



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for Biovitenskap

Arvegrader og estimerte avlsverdier for hanndyrfruktbarhet hos Norsk Rødt Fe

Heritability and estimated breeding values for male
fertility traits in Norwegian Red

Silje Eftang
Husdyrvitenskap

Forord

Interessen for avl og genetikk har vært tilstede nesten like lenge som dyreinteressen. Både under tidligere studier og på fritiden er det avl og reproduksjon som fenger. I dag er det heste- og hundeoppdrett som er i fokus på hjemmebane.

Viktigheten av hunn- og hanndyrfruktbarhet er svært relevant i alle former for avl, enten man driver på hobbyplan eller i en stor virksomhet som Geno. Hanndyrfruktbarhet er av litt mer universell karakter sammenliknet med hunndyrfruktbarhete. Det er i hovedsak spermiekvalitet som er i fokus, samt egenskapene libido og ridelyst.

Det var en stor ære å få lov til å se på Geno sine andrologidata samlet på teststasjonen på Øyer gjennom flere år. Jeg har fått lov til å fordype meg i 25 år med oppsamlede data som ingen har gjort noe med tidligere. Dette har vært utrolig spennende og ikke minst svært lærerikt.

Jeg vil rette en stor takk til min hovedveileder Bjørg Heringstad i Geno/NMBU, som har bistått med utrolig mye tålmodighet, latter og god hjelp for å få sortert og analysert datamaterialet. Medveileder professor Gunnar Klemetsdal, ved NMBU, skal også ha en stor takk. Det var han som fortalte om potensialet som kunne ligge i dataene, og som hadde en visjon for hva vi kunne bruke det til. I tillegg har medveileder Elisabeth Kummisrud ved HiH, tidligere i Geno, og Eiliv Kummen, veterinær ved Øyer, bistått med faglig kompetanse og innspill ved bearbeiding av datasettet. En stor takk til dere også!

Både samboeren min, Kjell-Erik, og vår datter Jenny fortjener en stor klem. Han for alt det ekstra han har måtte gjøre både med dyr og hjem når jeg har vært opptatt med oppgaven, og Jenny fordi hun har måtte avse kvalitetstid med mamma som til tider har vært opptatt foran dataen eller på biblioteket. Uten dere to hadde jeg ikke klart dette!

Ås, mai 2017

Silje Eftang

Sammendrag

Norsk Rødt Fe er kjent for sitt brede avlsmål over tid som i dag har gjort rasen kjent for god helse og god fruktbarhet, også på verdensbasis. Hunndyrfruktbarhet har vært en viktig del av avlsarbeidet siden slutten av 1970-tallet. Når det gjelder hanndyrfruktbarhet har det foregått en seleksjon basert på fenotype for spermiekvalitet samt ridelyst. Ved å bruke innsamlede data fra NRFs teststasjon var målet å beregne arvegrader for de ulike andrologiske egenskaper som ble registrert. Videre ønsker vi å estimere avlsverdier for de ulike egenskapene og se etter genetiske trender over år. Dette hadde ikke blitt gjort tidligere.

I dette studiet har det blitt sett på data for hanndyrfruktbarhet innsamlet fra 22.februar 1992 til 16.januar 2017. Dataene er observasjoner gjort på Øyer teststasjon, hvor NRFs unger blir fenotypegransket. Etter begrensning besto datasettet av 16293 observasjoner, fordelt på 3924 unger. Det var 27437 individer med i slektskapsfilen. Det ble sett på 13 hanndyrfruktbarhetsegenskaper: volum, tetthet, andrologisk vurdering, motilitet i fersk prøve (%), motilitet i prøve etter 24 timer (%), motilitet i prøve etter 48 timer (%), motilitetskoder for fersk prøve, for prøve etter 24 timer og for prøve etter 48 timer, spermiedefekter, ridelystkode, støtkode samt utskaftingskode. Det ble beregnet arvegrad, gjentaksgard og permanent miljøvarians for alle egenskapene, med unntak av spermiedefekter.

