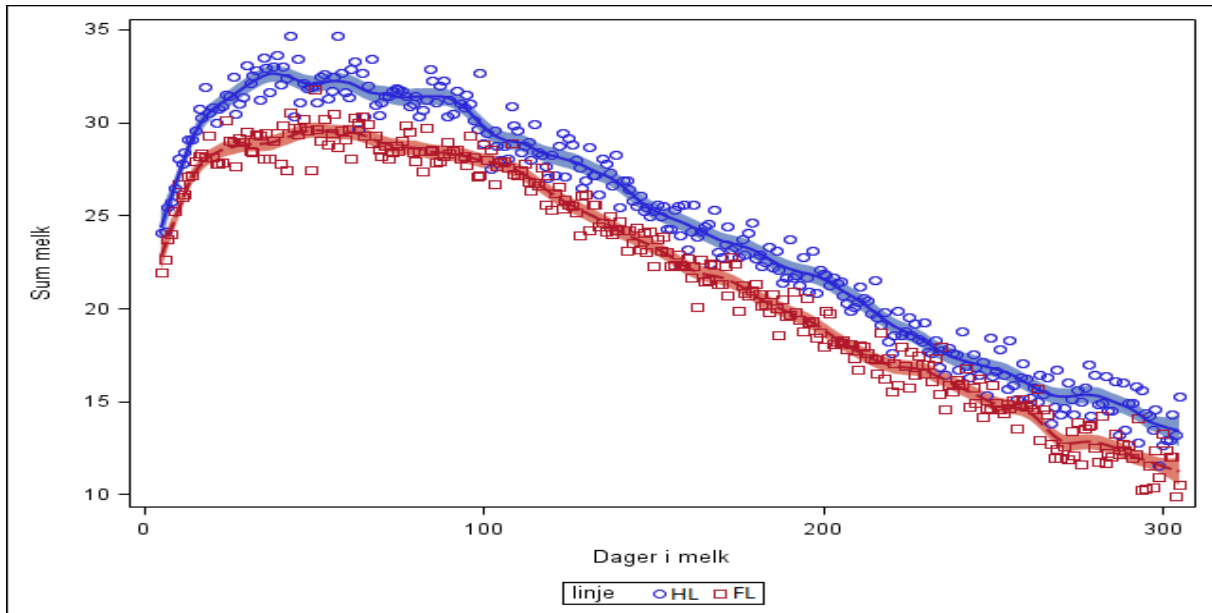
Tabell 9 Least squares mean (LS-mean) for ln transformert celletall med standardfeil for høylinje og frisklinje med kalvingsnummer 1, 2 og 3+

Linje	Kalvingsnummer	LS-mean	Standardfeil
Høylinje	1	3,90	0,01
Høylinje	2	3,96	0,01
Høylinje	3+	4,18	0,02
Frisklinje	1	3,26	0,01
Frisklinje	2	3,63	0,01
Frisklinje	3+	3,72	0,01

*Differansen i LS-mean mellom alle seks klasser var signifikant forskjellig fra 0 ($p < 0,0001$).

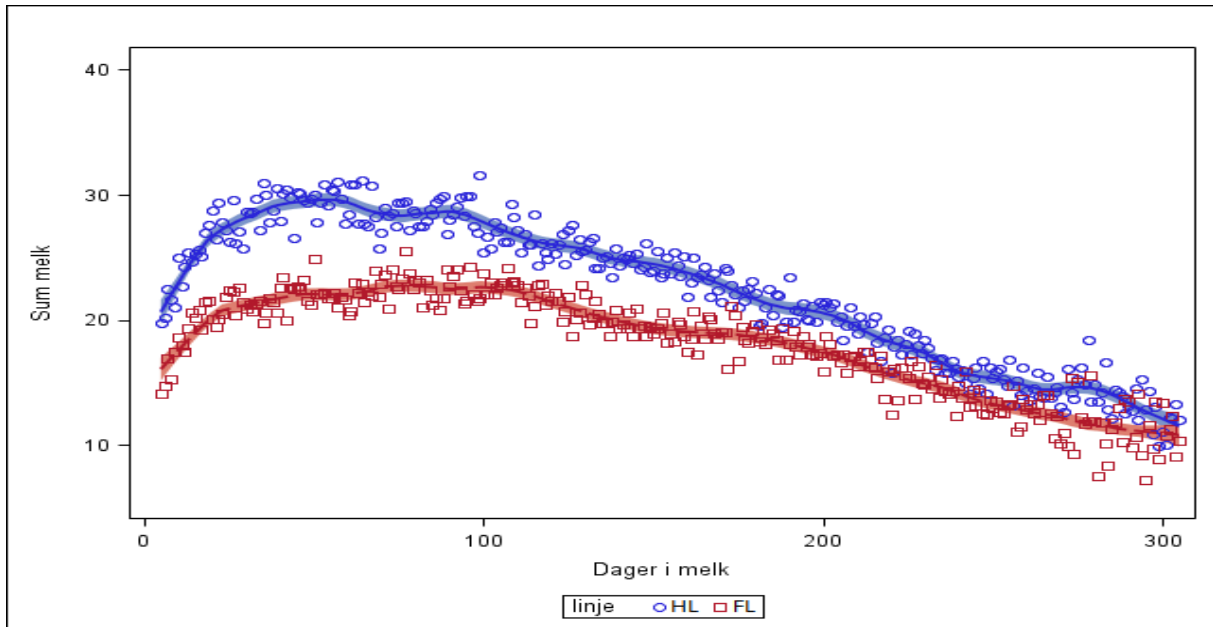
4.2 Melkemengde

Figur 7 viser tydelige forskjeller i melkemengde gjennom laktasjonen mellom linjene. Forskjellen er signifikant siden loess regresjonslinjene med 95% konfidensintervall ikke overlapper. HL melker i snitt mer enn FL. Begge linjene følger en normal laktasjonskurve der toppen er nådd etter rundt 40-60 dager i melk, før kurven faller i løpet av laktasjonen. Det er tendenser til en litt mer toppet laktasjonskurve i HL.

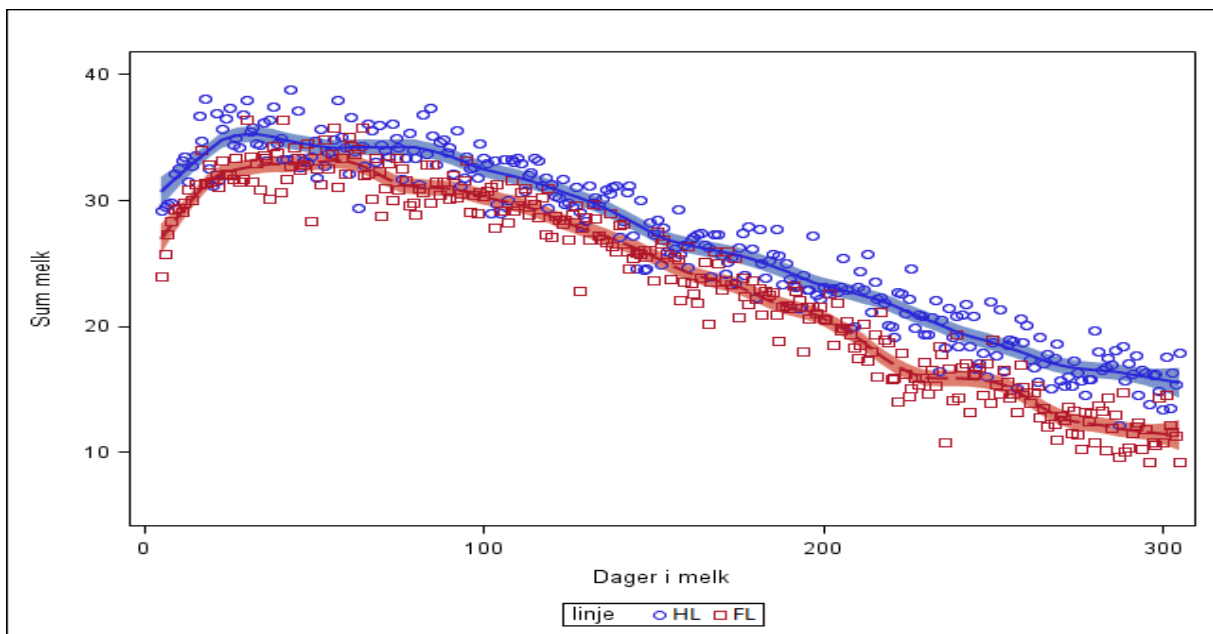


Figur 7 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt melkemengde per dag i melk gjennom laktasjonen for alle kyr fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

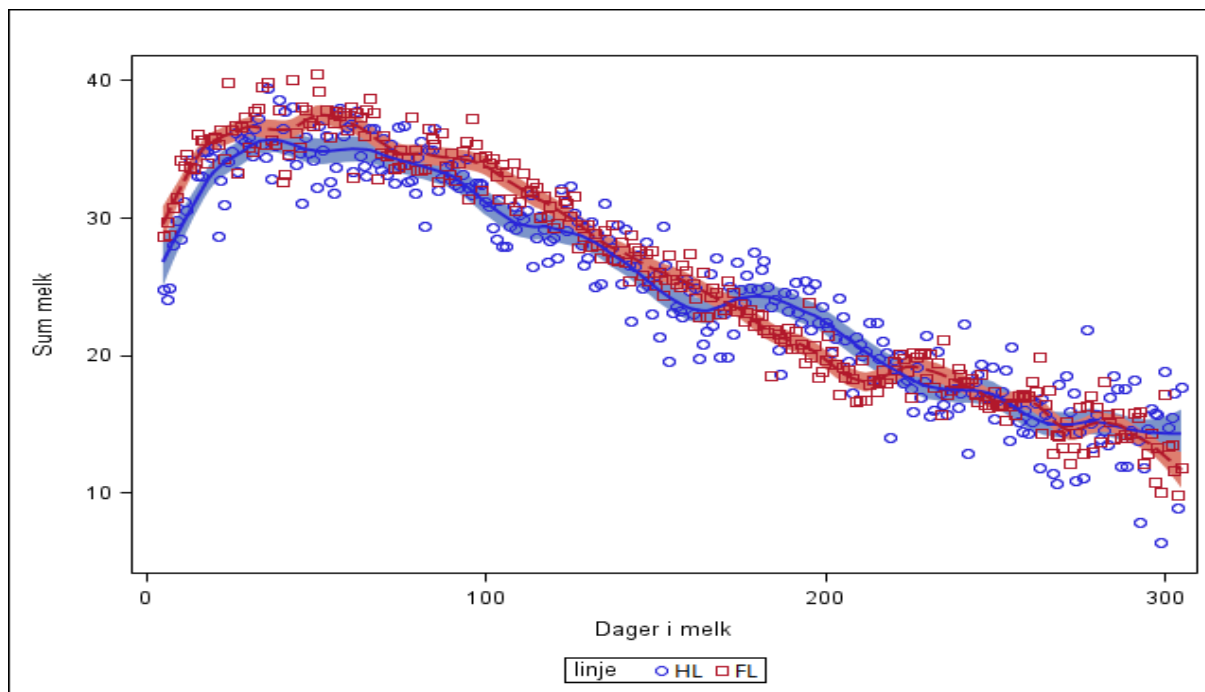
Figur 8, 9 og 10 viser gjennomsnitt melkemengde per dag i melk fordelt på linje for hver laktasjon. Den største forskjellen er i 1. laktasjon hvor det er tydelig at FL har en flatere laktasjonskurve og HL har en mer tydelig topp som ligger godt over toppunktet til FL. Denne forskjellen er betydelig mindre i 2. laktasjon, men fremdeles synlig. Her har også FL fått en mer tydelig topp i laktasjonen enn hva de hadde i 1. laktasjon. Ut fra Loess regresjonslinjene med 95% konfidensintervall er melkemengden i laktasjon 1 og 2 signifikant forskjellige. I laktasjon 3+ går linjene om hverandre og de melker da like mye. I laktasjon 3+ har FL høyest topplaktasjon.