Det ble estimert lave (0,004) til moderate (0,14) arvegrader for egenskapene. Egenskapene som fikk lave arvegrader var støtkode (0,007) og utskaftingskode (0,004). Egenskapene med høyest arvegrad var motilitet i fersk prøve (%) (0,14) og volum (0,13). Arvegradene var noe lavere enn det som er funnet i tidligere studier og det kan skyldes at det er mindre varians for egenskapene når oksene er så unge (10-14 måneder). Genetisk trend ble beregnet som gjennomsnitt avlsverdi per fødselsår for oksene med observasjoner. Man så variasjon gjennom år, men kunne ikke se noen avlsfremgang. Dette studiet viser at det potensiale i dataene som er samlet inn, slik at man for fremtiden kan ta nytte av dette ved å selektere for hanndyrfruktbarhet ved hjelp av estimerte avlsverdier, også ved genomisk seleksjon. En slik framgang vil kunne være svært nyttig og ikke minst kostnadseffektiv.

Abstract

Norwegian Red (NR) is well known for a broad breeding goal, resulting in world wide popularity due to well documented health and fertility traits. Female fertility has been part of NR's breeding goal since late 1970. Regarding male fertility there has been a phenotypic selection based on the bulls sperm quality and libido. The aim of this study was to estimate heritability and breeding values for male fertility traits based on data from NR's test-station for young bulls. Genetic trends were also calculated, none of this had been done before.

The data was observations of young bulls at Øyer teststation in Norway, collected from 22 of February 1992 until 16 of January 2017. After editing and quality control the dataset consisted of 16293 observations on a total of 3924 young bulls. The pedigree file consisted of 27437 animals. A total of 13 different male fertility traits were evaluated: volume, density, andrological evaluation score, motility in fresh ejaculate in %, motility in ejaculate after 24 hours in %, motility after 48 hours in %, motility score for fresh ejaculate, motility score after 24 and after 48 hours, sperm defects, and finally the codes for mounting eagerness, the penile protrusion and the propulsion. Variance components, heritability, repeatability and permanent environment variance were estimated for all traits, except for the sperm defects.

Heritability estimates were low (0.004) to moderate (0.14) for the traits. The low heritability traits were 1) code for the penile protrusion (0.004) and 2) the propulsion (0.007). The traits with highest heritability were volume (0.13) and motility in ejaculate after 48 hours in % (0.14). Heritability was lower than found in previous studies, which can be due to the young age of the bulls (10-14 months of age) which may decrease the variance of the traits. Genetic trend was calculated as the mean of the estimated breeding values by year of birth of the bulls with observations. There was observed yearly variations but no obvious genetic gain.

This study shows a potential in the data, and brings hope for the future to make changes for the selection strategy. It could be possible in the future to select bulls based on their estimated breeding values for the male fertility traits, and later also genomic selection for these traits will be available. If so, there would be a good way to get genetic gain and it would be very economical.

Innhold

| | |
|--|----|
| 1.0 Innledning | 1 |
| 2.0 Teori hanndyrfruktbarhet | 3 |
| 2.1 Dagens avlsarbeid for hanndyrfruktbarhet hos NRF | 3 |
| 2.2 Andrologiske QTL`er | 4 |
| 2.3 Fruktbarhetsdelesjon | 4 |
| 2.4 Alder ved tapping | 5 |
| 2.5 Tappehyppighet | 5 |
| 2.6 Tidligere artikkel om hanndyrfruktbarhet hos NRF | 6 |
| 2.7 Testikkel omkrets og kjønnsdrift | 6 |
| 3.0 Materiale og metode | 8 |
| 3.1 Datamateriale | 8 |
| 3.2 Beskrivende statistikk og utvalgsriterier | 10 |
| 3.3 Definisjon av egenskapene | 12 |
| 3.4 Modell | 19 |
| 4.0 Resultater | 22 |
| 4.1 Løsninger for faste effekter | 22 |
| 4.2 Varianskomponenter og arvegrader | 23 |
| 4.3 Avlsverdier og genetisk trend | 25 |
| 4.4 Topp ti okser på hanndyrfruktbarhet | 28 |
| 5.0 Diskusjon | 30 |
| 6.0 Konklusjon | 35 |
| 7.0 Litteratur | 36 |

1.0 Innledning

Norsk Rødt Fe (NRF) er den mest dominerende melkekurasen i Norge. Den er kjent for god melkeytelse, god helse og god fruktbarhet. De to sistnevnte egenskapene er kanskje det som gjør NRF så ettertraktet på verdensbasis. Allerede på slutten av 1970-tallet kom egenskapene fruktbarhet og helse inn i avlsmålet (Geno, 2016-a). Takket være god avlsplanlegging og brede avlsmål er NRF er robust rase som presterer på verdensnivå. I dag eksporteres det NRF-sæd til over 30 land.

Hanndyrfruktbarhet er en egenskap det har vært relativt lite fokus på i avlsarbeidet hos NRF og avlsplanlegging hos storfe generelt. Seleksjonen består i dag av at ungekser med redusert fruktbarhet og ridelyst har blitt sortert ut på teststasjon og utelukket fra avl.

På tross av gode registreringer av data gjennom mange år har det aldri blitt regnet ut arvegrader eller avlsverdier for hanndyrfruktbarhet hos NRF basert på ungeksedata. Derfor har man heller ikke fått kontrollert om denne formen for seleksjon har vært effektiv nok. Utenlandske studier viser at det er en relativt høy arvbarhet for enkelte fruktbarhetsparametere, for eksempel motilitet som har vist seg å ha en arvegrad opp mot 0,60 (Druet et al., 2009), mens egenskaper som ejakulatvolum og spermiekonsentrasjon har vist seg å ha lavere arvegrader, rundt 0,32-0,33.

Ved Genos teststasjon på Øyer har det i en årrekke blitt tatt ut spermieprøver av samtlige ungekser etter at de har bestått fenotypetest, med potensiale for å bli fremtidige seminokser. Det unike med datamaterialet i denne oppgaven er at det tar for seg et uselektert oksemateriale, noe som skiller det ut fra andre studier. Dette vil kunne gi seg utslag i andre arvegrader enn det som er funnet tidligere i utenlandske studier. I årene 2001-2012 var det satt av ekstra midler for fokus på registrering av andrologiske data, det er derfor noe flere observasjoner i denne perioden (Pers.com. Eiliv Kummen).

I løpet av 2016 innførte Geno en gradvis overgang til utvalg av okser basert på genomisk seleksjon (GS) (Geno 2017-a). Basert på at dette nå er utvalgsmetoden av fremtidens avlsokser vil det åpne seg nye dører og et mulig behov for å kunne sortere ut individer allerede på kalvestadiet som trolig vil ha dårlig spermiekvalitet. Dersom man klarer å finne genetiske markører for noen av egenskapene for hanndyrfruktbarhet kan man beregne genomiske avlsverdier for fruktbarhetsegenskapene hos hanndyr. Dette vil være av økonomisk betydning

for Geno, da oksekalvene med dårlig fertilitet ellers ville tatt opp plasser for mer fertile oksekalver. Derfor vil arvegradene og de genetiske trendene vi får i denne oppgaven være av interesse for Geno.

På hunddyrsiden i NRF er avlsarbeidet kommet svært langt, og er trolig ledende i verden med tanke på fruktbarhet. Dette vil også sette begrensninger på at man snart kanskje ikke kan hente inn mer der. Det vil uansett kunne være økonomisk vinnende å se på hanndyrfruktbarhet, både med tanke på avlsplanlegging og ved innkjøp av kalver, dersom man i fremtiden kan få SNP for hanndyrfruktbarhet. Da vil man allerede når kalven blir født, vite noe om spermiekvalitet og ridelyst.

Målet med oppgaven var å bruke innsamlede data fra NRFs teststasjon på Øyer til å regne arvegrader for ulike andrologiske egenskaper. Dette har ikke blitt gjort tidligere. Det var også et mål å estimere avlsverdier for de ulike egenskapene, samt å se utviklingen av de genetiske trendene over år. Estimerte avlsverdier for fruktbarhet for oksene vil kunne være et nyttig verktøy ved fremtidig utvelgelse av seminokser. Særlig fordi det vil være med på å skape en positiv trend for hanndyrfruktbarhetsegenskapene i avlsplanleggingen, og det kan veies opp mot andre kriterier som ligger til grunn for om den enkelte okse skal gå videre til semin. Ved valg mellom to halvbrødre vil en indeks-verdi for hanndyrfruktbarhet være av interesse.