Figur 8 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt melkemengde per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i første laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 9 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt melkemengde per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i andre laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 10 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt melkemengde per dag i melk gjennom laktasjonen for kyr i tredje laktasjon og oppover fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

Analysen av melkemengde viste at linje, kalvingsnummer, kalvingsmåned-år, dager i melk og linje*kalvingsnummer hadde alle signifikant effekt ($p < 0,05$). LS-mean for melkemengde per dag viste signifikant forskjell mellom linjene (tabell 10) og mellom kalvingsnummer 1 og 2, og 1 og 3+ ($p < 0,0001$) (tabell 11). Det var ikke signifikant forskjell mellom kalvingsnummer 2 og 3+. LS-mean verdiene viser forskjell mellom linjene og HL melker mest (tabell 10). Kyrne melker minst i 1. laktasjon og mest i 2. laktasjon uavhengig av linje (tabell 11).

Tabell 10 Least squares mean (LS-mean) for melkemengde per dag (kg) med standardfeil for høylinje og frisklinje

Linje	LS-mean*	Standardfeil
Høylinje	18,89	0,07
Frisklinje	17,40	0,07

*Differansen i LS-mean var signifikant forskjellig fra 0 ($p < 0,0001$)

Tabell 11 Least squares mean (LS-mean) for melkemengde (kg) per dag med standardfeil for kalvingsnummer 1, 2 og 3+

Kalvingsnummer	LS-mean*	Standardfeil
1	15,15	0,07
2 **	19,65	0,08
3+ **	19,63	0,08

*Differansen i LS-mean var signifikant forskjellig fra 0 mellom kalvingsnummer 1 og 2 og mellom 1 og 3 ($p < 0,0001$). **Kalvingsnummer 2 og 3+ var ikke signifikant forskjellige, $p\text{-verdi} > 0,05$.

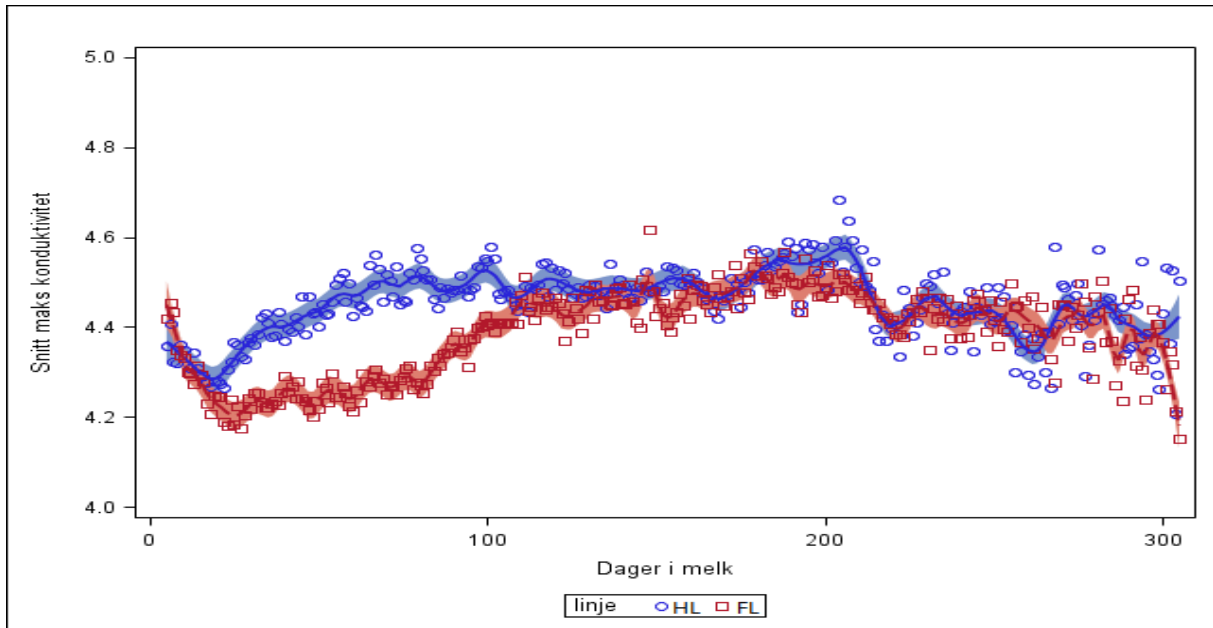
Tabell 12 viser effekt av samspillet mellom kalvingsnummer og linje på melkemengde, LS-mean er høyest for HL i 2. laktasjon og lavest for FL i 1. laktasjon. I laktasjon 3+ var det FL som har høyest LS-mean. Det var signifikant forskjell mellom alle kombinasjoner av linjer og kalvingsnummer ($p < 0,0205$).

Tabell 12 Least squares mean (LS-mean) for melkemengde (kg) per dag med standardfeil for høylinje og frisklinje med kalvingsnummer 1, 2 og 3+

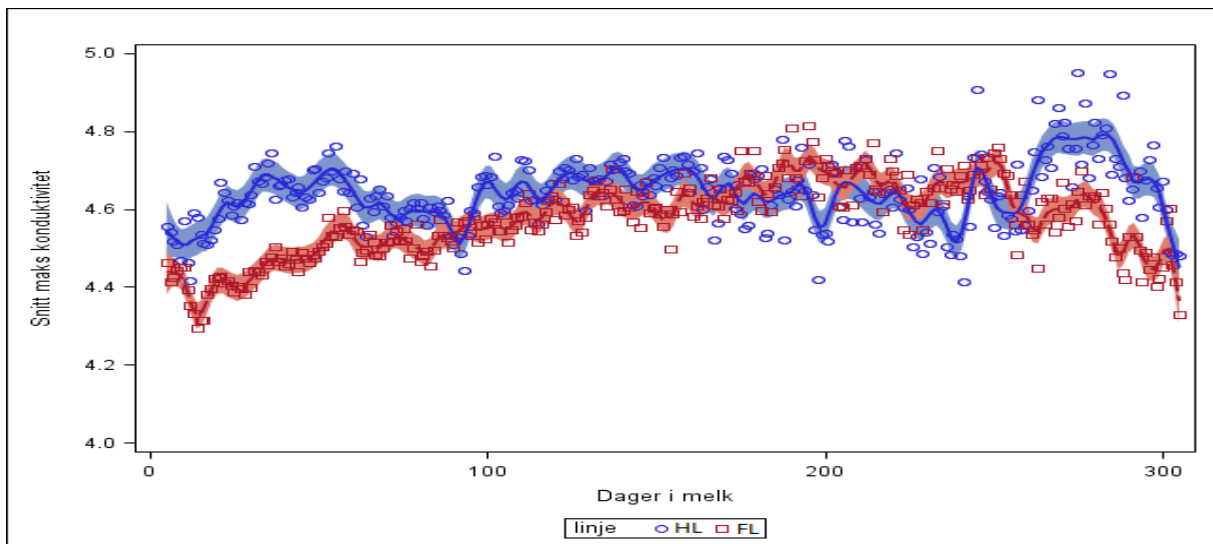
Linje	Kalvingsnummer	LS-mean	Standardfeil
Høylinje	1	16,75	0,09
Høylinje	2	20,42	0,10
Høylinje	3+	19,50	0,11
Frisklinje	1	13,55	0,09
Frisklinje	2	18,89	0,10
Frisklinje	3+	19,77	0,09

4.3 Konduktivitet

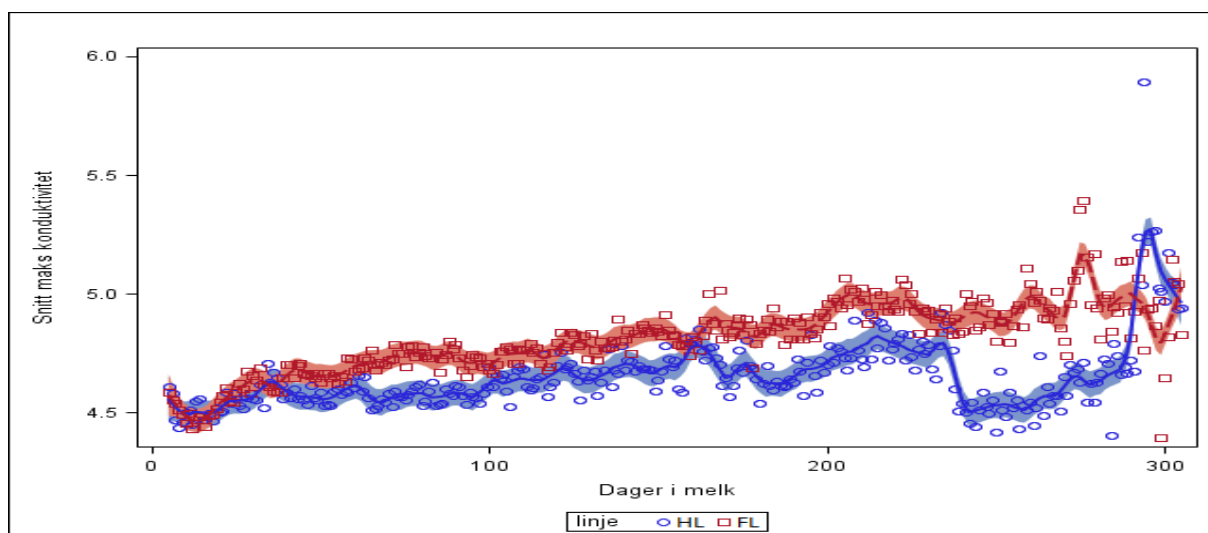
Makskonduktivitet per dag i melk fordelt på linje og laktasjonsnummer er vist i figur 11, 12 og 13. I laktasjonsnummer 1 og 2 ligger HL over FL, mens i laktasjon 3+ er det omvendt.



Figur 11 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt maks konduktivitet gjennom laktasjonen for kyr i 1. laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen



Figur 12 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt maks konduktivitet gjennom laktasjonen for kyr i 2. laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

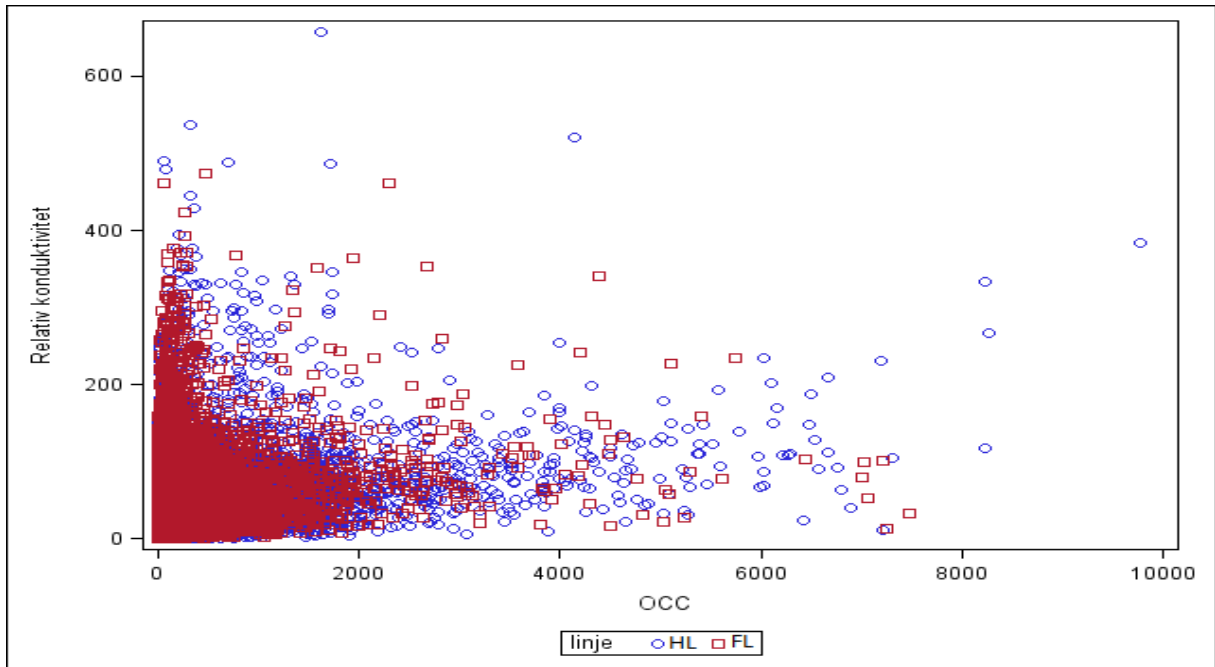


Figur 13 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt maks konduktivitet gjennom laktasjonen for kyr i 3.+ laktasjon fordelt på høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