2.0 Teori hanndyrfruktbarhet

2.1 Dagens avlsarbeid for hanndyrfruktbarhet hos NRF

Hvert år kjøper Geno inn kalver som fremstår som egnede kandidater for fremtidig NRF avl. Utvelgelsen skjer på populasjonsnivå, ved at det gjennom avlsplanlegging på besetningsnivå legges til rette for at det skal fødes gode kalver. Ved hver avlsverdiregning velges det ut kalver basert på forventet avlsverdi utregnet av foreldremiddelsverdien, dette kalles utlisting. Tidligere ble det beregnet avlsverdier 4 ganger i året. Etter at GS ble innført gjøres dette kontinuerlig hver 3. uke. Antall kalver som utlistes varierer fra måned til måned, da det i Norge fødes langt flere kalver om høsten enn ellers i året. For at en kalv skal utlistes kreves det at den må ha en NRF far. Det stilles et minimumskrav til kalvens avlsverdi (gjennomsnitt av mor og far) og foreldrenes slektskapsindeks, som i gjennomsnitt ikke må være høyere enn -25. Kalvens mor skal heller ikke ha fått hormonbehandling i forbindelse med eggstokkcyster og/eller brunstmangel. For å begrense antall okseavkom etter de beste oksene og som i tillegg er brukt mye, settes det strengere krav til disse avkommene. De må generelt sett ha en enda høyere avlsverdi for å bli utlistet. (Geno 2017-b).

Fra og med høsten 2016 ble genomisk seleksjon (GS) tatt i bruk av Geno (Geno 2017-a). Dette vil medføre en noe lavere sikkerhet, men til gjengjeld vil generasjonsintervallet bli betraktelig redusert. I praksis innebærer dette av oppdrettere av «interessante kalver», basert på mor og fars avlsverdi, får tilsendt utstyr for å få tatt DNA prøve av kalven. Dette gjøres ved at en svaber gnis i nesehulen til kalven, hvor det da blir avsatt DNA-materiale fra kalven på svaberen, som igjen blir sendt til Geno for analyse. Analysen vil kunne gi svar på kalvens genetiske anlegg for horn; homozygot kollet (KK), homozygot hornet (HH) eller heterozygot kollet (HK), om kalven er bærer av rekegenet og anlegg for ulike kaseingen-varianter (Geno 2015-a). Geno uttrykker at de ønsker å gå mot en kollet populasjon, og at antall kollede dyr øker (Geno 2014).

For å bli utvalg til semin må oksene oppfylle visse kriterier, blant annet inneha en viss avlsverdi, ha et godkjent eksteriør, en godkjent slektskapsindeks og et godt lynne. Når det gjelder fruktbarhetsparameter er kravet at de innehar ridelyst og minimum karakteren 3 for sædkvalitet (0-5). (Geno 2016-b).

I en periode på litt over 10 år (2001-2012) ble det satt inn ekstra ressurser for å samle inn mer andrologiske data fra ungoksene på Øyer. Det ble blant annet registrert vekt ved ulik alder, som kunne settes opp mot tidspunkt for andrologiske observasjoner. (Pers.com. Eiliv Kummen). Det

ble i 2009-2010 også investert i et nyere photometer, som har gitt mer nøyaktige data for spermie egenskapen tetthet.

2.2 Andrologiske QTL`er

Druet et al. (2009) så etter QTL for hanndyr fertilitet. Det var 515 okser med i forsøket, fra ti ulike familier, og ejakulatene deres ble fenotypisk undersøkt for ulike egenskaper. Disse egenskapene var blant andre volum, spermie konsentrasjon, antall spermatozoer, motilitet, prosentandel motile spermier etter tining og unormale spermier (spermiedefekter). De fant det elleve QTL`er lokalisert på 7 ulike kromosomer, hvorav tre QTLer relatert til unormal spermieforekomst var signifikante.

2.3 Fruktbarhetsdelesjon

Selv om fruktbarhetsdelesjon ikke er en vesentlig del av materialet i denne oppgaven, føles det allikevel riktig å ta med noe teori rundt temaet, da det er en del av avlsarbeidet som gjøres på hanndyrfruktbarhet i Norge. Ikke minst så påvirker det utvelgelsen av potensielle seminkandidater. (Geno 2015-b).

Fruktbarhetsdelesjon, en BTA 12-delesjon, ble oppdaget av Kadri et al. (2014). De fant ved hjelp av Quantitative Trait Locus (QTL) at det var en mutasjon, en 660-delesjon, over 4 gener på kromosom 12. Delesjonen er ressesiv, og forårsaker fosterdød i homozygot forekomst. Dette innebærer i praksis at det kun vil kunne oppstå fosterdød hvis både ku og okse som er heterozygot bærere pares. Ved slike kombinasjoner vil det oppstå lavere drektighetsprosent. På tross av den negative innvirkningen på fruktbarheten er denne mutasjonen relativt utbredt i de nordiske røde rasene; Finsk Ayrshire, Dansk Rød, Svensk Rød og Norsk Rødt Fe. Årsaken til utbredelsen er i hovedsak mutasjonens positive korrelasjon med melkemengde og melkekomposisjon, samtidig som bruk av inseminering har gitt økt innavl i rasene og gjort at mutasjonen har kunnet spre seg i hele populasjonen. Kadri et al fant at delesjonen hadde en signifikant effekt på nedsatt fruktbarhet, og at den kunne være årsaken til 20 % embryodød før dag 35 etter inseminering, og hele 79 % ved dag 150 etter inseminering. De konkluderer med at fruktbarhetsdelesjon forårsaker fosterdød mellom første og femte måned av drektigheten hos foster som er homozygote (Kadri et al, 2014).

I 2014 ble kalver vurdert til innkjøp av Geno DNA-testet for fruktbarhetsdelesjon. Det viste seg at 21 % av kalvene testet positivt for mutasjonen. Det oppgis at det kan ha forekommet noen falsk positive resultater da testen ikke er helt eksakt. Basert på DNA-analyser av eliteokser så langt bak i tid som mulig, anslås det at delesjonen har hatt et omfang på mellom 10-45 % av oksene per årgang. I november 2015 anslo Geno at det var rundt 140 okser som var bærere av delesjonen på Øyer og i venteokseanleggene. (Geno, 2015-b)

2.4 Alder ved tapping

Fuerst-Waltl et al. (2006) så på effekt av alder samt andre utvalgte miljøfaktorer på spermieproduksjon og spermiekvalitet hos østeriske Simmental okser godkjent for AI, ved to ulike seminestasjoner. Oksene i deres forsøk var delt inn i 8 aldersgrupper fra 16 måneder og opp til >72 måneder. De fant at alders klassene var signifikante ($P < 0.001$) for egenskapene volum, tetthet samt prosent levende spermier ved begge seminestasjonene som var med i forsøket. Ved den ene seminestasjonen var alders klasse også signifikant for det totale antall spermier i ejakulatet, men ved den andre seminestasjonen var aldersklassene signifikante for motilitet. Resultatet viste at ejakulatvolumet økte med alder. Ved den ene seminestasjonen var volum høyest for oksene over 72 måneder, mens ved den andre seminestasjonen begynte volumet å minke igjen hos de eldste oksene. Den samme trenden gjaldt også for egenskapen totalt antall spermier per ejakulat. Når det kom til effekten av alder på de andre parameterne, var det noe mer ulikt mellom de to stasjonene og det ble vanskelig å anslå noen trender, bortsett fra en svak trend for egenskapen motilitet som kunne se ut til å bli redusert med økende alder.

2.5 Tappehyppighet

Fuerst-Waltl et al (2006) fant effekt av tappehyppighet. Det var en signifikant effekt ($P < 0.001$) av første tappedose med tanke på høyere ejakulat volum, tetthet og totalt antall spermier per ejakulat. Motilitet ble ikke påvirket av hvilket tappe omgang det var. De fant også at ved å øke tiden mellom hver tapping økte både ejakulat volumet og det totale antall spermier per ejakulat signifikant ($P < 0.05$ til $P < 0.001$). Tappehyppighet mellom 4-9 dager var gunstig med tanke på tetthet ($P < 0.10$) og tappehyppighet mellom 1-6 dager var gunstig for prosent levende spermier i ejakulatet ($P < 0.001$).