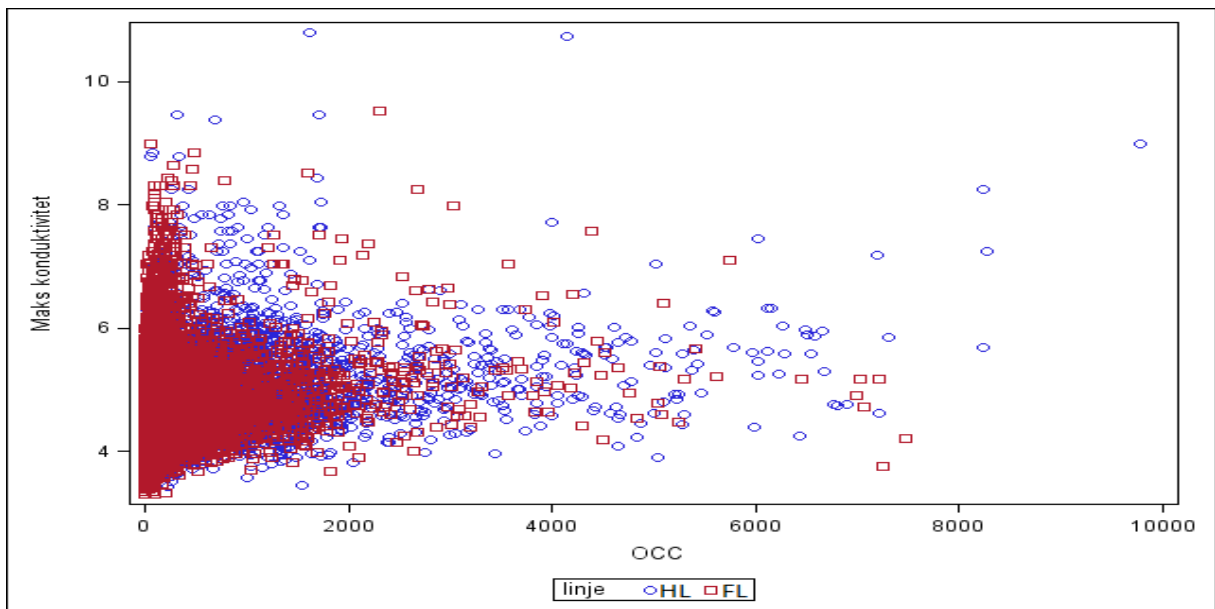
4.4 Sammenheng mellom celletall og mastittindikatorer

Sammenhengen mellom relativ konduktivitet og OCC for alle enkle observasjoner i datasettet for begge linjer er vist i figur 14. Figuren viser ingen klare forskjeller mellom linjer og ingen klar sammenheng mellom relativ konduktivitet og OCC. Om sammenhengen skulle vært gode skulle en forventet at relativ konduktivitet skulle stige lineær med økende OCC, men et slik mønster er ikke tydelig.

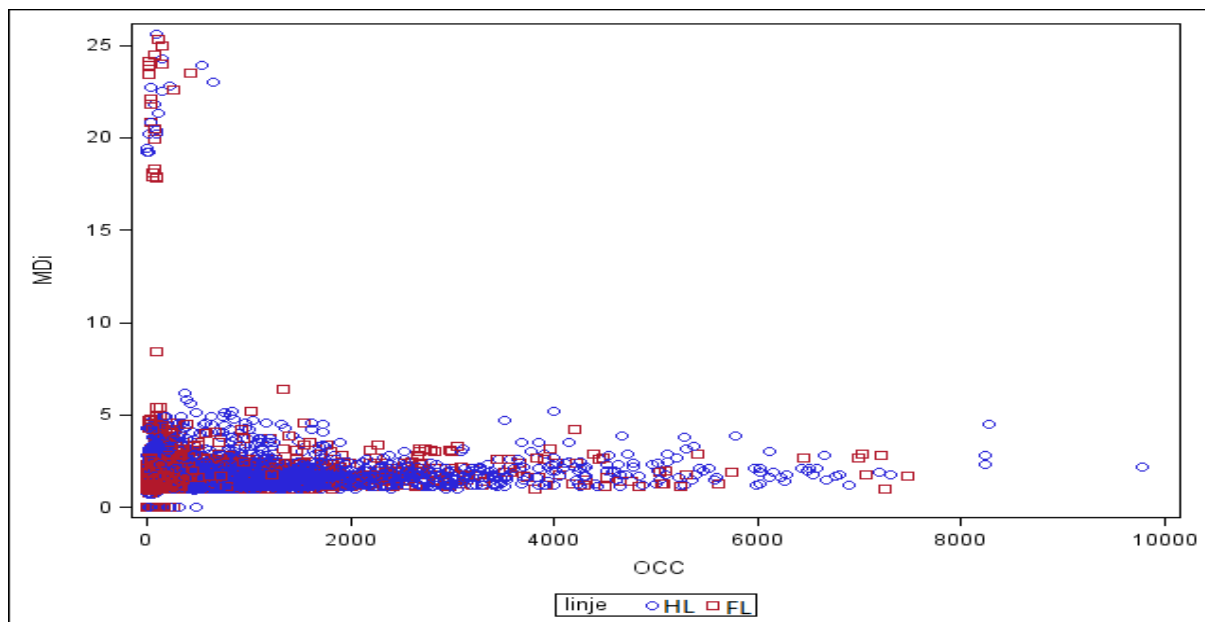
Mellom maks konduktivitet og OCC (figur 15) var det heller ingen slik sammenheng, og det samme viser plottet mellom MDi og OCC (figur 16). I alle tre figurene er det mange målinger over anbefalte grenser, der kua blir definert som sannsynligvis syk og melken skilles ut uten at de henger sammen med høyt celletall. Anbefalt grense for relativ konduktivitet er 140% og for maks konduktivitet 7,5 mS/cm. Roboten skiller ut melken og varsler dersom en av grensene overstiges. For MDi er den anbefalte grenseverdien som før nevnt 2.



Figur 14 Plott av sammenhengen mellom relativ konduktivitet mot online celletall (OCC x 1000) i høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød)



Figur 15 Plott av sammenhengen mellom maks konduktivitet mot online celletall (OCC x 1000) i høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød)



Figur 16 Plott av sammenhengen mellom Mastitis Detection index (MDi, DeLaval, mastitt-indikator) mot online celletall (OCC x 1000) i høylinje (HL) og frisklinje (FL) (rød)

Tabell 13 viser gjennomsnitt og standardavvik for maks konduktiviteten, relativ konduktivitet og MDi i hver linje. For maks konduktiviteten er gjennomsnittet likt i begge linjene. For relativ konduktivitet var derimot gjennomsnittet og standardavviket noe høyere i HL enn i FL. For MDi ligger HL litt over FL, men forskjellene er veldig små.

Tabell 13 Antall observasjoner, gjennomsnitt og standardavvik for maks konduktivitet, relativ konduktivitet og Mastitis Detection index (MDi) for høylinje og frisklinje

Egenskap	Høylinje			Frisklinje		
	Antall	Gjennomsnitt	Standardavvik	Antall	Gjennomsnitt	Standardavvik
Maks konduktivitet¹	46485	4,55	0,41	52756	4,55	0,43
Relativ konduktivitet² (%)	46454	26,87	29,81	52723	24,23	25,94
Mastitis Detection index (MDi)³	45890	1,14	0,48	52310	1,12	0,47

¹Maks konduktivitet er den spenen som ved hver melking har høyest konduktivitet. ²Relativ konduktivitet er differansen mellom spenen med høyest konduktivitet og gjennomsnittet av de to spenene med lavest konduktivitet, i prosent. ³DeLaval sin mastittindikator.

Korrelasjonene mellom SCS og mastitt-indikatorene relativ konduktivitet, maks konduktivitet og MDi var henholdsvis 0,34, 0,25 og 0,22 (tabell 14). Korrelasjonen mellom MDi og relativ konduktivitet var 0,41 og mellom MDi og maks konduktivitet 0,32. Mellom relativ konduktivitet og maks konduktivitet ble det funnet en korrelasjon på 0,61.

Tabell 14 Pearson korrelasjon mellom Ln transformert celletall (SCS), relativ konduktivitet, maks konduktivitet og Mastits Detection index (MDi)

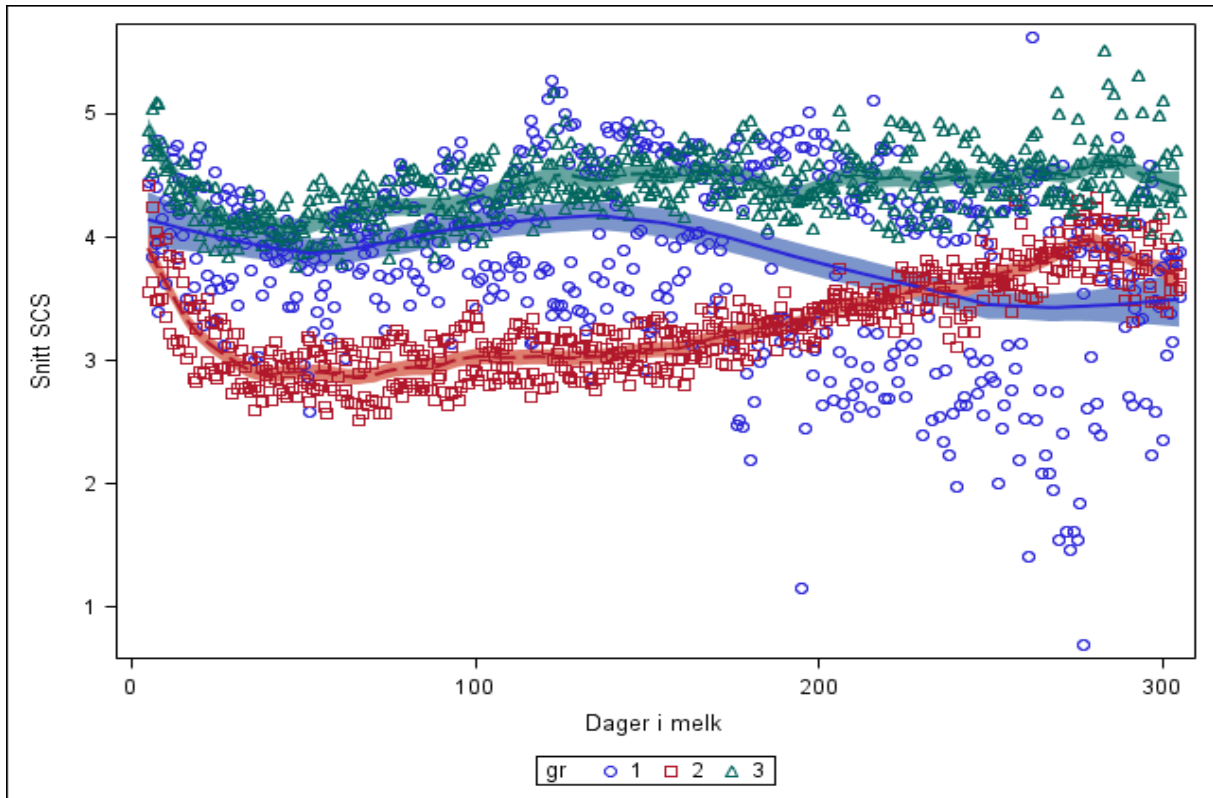
Egenskap	Relativ konduktivitet ¹	Maks konduktivitet ²	Mastits Detection index (MDi) ³
Ln transformert celletall (SCS)	0,34	0,25	0,22
Relativ konduktivitet¹		0,61	0,41
Maks konduktivitet²			0,32

¹ Relativ konduktivitet er differansen mellom spenen med høyest konduktivitet og gjennomsnittet av de to spenene med lavest konduktivitet, i prosent. ² Maks konduktivitet er den spenen som ved hver melking har høyest konduktivitet. ³ DeLaval sin mastittindikator.