2.6 Tidligere artikkel om hanndyrfruktbarhet hos NRF

Graffer et al (1988) undersøkte data fra midten av 1978 og ut 1984 for blant annet å se på effekten av seminstasjon på antall godkjente og forkastede spermiedoser samt totalt produserte doser per okse. Materialet var basert på data fra 791 okser godkjent for AI, etter 46 fedre. Oksene var stasjonert på seminstasjonene Hallstein gård ved Trondheim og på Store Ree gård ved Hamar. År, sesong og antall måneder oksene var i produksjon på seminstasjonen var faste effekter i modellen. Det kan se ut til at stamtavlen kun har bestått av de 46 fedrene samt de andre oksene i materialet, slik at arvegrader og genetiske korrelasjoner har blitt basert på halvsøsken og far slektskap. De fant en arvegrad på 0,34 for parameteret produserte godkjente spermiedoser, arvegrad 0,15 for egenskapen forkastede spermiedoser og en arvegrad på 0,23 for parameteret total antall produserte spermiedoser. I tillegg fant de at oksens far hadde en signifikant effekt på samtlige av de tre parameterne som ble undersøkt. De så også en trend i økt antall godkjente doser over år. Dette mente de kunne være et resultat av at seleksjonen fungerte ved at okser med dårlig spermiekvalitet, underutviklede testikler eller dårlig kjønnsdrift ble utelukket fra avl. Disse kriteriene var blitt innført i 1970, og i løpet av de 10 første årene hadde 200 ellers godkjente okser blitt utelukket for avl basert på nevnte mangler. Graffer et al nevner også at en markant økning av antall produserte doser på 80-tallet kan være et resultat av justeringer ved fotometeret ved seminstasjonene, samt noen endrede rutiner ved spermie evalueringene. De konkluderer med at videre fenotypisk seleksjon for egenskapen: antall produserte godkjente spermiedoser fortsatt vil være gunstig med tanke på den relativt høye arvegrad og at egenskapen har en høy negativ genetisk korrelasjon med egenskapen forkastede spermiedoser.

2.7 Testikkel omkrets og kjønnsdrift

Testikkel størrelse er en egenskap som er sterkt korrelert med daglig spermiemengde tappet. Det er uvisst om NRF har hatt et minimumskrav til pungomkrets, men det opplyses ikke om at dette er noe krav på hjemmesiden deres.

I litteraturen er det mange artikler som påpeker viktigheten av et visst minimumsmål for pungomkretsen relatert til alder. I tillegg til at testiklene skal være passe faste og mulig å bevege i pungen, ønskes det altså også en minimums omkrets ut i fra oksens alder for optimal produksjon. Hos en ett år gammel okse ønskes pungomkretsen på minimum 32 cm, ved to års

alder ønskes den på minimum 34 cm og eldre enn to år ønskes omkretsen på over 38 cm, forutsatt at testiklene ellers er normale (Noakes et al., 2009).

Knights et al. (1984) så på arvegrader og korrelasjoner mellom vekst og fruktbarhetsmål hos ett år gamle Angus okser. De fant generelt noe lavere arvegrader på fruktbarhetsegenskapene enn det som var funnet tidligere, men de fant en arvegrad på pungomkrets på 0,36. De fant lave korrelasjoner mellom fruktbarhetsparameterne og vekstparameterne, men de fant at pungomkretsen hadde en høy fenotypisk korrelasjon (0,26) og en enda høyere genotypisk korrelasjon (0,68) med ett års vekten.

Penny (2006) antyder at okser som ikke har nådd visse minimumsmål for pungomkrets vil ha lavere spermiekvalitet. Videre mener han at okser med små testikler i bestefall kunne produsere mindre mengder spermier, men at de i verstefall er sterile grunnet hypoplasi og undervikling av de spermieproduserende cellene.