4.5 Gruppering etter frisk, syk og subklinisk.

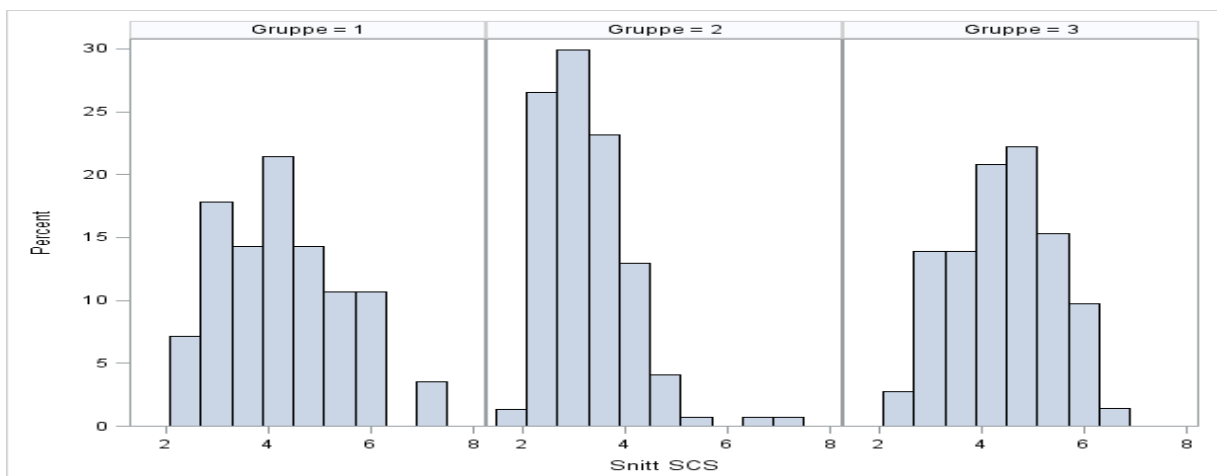
Figur 17 viser gjennomsnitt SCS plottet over laktasjonen for kyr i tre grupper: behandlet for klinisk mastitt (gruppe 1), friske (gruppe 2) og subkliniske med minst 50 observasjoner over 200 000 i celletall (gruppe 3). Det er viktig å presisere at det er stor forskjell i antall kyr og observasjoner som ligger bak hver av gruppene. De friske kyrne (gruppe 2) har en celletallskurve med normal form, og ligger på et celletall mellom 20 000 – 50 000 celler/ml., (SCS på 3,9=50 000 celler i reelt celletall). De subkliniske kyrne (gruppe 3) har også antydning til normal form på celletallskurven og ligger selvfølgelig mye høyere i gjennomsnitt SCS. Kyrne med behandlet klinisk mastitt (gruppe 1) kan man ut fra figur 17 se har stor spredning, og ingen konsistent celletallskurve. Denne gruppen besto imidlertid av færrest kyr.

Ut i fra konfidensintervallet som følger loess regresjonskurvene er det signifikant forskjell mellom gruppene i store deler av laktasjonen.



Figur 17 Loess regresjonskurve for gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) per dag i melk gjennom laktasjonen for behandlede kyr (gr.1 blå), friske kyr (gr.2 rød) og subkliniske kyr (gr.3 grønn). Det skraverte området angir 95% konfidensintervall for regresjonslinjen

Histogrammet i figur 18 viser tydelig forskjell i fordelingen av gjennomsnitt SCS i gruppene. Gruppe 2 har klart minst spredning, mens de to andre gruppene har større spredning.



Figur 18 Fordeling av gjennomsnitt \ln transformert celletall (SCS) observasjoner for henholdsvis behandlede kyr (gruppe 1), friske kyr (gruppe 2) og subkliniske kyr (gruppe 3)

For relativ konduktivitet, maks konduktivitet, SCS og MDi er gjennomsnitt og standardavvik per gruppe er gitt i tabell 15. Gjennomsnitt SCS er høyest for de subkliniske kyrne og for konduktivitet og MDi er det de behandlede kyrne som ligger høyest. Videre er standardavviket høyest for de syke kyrne både når det gjelder konduktivitet og MDi, mens standardavviket til SCS er høyest for de subkliniske kyrne.

Tabell 15 Antall observasjoner, gjennomsnitt og standardavvik for relativ konduktivitet, ln transformert celletall (SCS) og MDi (mastitt-indikator til DeLaval melkerobot) for behandlede kyr, friske kyr og subkliniske kyr

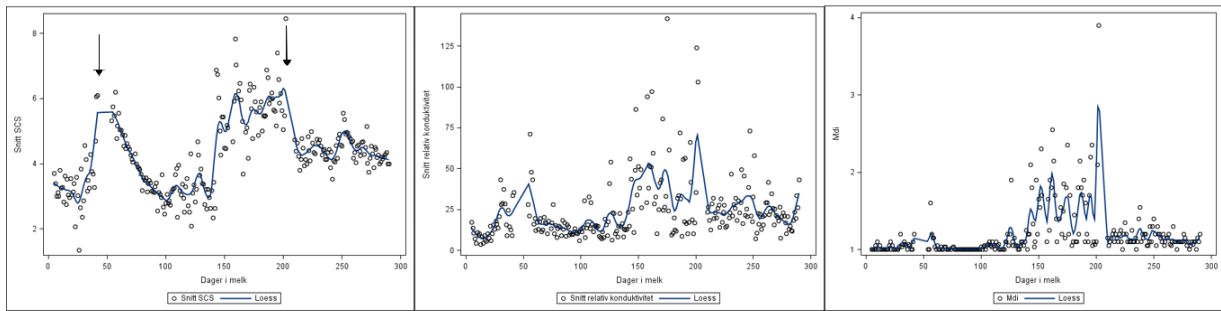
Gruppe Variabel	Behandlet			Frisk			Subklinisk		
	Antall	Gj*	Std**	Antall	Gj*	Std**	Antall	Gj*	Std**
Relativ konduktivitet¹	11387	33,41	43,44	55521	22,67	24,28	32269	27,47	25,78
Maks konduktivitet²	12421	4,61	0,67	55552	4,53	0,50	31268	4,57	0,51
Ln transformert celletall (SCS)	11401	4,16	1,43	55552	3,10	1,09	32288	4,35	1,47
Mastits Detection index (MDi)³	11070	1,22	0,65	55133	1,09	0,42	31997	1,15	0,51

*Gjennomsnitt, **Standardavvik. ¹Relativ konduktivitet er differansen mellom spenen med høyest konduktivitet og gjennomsnittet av de to spenene med lavest konduktivitet i prosent. ² Maks konduktivitet er den spenen som ved hver melking har høyest konduktivitet. ³ DeLaval sin mastittindikator.

4.6 SCS, MDi og konduktivitet for enkeltkyr

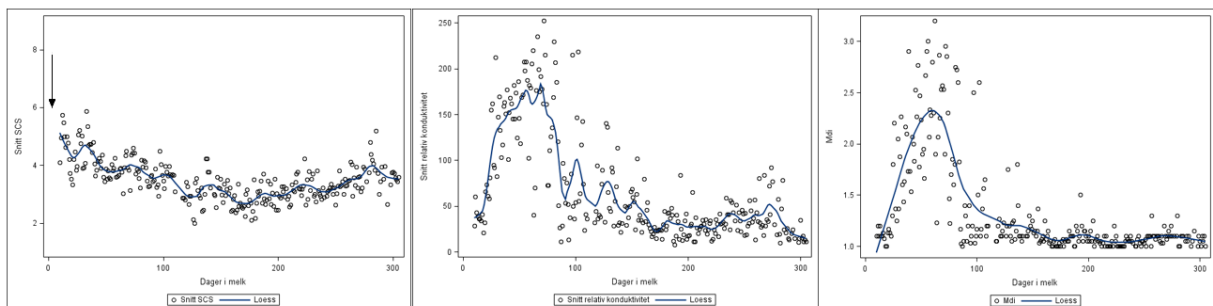
For å se nærmere på sammenhengen mellom SCS, relativ konduktivitet og MDi ble det illustrert i det som følger ved å plote dem for 4 ulike kyr, eller såkalte case.

Første case var ku nr. 5714, kalvet 28.08.2015, var i laktasjonsnummer 4 og tilhørte HL. Hun ble behandlet for klinisk mastitt (helsekortkode 303) to ganger i løpet av laktasjonen, 12.10.2015 (45 dager i melk) og 17.03.2016 (202 dager i melk). Figur 19 viser hvordan SCS, relativ konduktivitet og MDi til denne kua endrer seg i løpet av laktasjonen. SCS går opp fra under 4 til oppunder 6 ved mastitt-tilfellene. Noen målinger er helt opp til 8. MDi går noe opp ved første tilfelle av mastitt, og viser tydelig utslag og verdier over 2 ved det andre mastitt-tilfelle. Den relative konduktiviteten viser noe økning rundt mastitt-tilfellene, ganske stor økning rundt det andre tilfellet, men ikke over 140%.



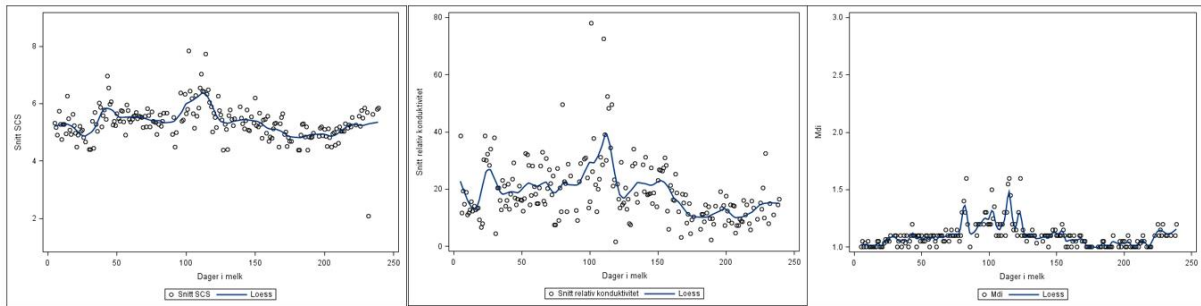
Figur 19 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS), relativ konduktivitet (i %) og MDi (DeLaval mastitt-indikator på melkerobot) per dag gjennom fjerde laktasjon for ku nr. 5714 med to tilfeller av klinisk mastitt på henholdsvis dag 45 og 202 i melk (markert med pil)

Andre case var ku nr. 6227, en HL ku i 1. laktasjon som kalvet 10.03.2016. Kua ble behandlet for klinisk mastitt 11.03.2016 (helsekortkode 303). Kua ble altså behandlet en dag etter kalving, og som figur 20 viser er SCS på tur ned igjen når registreringene starter på dag 5. Legg merke til at både relativ konduktivitet og MDi viser høye verdier i starten av laktasjonene: MDi var godt over varselgrensen på 2, og relativ konduktivitet godt over 140% etter at SCS var ned på normalt nivå igjen.



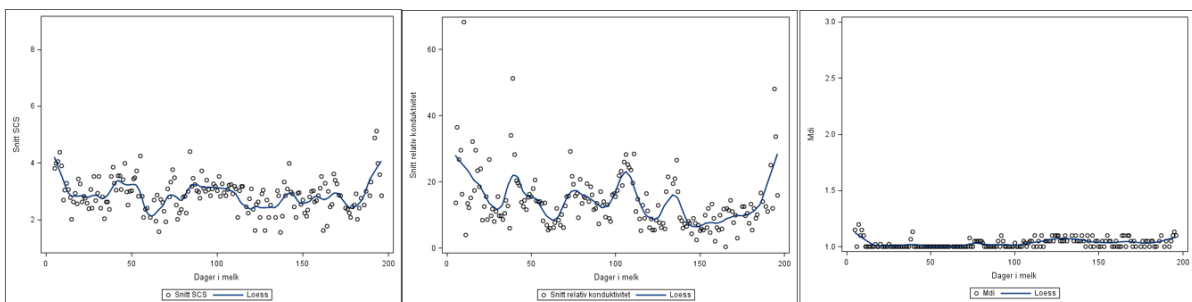
Figur 20 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS), relativ konduktivitet (i %) og MDi (DeLaval mastitt-indikator på melkerobot) per dag gjennom første laktasjon for ku nr. 6227 med ett tilfelle av klinisk mastitt på dag 1 i melk (markert med pil)

Tredje case var HL ku nr. 6275 i laktasjonsnummer 1, med kalvingsdato 06.09.2016 (figur 21). Kua kan regnes som subklinisk, med jevnt høyt celletall gjennom hele laktasjonen. Kua ble sinet av tidlig og sintidsbehandlet 08.05.2017 (kode 310). Figuren viser at ku nr. 6275 ligger på rundt 5 - 6 i SCS, noe som tilsvarer rundt 200 000 til 500 000 i celletall. MDi har antydning til utslag rundt 100 dager i melk, ellers er det ingen tegn til at kua har høyt celletall eller er i fare for å bli syk. Relativ konduktiviteten ligger fra godt under 20% til litt over 40% gjennom laktasjonen, med en liten topp rundt 100 dager i melk.



Figur 21 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS), relativ konduktivitet (i %) og MDi (DeLaval mastitt-indikator på melkerobot) per dag gjennom første laktasjon for ku nr. 6275 med ingen tilfeller av klinisk mastitt, men med høyt celletall (subklinisk)

Fjerde case var FL ku nr. 6313 som også var i laktasjonsnummer 1 og kalvet 31.10.2016. Kua regnes som frisk og som figur 22 viser er SCS knapt over 4, som tilsvarer et celletall på litt over 50 000. Den relative konduktiviteten ligger stor sett mellom 0-40% og MDi viser ingen høye verdier (opp mot 2).



Figur 22 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS), relativ konduktivitet (i %) og MDi (DeLaval mastitt-indikator på melkerobot) per dag gjennom laktasjonen for ku nr. 6313 med ingen tilfeller av klinisk mastitt eller høyt celletall

4.7 Eksempel på celletallskurver for enkeltkyr

Celletallet varierer mye for enkeltkyr i løpet av en laktasjon. For å illustrere dette ble fire enkeltkyr, såkalte case, plukket ut for å se nærmere på ulike celletallskurver gjennom en laktasjon.

Case nr. 1 er ku nr. 6042 i 2. laktasjon med kalvingsdato 29.07.2015 og hvor celletallskurven er vist i figur 23. 6042 er en HL ku, og hadde ingen behandlinger i denne laktasjonen.

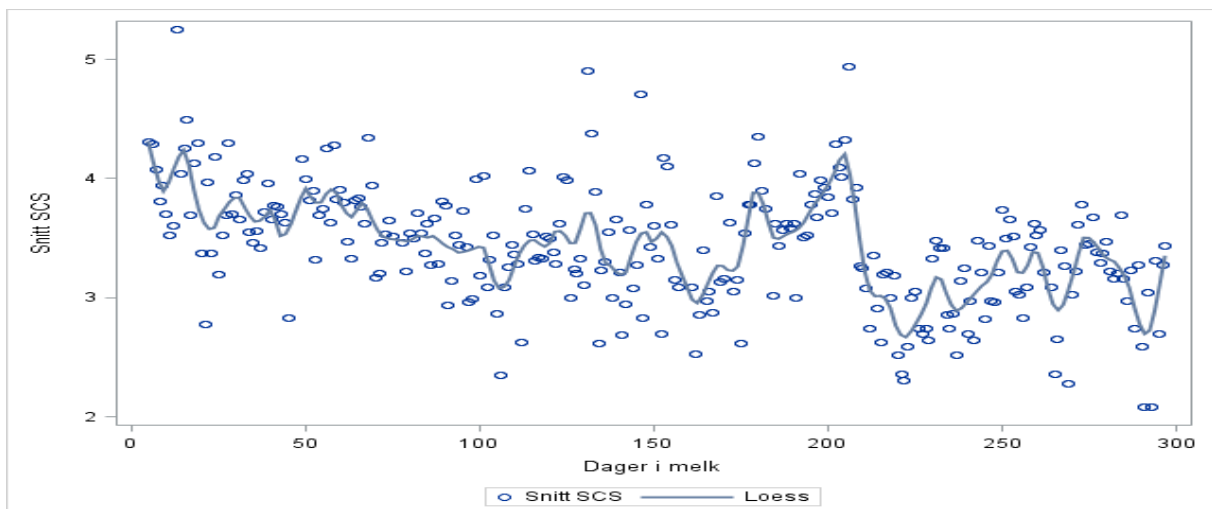
Celletallskurven begynner lavt og holder seg lav til passert 100 dager i melk. Her går celletallet litt opp og holder seg stabilt høyt ut laktasjonen. Dette er et eksempel på en ku

som går fra frisk til subklinisk i løpet av laktasjonene. Kua ble sintidsbehandlet (kode 310) etter 3. laktasjon (29.08.2017).



Figur 23 Gjenomsnitt In transformert celletall (SCS) per dag gjennom andre laktasjon for ku nr. 6042 uten behandlinger i laktasjonen, men med behandling ved avsinning etter laktasjon tre

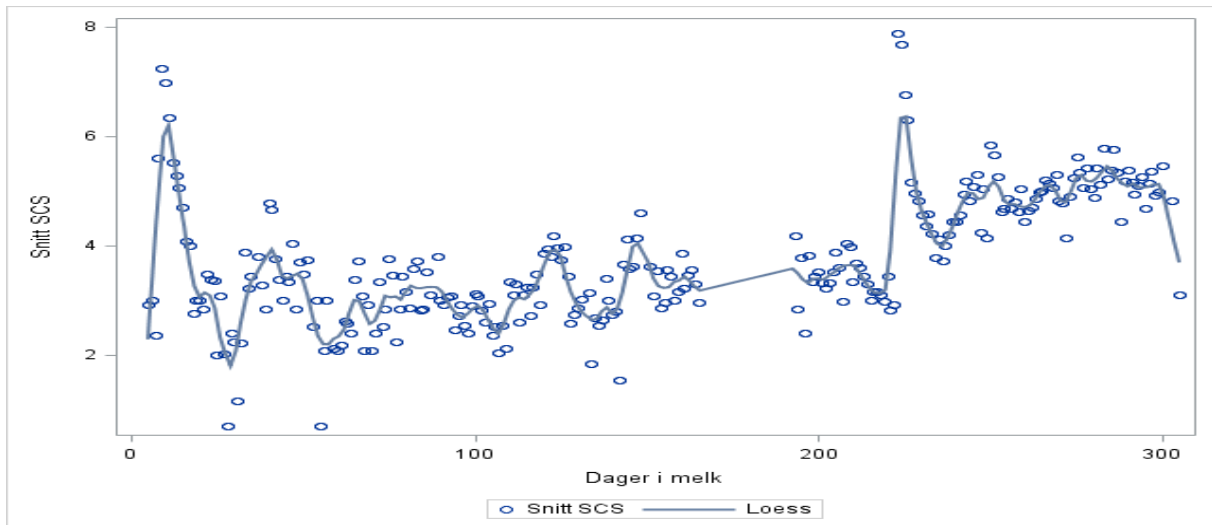
Andre case er HL ku nr. 6082 i 1. laktasjon med kalvingsdato 24.08.2015 og hvor celletallskurven er vist i figur 24. 6082 har ingen behandlinger og celletallskurven begynner på SCS rett under 4,5 for så å gå gradvis nedover. Det sees en liten topp rundt 200 dager i melk, men SCS fortsetter ned til et stabilt lavt nivå.



Figur 24 Gjenomsnitt In transformert celletall (SCS) per dag gjennom første laktasjon for ku nr. 6082 uten behandlinger i datamaterialet

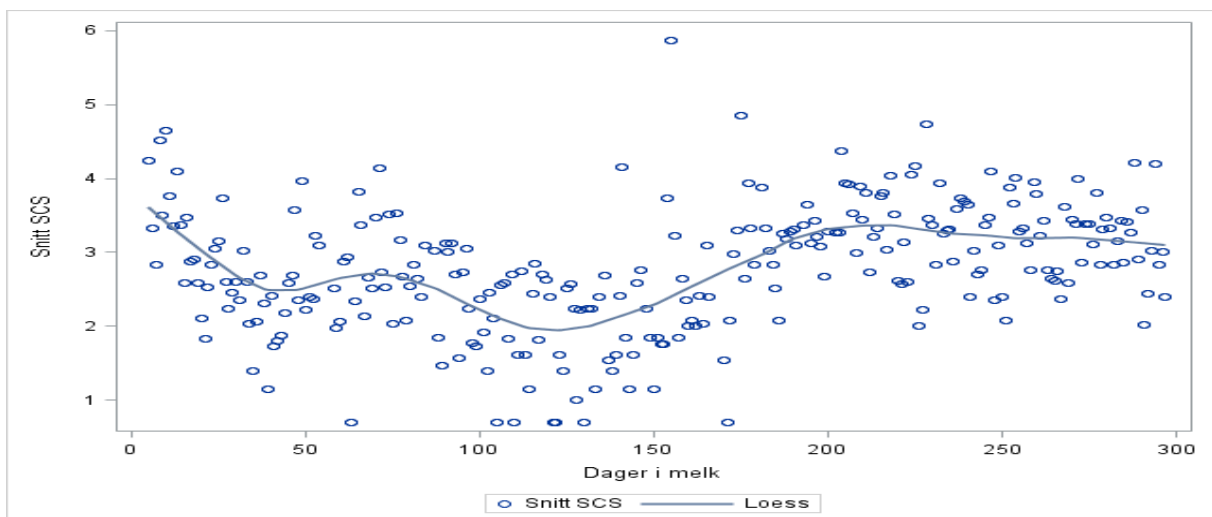
Case nr. tre er HL ku nr. 6085, i 2. laktasjon, med kalvingsdato 03.03.2016 og med celletallskurve i figur 25. Celletallskurven har to tydelige topper i løpet av laktasjonen, men i

begge tilfellene har celletallet kommet ned igjen til normalt nivå. Celletallet stiger imidlertid jevnt gjennom hele laktasjonen. Kua er ikke behandlet for mastitt i 2. laktasjon, men ble behandlet for klinisk mastitt i 3. laktasjon (kode 303, 24.04.2017).



Figur 25 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS) per dag gjennom andre laktasjon for ku nr. 6085, ingen behandlinger i laktasjonen, men med klinisk mastittbehandling i den påfølgende laktasjonen

Fjerde case er FL ku nr. 6094, i 1. laktasjon med celletallskurve er vist i figur 26. Kua hadde kalvingsdato 15.08.2015. Celletallet ligger forholdsvis lavt gjennom hele laktasjonen med noen få høye målinger. Kua er ubehandlet.



Figur 26 Gjennomsnitt ln transformert celletall (SCS) per dag gjennom første laktasjon for ku nr. 6094, ingen behandlinger i datamaterialet

5.0 Diskusjon

Antall mastitt-tilfeller og behandlinger per linje viser at avlen mot mastitt har fungert.

Høylinjen har 19 behandlinger av helsekortkode 303, mens FL har kun 5. I tillegg er det noen flere kyr i FL enn i HL.

Resultatene viser at det er store signifikante ($p < 0,0001$) forskjeller mellom linjene i celletall. Høylinjen ligger høyere i celletall enn det FL gjør. Dette er en konsekvens av indirekte seleksjon som følge av seleksjonen for mindre mastitt og mer melk over mange år. Samtidig viser det at vektleggingen av helseegenskaper i avlsmålet er viktig. Som tabell 3 viser er det store genetiske forskjeller mellom linjene i både mastitt- og celletalls-avlsverdier som også her gir seg utslag i fenotypiske forskjeller mellom linjene.

Forskjellen i celletall mellom linjene var ikke like stor i laktasjonsnummer 2 og 3+ som i 1. laktasjon. Dette kan skyldes at seleksjon for mindre mastitt først og fremst har skjedd på basis av 1. laktasjon, og at det derfor er der utslaget blir størst. Samtidig er den genetiske korrelasjonen langt ifra 1 mellom klinisk mastitt over laktasjoner og mellom ulike deler av laktasjonen (Heringstad et al., 2004). Dette kan komme av at det er forskjellige bakterier som forårsaker mastitt i ulike laktasjoner eller deler av laktasjonen (De Haas et al., 2004).

Wiggans og Shook (1987) skrev i sin avhandling at det var forventet en mindre økning i celletall mot slutten av laktasjonen for kviger enn for eldre kyr, uavhengig av om de har hatt klinisk mastitt eller ikke. Dette stemmer godt med resultatene for HL i 1. og 2. laktasjon, men er ikke like tydelig for FL i 1. og 2. laktasjon, men ser i laktasjon 3+ for FL dette forløpet mer tydelig. Mange studier har vist at kalvingsnummer påvirker celletallet (Bobic et al., 2018; Emanuelson & Persson, 1984; Lindstrom et al., 1981; Urioste et al., 2012).

Det er tidligere vist genetiske forskjeller mellom HL og FL for flere egenskaper. Som tabell 3 viser er det stor genetisk forskjell mellom linjene i melk, mastitt og celletall. Samtidig har seleksjonsforsøket vist at det er blitt forskjell mellom linjene i fruktbarhet: For egenskapene ikke omløp etter 56 dager, kalvingsintervall og for intervallet fra kalving til første inseminering. Etter seks ku-generasjoner var den genetiske forskjellen mellom linjene på 2,5 prosent-enheter for ikke-omløp og fire dager kortere kalvingsintervall (Heringstad & Larsgard, 2010). Wetlesen (2014) fant signifikante forskjeller mellom linjene i melkemengde,

kroppsvekt, melkemengde/bokstid (tid brukt i roboten), og på formen på laktasjonskurve og tilvekstkurven.

Her fant en også store forskjeller i melkemengde mellom linjene (figur 7-10). Høylinjen melker mer gjennom hele laktasjonen, spesielt i 1. laktasjon. Dette fant også Wetlesen (2014) i sin studie av linjene på Jønsberg videregående skole. Frisklinjen har en mye flatere laktasjonskurve enn HL, men begge linjene følger en normal form på laktasjonskurven. Det var signifikant forskjell mellom linjene i melkemengde per dag i alle laktasjonene ($p < 0,0205$). Den store forskjellen i melkemengde utlignet seg i 2. laktasjon og spesielt i laktasjon 3+. Frisklinjen har tatt igjen HL i ytelse, noe som kan skyldes at kyrne i FL er større og mer robuste (Wetlesen, 2014). Dermed vil de ta opp mere fôr og ha mer ressurser totalt sett å bruke. Frisklinjen mobiliserer mindre etter kalving, det vil si at de melker mindre av holdet. Disse kyrne ser ut til å ha en annen ressursallokering enn de i HL, som bruker mer av ressursene på å melke. Ressursallokeringsteorien går ut på at et dyr har en viss mengde ressurser tilgjengelig til enhver tid og seleksjon for en egenskap vil føre til at denne får mere ressurser på bekostning av andre egenskaper (Beilharz et al., 1993). Kyr vokser normalt helt frem til 3. laktasjon. I 3. laktasjon kan de regnes som nærmest ferdig utvokst og har tatt igjen forspranget på grunn av sin størrelse.

Wetlesen (2014) viste at kyrne i FL hadde signifikant høyere vekt enn kyrne i HL. Det er tidligere funnet positiv genetisk korrelasjon mellom økt melkeytelse og økt vekt (Morris & Wilton, 1976). Dvs. at de største dyrene produserer mest melk. Wetlesen (2014) fant også at vektene i HL varierte mer, noe som har sammenheng med mobiliseringen i starten av laktasjonen. Hun fant at HL mistet mer vekt i starten av laktasjonen, på grunn av negativ energibalanse som følge av høyere topplaktasjon. I tillegg er kyr i stor negativ energibalanse mer utsatt for sykdom (Kato, 2002). Videre er det vist at seleksjon for lavere SCS på sau har gitt mindre negativ energibalanse som en korrelert respons (Bouvier-Muller et al., 2018). Weber et al. (2013) fant at enkelte kyr takler mobilisering tidlig i laktasjon bedre enn andre og at det var flere ulike strategier for å mobilisere og ta opp nok energi i denne perioden.

En annen medvirkende faktor som er med på å begrense hvor stor forskjellen mellom HL og FL kan bli, er at oksene som blir brukt er valgt ut blant NRF seminokser. Disse er derfor allerede preselektert på egenskapene i NRF sitt avlsmaal. Så en okse som er god på mastitt er

ikke veldig dårlig på melk, og omvendt vil en okse som er godt på melk ikke være veldig dårlig på mastitt.

Videre viser resultatene at det ikke var en klar sammenheng mellom relativ konduktivitet og celletall. Det var det heller ikke mellom MDi og celletall eller maks konduktivitet og celletall. For at disse sammenhengene skulle vært god måtte figur 14-16 vist en tilnærmet lineær sammenheng, men et slikt mønster sees ikke. Figurene viser at flere målinger viste høye verdier av relativ konduktivitet, maks konduktivitet og MDi, men som ikke hadde tilsvarende høyt celletall. Det fantes også observasjoner med høyt celletall som ikke hadde høye verdier for noen av de konduktivitetsbaserte mastittindikatorne.

EC er den mest brukte og best studerte indikatoren for å avdekke mastitt og subklinisk mastitt i dagens AMS og det er flere som har funnet en sammenheng mellom økt EC og mastitt (Fernando et al., 1982; Milner et al., 1996; Sheldrake et al., 1983). Andre derimot viser til manglende sammenheng mellom EC og celletall og at det bare er rundt 40% av kyrne med høyt celletall som blir identifisert ved bruk av konduktivitetsmål (Nybø, 2013). En feltstudie viste at sensitiviteten (de klinisk syke ble oppdaget) til EC for å avsløre mastitt i enkelt spener var mellom 5 og 18% for celletall > 200 000 celler/ml mens for celletall > 1 000 000 celler/ml var sensitiviteten fra 9 til 43% (Hovinen et al., 2006). Knapstein og Reichmuth (2000) fant i sin studie av AMS at bare 12 av 29 tilfeller (41%) av klinisk mastitt ble oppdaget med EC, noe som er lavt dersom man skal kunne stole på at EC skal kunne varsle om kua holder på å bli syk ved bruk av AMS.

På grunn av stor variasjon mellom kyr i samme besetning er det vanskelig å avdekke et sykdomstilfelle basert kun på maks konduktivitet. Derfor blir relativ konduktivitet brukt i DeLaval sine melkeroboter. Kyr med høy maks konduktivitet kan også ligge relativt høyt på de andre spenene uten at kua trenger å være syk. Dersom en slik ku skulle bli syk, må den betente spenen få veldig høy konduktivitet før relativ konduktivitet slår ut, i forhold til en ku som ligger lavere i konduktivitet til vanlig. Anbefalt maksgrensen på konduktivitet er som nevnt vanligvis 7,5 mS i maks konduktivitet eller 140% i relativ konduktivitet, og dersom en av grensene krysses vil melken skilles ut (bli kassert), og kua bør sjekkes for sykdom. Det er derfor naturlig å tenke seg at en relativ konduktivitet på over 140% i iallfall skulle indikere at

kua har høyt celletall, noe som ikke stemmer med figur 14. Årsaken til høy konduktivitet må da forklares ut fra andre forhold.

Et slikt forhold er blod i melken, som følge av for eksempel et ødelagt blodkar, som ikke automatisk gir høyt celletall: Dette fordi det kun er de hvite blodcellene som har kjerne og som da vil gi utslag på celletallet. Normalt blod har imidlertid ikke så mange hvite blodceller. De kommer først ved en inflammasjon og blir da rekruttert til det stedet de trengs. For konduktivitet, som er væskens ledningsevne, er det antallet ioner som kan lede strøm som teller. I blodet er det plasma som inneholder flest ioner og dermed leder strøm bedre enn røde blodceller. Ved et slik tenkt tilfelle med skade på juret som fører til at en får blod i melken, som ved et ødelagt blodkar, kan det tenkes at dette gir mere fri flyt av ioner/ioneholdig plasma rett ut i melken. Dette kan da øke konduktiviteten uten at celletallet øker nevneverdig.

Figurene med makskonduktivitet per laktasjon fordelt på linje (figur 11-13) viser variasjon innad i laktasjonen og mellom laktasjonene, men i motsetning til celletall kan man ikke se noen tydelig forskjell mellom linjene.

Den svake sammenhengen mellom celletall og konduktivitet underbygges også av korrelasjonene mellom SCS og mastittindikatorene. Alle korrelasjonene til SCS var under 0,35. Det er tidligere funnet korrelasjoner på fenotypenivå mellom test-dag celletall og konduktivitet på 0,48 og 0,33 (Hovinen & Pyorala, 2011). Hovinen og Pyorala (2011) skrev i sin oversiktsartikkel at det er funnet korrelasjoner på fenotypenivå mellom OCC og test-dag celletall på 0,76 for alle målinger og på 0,82 for spener over 200 000 celler/ml. Sorensen et al. (2016) sammenlignet også test-dag celletall med OCC og fant en generelt høy forklaringsgrad ($R^2=0,86$), som tilsvarer en fenotypisk korrelasjon på 0,93. Genetisk korrelasjon mellom test-dag IQR for EC og test-dag SCS i første og andre måned av laktasjonen er funnet til hele 0,86 og 0,93 (Norberg et al., 2004b).

Sett på enkeltkunivå kan det se ut til at relativ konduktivitet kan identifisere enkelte tilfeller av klinisk mastitt, som vist i figur 19 for ei ku med to tilfeller av klinisk mastitt. Mens for kyr med jevnt høyt celletall gjennom laktasjonen, det vil si subkliniske kyr (figur 21), ser det ut til at konduktiviteten ikke ligger mye høyere enn for friske kyr (figur 22). For den friske kua (ku nr. 6313) ligger relativ konduktivitet under 40%, og mest rundt 20%. For den subkliniske kua

(ku nr. 6275) ligger relativ konduktivitet også stort sett under 40% og mest rett i overkant av 20%. Det er med andre ord nesten ikke forskjell på disse kyrne i relativ konduktivitet, selv om man ut fra forskjellen i celletall skulle tro det var det. Dersom den subkliniske kua har forholdsvis høy konduktivitet på alle spenene vil ikke den relative konduktiviteten kunne slå ut som spesielt høy noe som kan være en årsak til at konduktivitet fungerer dårligere på subkliniske kyr. MDi for den subkliniske kua (ku nr. 6275) ligger jevnt lavt og under farenivået på 2 gjennom hele laktasjonen. Kua har en liten topp i MDi rundt 100 dager i melk. Da var nivået over varselgrensen på 1,4, men ikke over faregrensen på 2. For denne kua (ku nr. 6275) gikk MDi ned igjen senere i laktasjonen selv om celletallet fortsatt var høyt. Ut fra nivået til celletallet burde denne kua ha ligget over 1,4 i MDi, og helst opp mot 2 gjennom hele laktasjonen.

For kua som hadde en mastitt rett etter kalving (ku nr. 6227, figur 20) ser det ut til at økningen i relativ konduktivitet kommer etter at celletallet har begynt å gå ned igjen. Det samme viser også MDi, noe som er naturlig siden konduktivitet inngår i beregningen av MDi. Egentlig skulle man forvente at også disse verdiene hadde hatt sitt toppunkt når celletallet var på sitt høyeste, samt at disse også skulle gått ned etter behandling. Andre studier har vist at konduktiviteten begynner å øke etter at celletallet har steget, men før noen visuelle tegn til sykdom (Hovinen & Pyorala, 2011).

Den manglende sammenhengen mellom celletall og konduktivitet vises også i grupperingene av kyrne etter om de er behandlet for klinisk mastitt (gruppe 1), var friske (gruppe 2) eller hadde subklinisk mastitt (gruppe 3). Ut fra figur 17 ser man tydelig forskjell mellom gruppene i celletall som forventet. Gruppe 1 har stor spredning fordi alle observasjonene til disse kyrne er med. Det vil derfor være med en del observasjoner fra perioder hvor disse var friske før eller etter tilfellet av klinisk mastitt, men forskjellen i konduktivitet og MDi er ikke like stor som man skulle forvente. Gjennomsnittet til gruppe 3, subkliniske kyrne, i MDi var på 1,15, noe som er lavt. Ut fra at denne gruppen ligger over 200 000 i celletall burde denne verdien vært over varselgrensen på 1,4, og helst opp mot 2. Gjennomsnitt maks konduktivitet til gruppene lå på 4,53 for de friske kyr, 4,57 for subkliniske kyr og 4,61 for kyr med klinisk mastitt, altså ingen stor forskjell mellom friske og subkliniske, eller mellom subkliniske og kliniske. Sammenlignet med tallene til Norberg et al. (2004a) på 5,3 for friske kyr, 5,75 for subkliniske kyr og 6,73 for kyr med klinisk mastitt, var forskjellene mye mindre.

Siden dagens mastittindikatorer i AMS ikke ser ut til å fungere optimalt synes det å være behov for å finne nye og bedre alternativer basert på celletall. Figur 19-26 viser stor variasjon i gjennomsnitt SCS for enkeltkyr gjennom en laktasjon. Celletallet varierer fra dag til dag og OCC-målinger fra hver melking gir store muligheter til å kartlegge disse variasjonene. Det strides om hvilke kyr som er best og som har det beste immunforsvaret når det kommer til å stå imot infeksjoner. Noen mener det er kyr som ligger lavt med lite variasjon i celletall som er best, slik som ku nr. 6313 og 6094 (figur 22 og 26). Andre mener det er de som har evne til å komme ned igjen i celletall av seg selv uten behandling som er de beste. Siden det er vanlig med celletall som går litt opp og ned, kan det være et godt tegn på at immunforsvaret fungerer dersom kua er raskt nede igjen etter et hopp i celletallet. Ku nr. 6085 (figur 25) er et godt eksempel på en ku som har et immunforsvar som fungerer godt. Med to tydelige topper i celletallet har kua i begge tilfeller gått ned igjen uten behandling. Mer ensidig seleksjon for lavt celletall kan ha negative konsekvenser. Coffey et al. (1986) fant at sterk seleksjon for lavt celletall alene kan gi kua dårligere immunrespons. Dette er ikke en ønsket effekt av seleksjonen da dette mest sannsynlig vil føre til flere tilfeller av klinisk mastitt som må behandles siden kua ikke klarer å løse problemet selv slik som ku nr. 6085.

Ku nr. 6042 er et eksempel på en ku som mest trolig blir subklinisk syk i løpet av laktasjonen (figur 23). Dette vises ut fra nivåforskjellen i celletall. Til sammenligning ser man nivåforskjellen i figur 17 for gruppene, hvor den subkliniske gruppen ligger høyere i celletall gjennom hele laktasjonen enn det den friske gruppen gjør.

Grupperingene av friske, syke og subkliniske kyr ble inspirert av De Haas et al. (2002) med en gruppe for friske kyr, uten klinisk mastitt og med få observasjoner over 250 000 celler/ml, og en gruppe for de med tilfeller av klinisk mastitt. Til forskjell ble det i denne oppgaven tatt med en gruppe for subkliniske kyr hvor grensen for å regnes som subklinisk ble satt til 50 observasjoner over 200 000 i celletall, litt lavere enn det De Haas brukte.

De Haas et al. (2002) konkluderte i sin avhandling at klinisk mastitt hadde stor innvirkning på celletallskurven. Dette stemmer godt med resultatene i denne oppgaven, som viser at kyr med ett eller flere tilfeller av klinisk mastitt gjennom laktasjonen ligger høyere i celletall. I De Haas et al. (2002) sin studie var det brukt test-dag celletallsprøver, og det var kun fem prøver

som ble inkludert. Derfor fikk De Haas en mye jevnere kurve gjennom laktasjonene enn det som er vist her, som viser stor spredning.

De Haas et al. (2004) fant også at det var forskjell mellom de ulike bakteriene som forårsaket mastitt. De ulike bakteriene kunne gi ulik form på toppene og enkelte bakterier ga økning i celletall før utbruddet av klinisk mastitt.

Siden indikatorer basert på konduktivitet ikke ser ut til å fungere optimalt blir det i fremtiden viktigere og viktigere med bedre indikatorer for å oppdage om kua holder på å bli syk nå når melkingene blir mer og mer automatiske. Å kassere mye melk eller utrangere dyr på bakgrunn av en indikator som for eksempel relativ konduktivitet eller MDi kan bli kostbart og man risikerer at utrangering av dyr skjer på feil grunnlag.

Siden OCC måler virkelig celletall har denne stor verdi ved utvikling av nye mastittindikatorer. Det er viktig med gode metoder for å varsle om eventuelle fare for mastitt i AMS siden det ikke er en fysisk person tilstede under melkingen for å kontrollere melken og juret, slik som det er i konvensjonelle melkestaller og båsfjøs. For å unngå en eventuell behandling med antibiotika og kanskje enda verre en helt ødelagt kjertel er det viktig å oppdage en mastitt tidlig.

Med de nye dataene på celletall er det utallige muligheter. Samtidig er dagens målingsmetode med OCC-måler litt for dyr til at den kommer til å bli tatt i bruk i stor skala på alle melkingene. Derfor trengs en billigere metode for å måle celletall direkte i melkeroboten ved hver melking, og aller helst på enkeltspener. Å hente celletall ut fra FTIR (Fourier Transformd Infra Red light) (Egger-Danner et al., 2015) på samme måte som blir gjort på laboratorium ved hjelp av spekterdata og infrarød analyse kan gi nye muligheter uten at det koster alt for mye dersom teknologien kan kobles rett melkestrømmen og utregningen bli gjort direkte i roboten.

Det er noen få som ha sett på OCC-data og brukt det til å regne ut nye indikatorer for mastitt. OCC har blitt brukt til å kalkulere «elevated mastitis risk» (EMR) verdier (Sorensen et al., 2016; Welderufael et al., 2017). OCC har også blitt brukt til å beregne en ku sin risiko for å bli syk (HD) og evne til å bli frisk igjen (DH). Welderufael et al. (2016) brukte OCC som bakgrunn for sin simuleringsstudie for å utvikle en modell for genetisk analyse av disse egenskapene. Welderufael et al. (2017) har også prøvd ut modelleringen av HD og DH på

virkelige OCC-data og fant arvbarhet på 0,06 og 0,08 for egenskapene, med en genetisk korrelasjon på -0,83. Dette viser at mastitt er flere egenskaper slik som motstandsevne, ikke smitte andre og evnen til å bli frisk igjen. Dette bør man ta høyde for når nye genetiske egenskaper for mastitt skal utvikles.

Nye egenskaper kan også utvikles ut fra formen på celletallskurven. Ut fra figur 19 kan det se ut til at kyr med klinisk mastitt kan bli oppdaget ut fra formen på celletallskurven og for de subkliniske kan nivået i celletallet være en indikator. Definisjon av subkliniske kyr er omdiskutert. Å sette en grenseverdi der kyr over en viss verdi defineres som subklinisk, slik som er gjort i denne oppgaven, er ikke optimalt. Derimot kan bruk av «Mixture model» (Odegard et al., 2005) være et alternativ. Der klassifiseres kyrne som syke eller friske ut fra blant annet celletallsnivåer.

Det er også mulig å identifisere dyr ut fra hvor stort fall de har etter en topp i celletallet. Hvor langt og bratt fallet er kan ha sammenheng med evnen til å bli frisk igjen. En kan tenke seg at antall topper i celletallskurven i løpet av en laktasjon og avstanden mellom toppene kan indikere hvor mottakelig kua er for smitte. Samtidig kan bredde på toppene beskrive hvor fort kua blir frisk igjen. Her er det mange muligheter for å utvikle nye egenskaper i avlsarbeidet.

En svakhet med dataene brukt i denne oppgaven er at de kun er fra en besetning med et begrenset antall kyr. Selv om det er et begrenset antall kyr er det veldig mange observasjoner per ku. Dette er en stor styrke og det gir store muligheter til å se på variasjon hos enkeltkyr både per dag og fra dag til dag. Den store genetiske forskjellen mellom linjene gjør det mulig å studere forskjeller som følge av seleksjon basert på relativt få dyr. En feilkilde i beregningene er at det kun er sett på sykdomstilfeller med behandlingskoder 303, 304, 305 og 310. Andre sykdomstilfeller som kan ha forekommet i løpet av laktasjonen er ikke tatt hensyn til. Dersom kua har hatt annen type sykdom kan det ha medført unormal melk og det kan ha påvirket både celletallet og de andre mastittindikatorene.

6.0 Konklusjon

Det var stor forskjell i antall mastitt-tilfeller og behandlinger per linje. Dette viser at avlen mot mastitt har fungert.

Resultatene viser at det er stor forskjell mellom linjene i celletall. Dette er en konsekvens av indirekte seleksjon som følge av seleksjonen for mindre mastitt og mer melk over mange år. Dette gir seg uttrykk i at HL ligger høyere enn FL i celletall. Samtidig viser det at vektleggingen av helseegenskaper i avlsmålet er viktig.

Sammenhengen mellom celletall og mastittindikatorene i dagens AMS er svak og det ser ikke ut til at nåværende mastittindikatorer fungere optimalt. Å måle celletall ved hjelp av OCC-måler er kostbart, og det trengs derfor enklere og billigere målemetoder for celletall.

Utfordringen nå er å utnytte slike nye data i besetningsstyring, men også for å definere nye egenskaper til bruk i avl mot mastitt.

7.0 Referanser

- Beilharz, R. G., Luxford, B. G. & Wilkinson, J. L. (1993). Quantitative genetics and evolution: Is our understanding of genetics sufficient to explain evolution? *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 110 (1-6): 161-170.
- Berglund, I., Pettersson, G. & Svennersten-Sjaunja, K. (2002). Automatic milking: effects on somatic cell count and teat end-quality. *Livestock Production Science*, 78 (2): 115-124. doi: 10.1016/s0301-6226(02)00090-8.
- Bobic, T., Mijic, P., Gregic, M. & Gantner, V. (2018). The differences in milkability, milk, and health traits in dairy cattle due to parity. *Mljekarstvo*, 68 (1): 57-63. doi: 10.15567/mljekarstvo.2018.0107.
- Bouvier-Muller, J., Allain, C., Enjalbert, F., Farizon, Y., Portes, D., Foucras, G. & Rupp, R. (2018). Somatic cell count-based selection reduces susceptibility to energy shortage during early lactation in a sheep model. *Journal of Dairy Science*, 101 (3): 2248-2259. doi: 10.3168/jds.2017-13479.
- Bratberg, E. (2009). *Melkerobot*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/melkerobot> (lest 25.10.2017).
- Coffey, E. M., Vinson, W. E. & Pearson, R. E. (1986). Potential of Somatic Cell Concentration in Milk as a Sire Selection Criterion to Reduce Mastitis in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 69 (8): 2163-2172. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80649-X.
- De Haas, Y., Barkema, H. W. & Veerkamp, R. F. (2002). The effect of pathogen-specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, 85 (5): 1314-1323. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74196-9.
- De Haas, Y., Veerkamp, R. F., Barkema, H. W., Grohn, Y. T. & Schukken, Y. H. (2004). Associations between pathogen-specific cases of clinical mastitis and somatic cell count patterns. *Journal of Dairy Science*, 87 (1): 95-105. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73146-X.
- De Mol, R. M., Keen, A., Kroeze, G. H. & Achten, J. (1999). Description of a detection model for oestrus and diseases in dairy cattle based on time series analysis combined with a Kalman filter. *Computers and Electronics in Agriculture*, 22 (2-3): 171-185. doi: 10.1016/s0168-1699(99)00016-2.

- Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H. & Weersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 53 (3): 237-252. doi: 10.1016/s0301-6226(97)00124-3.
- DeLaval. (2018a). *DeLaval online celletallsregner OCC*: DeLaval. Tilgjengelig fra: http://www.delaval.no/ImageVaultFiles/id_6950/cf_5/Celletallsregner_OCC-_web.PDF (lest 23.10.2017).
- DeLaval. (2018b). *DeLaval Online celletalsmåler OCC*. felleskjøpet.no: Felleskjøpet. Tilgjengelig fra: https://katalogbilder.felleskjopet.no/medias/sys_master/celum_assets/Hva_er_en_OCC_20973-6.pdf?2&_ga=2.102702338.20543508.1515226672-345650157.1507371945 (lest 06.01.2018).
- Egger-Danner, C., Cole, J. B., Pryce, J. E., Gengler, N., Heringstad, B., Bradley, A. & Stock, K. F. (2015). Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. *Animal*, 9 (2): 191-207. doi: 10.1017/s1751731114002614.
- Emanuelson, U. & Persson, E. (1984). Studies on somatic-cell counts in milk from swedish dairy-cows.1. Non-genetic causes of variation in monthly test-day results. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34 (1): 33-44. doi: 10.1080/00015128409436179.
- Emanuelson, U., Danell, B. & Philipsson, J. (1988). Genetic-parameters for clinical mastitis, somatic-cell counts, and milk-production estimated by multiple-trait restricted maximum-likelihood. *Journal of Dairy Science*, 71 (2): 467-476. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79576-4.
- Fernando, R. S., Rindsig, R. B. & Spahr, S. L. (1982). Electrical-conductivity of milk for detection of mastitis. *Journal of Dairy Science*, 65 (4): 659-664.
- Fernando, R. S. & Spahr, S. L. (1983). Effects of milking interval on selected milk constituents from normal and infected quarters. *Journal of Dairy Science*, 66 (5): 1155-1161. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)81912-2.
- Geno. (2016). *Jurhelse*. geno.no: Geno. Tilgjengelig fra: <https://www.geno.no/Start/Avl/Avlsmal/Egenskapene-i-avlsmalet1/jurhelse/> (lest 04.01.2018).

- Grossman, M., Hartz, S. M. & Koops, W. J. (1999). Persistency of lactation yield: A novel approach. *Journal of Dairy Science*, 82 (10): 2192-2197. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75464-0.
- Haile-Mariam, M., Goddard, M. E. & Bowman, P. J. (2001). Estimates of genetic parameters for daily somatic cell count of Australian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84 (5): 1255-1264.
- Haug, I. & Rønningen, O. (2010). Melkesystem, melke kvalitet og kvote. *Buskap*, 3-2010: 62-64.
- Henning, K. S. (2015). Use of the measuring sensors in automatic milking for the detection of mastitis in agricultural practice. *Masteroppgave Universitetet Hohenheim*.
- Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Ruane, J. (1999). Clinical mastitis in Norwegian cattle: Frequency, variance components, and genetic correlation with protein yield. *Journal of Dairy Science*, 82 (6): 1325-1330.
- Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Ruane, J. (2000). Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. *Livestock Production Science*, 64 (2-3): 95-106. doi: 10.1016/s0301-6226(99)00128-1.
- Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Steine, T. (2003). Selection responses for clinical mastitis and protein yield in two Norwegian Dairy Cattle selection experiments. *Journal of Dairy Science*, 86 (9): 2990-2999. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73897-1.
- Heringstad, B., Chang, Y. M., Gianola, D. & Klemetsdal, G. (2004). Multivariate Threshold Model Analysis of Clinical Mastitis in Multiparous Norwegian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 87 (9): 3038-3046. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73436-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73436-0).
- Heringstad, B. (2006). Seleksjonsforsøket med NRF. *Buskap*, 4-2006.
- Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Steine, T. (2007). Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian red cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (5): 2419-2426. doi: 10.3168/jds.2006-805.
- Heringstad, B., Sehested, E. & Steine, T. (2008). Short Communication: Correlated Selection Responses in Somatic Cell Count from Selection Against Clinical Mastitis. *Journal of Dairy Science*, 91 (11): 4437-4439. doi: 10.3168/jds.2008-1330.
- Heringstad, B. (2010). Friske og fruktbare kyr. *Buskap*, 5-2010.

- Heringstad, B. & Larsgard, A. G. (2010). Correlated selection responses for female fertility after selection for high protein yield or low mastitis frequency in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (12): 5970-5976. doi: 10.3168/jds.2010-3399.
- Heringstad, B. (2014). Avl for redusert antibiotikabruk. *Buskap*, 4-2014: 12-13.
- Hettasch, T. (2017). *Hvordan oppnå best melke kvalitet i besetninger med melke robot?* Tine Medlem: Tine SA. Tilgjengelig fra:
<https://medlem.tine.no/fagprat/mj%C3%B8lkekvalitet/hvordan-oppn%C3%A5-best-melke kvalitet-i-besetninger-med-melke robot> (lest 30.01.18).
- Hovinen, M., Aisla, A. M. & Pyorala, S. (2006). Accuracy and reliability of mastitis detection with electrical conductivity and milk colour measurement in automatic milking. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 56 (3-4): 121-127. doi: 10.1080/09064700701216888.
- Hovinen, M. & Pyorala, S. (2011). Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science*, 94 (2): 547-562. doi: 10.3168/jds.2010-3556.
- Ingvartsen, K. L. & Andersen, J. B. (2000). Integration of Metabolism and Intake Regulation: A Review Focusing on Periparturient Animals. *Journal of Dairy Science*, 83 (7): 1573-1597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75029-6.
- Jakobsen, J. H., Rekaya, R., Jensen, J., Sorensen, D. A., Madsen, P., Gianola, D., Christensen, L. G. & Pedersen, J. (2003). Bayesian estimates of covariance components between lactation curve parameters and disease liability in Danish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 86 (9): 3000-3007. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73898-3.
- Jøsang, D. I. (2017). *Antallet melke roboter øker i Norge*. Norsk Landbruk. Tilgjengelig fra:
<http://www.norsklandbruk.no/nyhet/antallet-melke roboter-oket-i-norge/> (lest 05.04.2018).
- Kamidi, R. E. (2005). A parametric measure of lactation persistency in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 96 (2-3): 141-148. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.11.042.
- Katoh, N. (2002). Relevance of Apolipoproteins in the Development of Fatty Liver and Fatty Liver-Related Peripartum Diseases in Dairy Cows. *Journal of Veterinary Medical Science*, 64 (4): 293-307. doi: 10.1292/jvms.64.293.

- Knappstein, K. & Reichmuth, J. (2000). *Detection of clinical mastitis during automatic milking using data on milk electrical conductivity and yield*. Robotic Milking. Wageningen: Wageningen Acad Publ.
- Koeck, A., Miglior, F., Kelton, D. F. & Schenkel, F. S. (2012). Alternative somatic cell count traits to improve mastitis resistance in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 95 (1): 432-439. doi: 10.3168/jds.2011-4731.
- Lindstrom, U. B., Kenttamies, H., Arstila, J. & Tuovila, R. (1981). Usefulness of cell counts in predicting bovine mastitis. . *Acta Agriculturae Scandinavica*, 31 (2): 199-203. doi: 10.1080/00015128109435317.
- Milner, P., Page, K. L., Walton, A. W. & Hillerton, J. E. (1996). Detection of clinical mastitis by changes in electrical conductivity of foremilk before visible changes in milk. *Journal of Dairy Science*, 79 (1): 83-86. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76337-3.
- Morris, C. A. & Wilton, J. W. (1976). Influence of body size on biological efficiency of cows - Review. . *Canadian Journal of Animal Science*, 56 (4): 613-647. doi: 10.4141/cjas76-076.
- Mrode, R. A. & Swanson, G. J. T. (1996). Genetic and statistical properties of somatic cell count and its suitability as an indirect means of reducing the incidence of mastitis in dairy cattle. *Anim. Breed. Abstr.* 64: 847-857.
- Myllys, V., Asplund, K., Brofeldt, E., Hirvela-Koski, V., Honkanen-Buzalski, T., Junttila, J., Kulkas, L., Myllykangas, O., Niskanen, M., Saloniemi, H., et al. (1998). Bovine mastitis in Finland in 1988 and 1995 - Changes in Prevalence and Antimicrobial Resistance. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 39 (1): 119-126.
- Norberg, E., Hogeveen, H., Korsgaard, I. R., Friggens, N. C., Sloth, K. & Lovendahl, P. (2004a). Electrical conductivity of milk: Ability to predict mastitis status. *Journal of Dairy Science*, 87 (4): 1099-1107.
- Norberg, E., Odegard, J. & Madsen, P. (2004b). Comparison of variance components for test-day electrical conductivity of milk and test-day somatic cell score for first lactation cows in an experimental herd. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 54 (4): 181-186. doi: 10.1080/09064700410010035.

- Norberg, E., Rogers, G. W., Goodling, R. C., Cooper, J. B. & Madsen, P. (2004c). Genetic parameters for test-day electrical conductivity of milk for first-lactation cows from random regression models. *Journal of Dairy Science*, 87 (6): 1917-1924.
- Norberg, E. (2005). Electrical conductivity of milk as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review. *Livestock Production Science*, 96 (2-3): 129-139. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.12.014.
- Norberg, E., Rogers, G. W., Odegard, J., Cooper, J. B. & Madsen, P. (2006). Short communication: Genetic correlation between test-day electrical conductivity of milk and mastitis. *Journal of Dairy Science*, 89 (2): 779-781. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72139-7.
- Nybø, K. (2013). Overvåkning av jurhelse. *Buskap*, 8-2013: 58-60.
- Odegard, J., Heringstad, B. & Klemetsdal, G. (2004). Short communication: Bivariate genetic analysis of clinical mastitis and somatic cell count in Norwegian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87 (10): 3515-3517.
- Odegard, J., Madsen, P., Gianola, D., Klemetsdal, G., Jensen, J., Heringstad, B. & Korsgaard, I. R. (2005). *Use of SCC in genetic selection for reduced incidence of mastitis: A mixture model approach*. Mastitis in Dairy Production: CURRENT KNOWLEDGE AND FUTURE SOLUTIONS. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K. & Knight, C. H. (2011). Relationships between milking frequency, lactation persistency and milk yield in Swedish Red heifers and cows milked in a voluntary attendance automatic milking system. *Journal of Dairy Research*, 78 (3): 379-384. doi: 10.1017/s0022029911000471.
- SAS. (2002-2012). *SAS 9.4 (Cary, NC, USA, SAS Institute Inc)*.
- Sheldrake, R. F., McGregor, G. D. & Hoare, R. J. T. (1983). Somatic-cell count, electrical-conductivity, and serum-albumin concentration for detecting bovine mastitis. *Journal of Dairy Science*, 66 (3): 548-555. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)81824-4.
- Sorensen, A., Muir, D. D. & Knight, C. H. (2008). Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of Dairy Research*, 75 (1): 90-97. doi: 10.1017/s0022029907002944.

- Sorensen, L. P., Bjerring, M. & Lovendahl, P. (2016). Monitoring individual cow udder health in automated milking systems using online somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 99 (1): 608-620. doi: 10.3168/jds.2014-8823.
- Tine. (2010). *Celletal*: Tine Rådgiving, Helsetjenesten for storfe. Tilgjengelig fra: <http://storfehelse.tine.no/jurhelse/celletal> (lest 25.10.2017).
- Urioste, J. I., Franzen, J., Windig, J. J. & Strandberg, E. (2012). Genetic relationships among mastitis and alternative somatic cell count traits in the first 3 lactations of Swedish Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 95 (6): 3428-3434. doi: 10.3168/jds.2011-4739.
- Vangen, O. (2009). *Melkekurve*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/melkekurve> (lest 31.01.18).
- Weber, C., Hametner, C., Tuchscherer, A., Losand, B., Kanitz, E., Otten, W., Singh, S. P., Bruckmaier, R. M., Becker, F., Kanitz, W., et al. (2013). Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (1): 165-180. doi: 10.3168/jds.2012-5574.
- Welderufael, B. G., de Koning, D. J., Janss, L. L. G., Franzen, J. & Fikse, W. F. (2016). Simultaneous genetic evaluation of simulated mastitis susceptibility and recovery ability using a bivariate threshold sire model. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 66 (3): 125-134. doi: 10.1080/09064702.2016.1275761.
- Welderufael, B. G., Janss, L. L. G., de Koning, D. J., Sorensen, L. P., Lovendahl, P. & Fikse, W. F. (2017). Bivariate threshold models for genetic evaluation of susceptibility to and ability to recover from mastitis in Danish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (6): 4706-4720. doi: 10.3168/jds.2016-11894.
- Wetlesen, M. S. (2014). Analyse av melkerobotdata på Norsk Rødt Fe (NRF) i seleksjonsforsøk og gamle norske kuraser. *Masteroppgave NMBU*.
- Wiggans, G. R. & Shook, G. E. (1987). A Lactation measure of somatic-cell count. *Journal of Dairy Science*, 70 (12): 2666-2672. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80337-5.
- Østerås, O. & Lystad, M. L. (2001). Jurhelse. *Helsetjenesten for storfe*.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway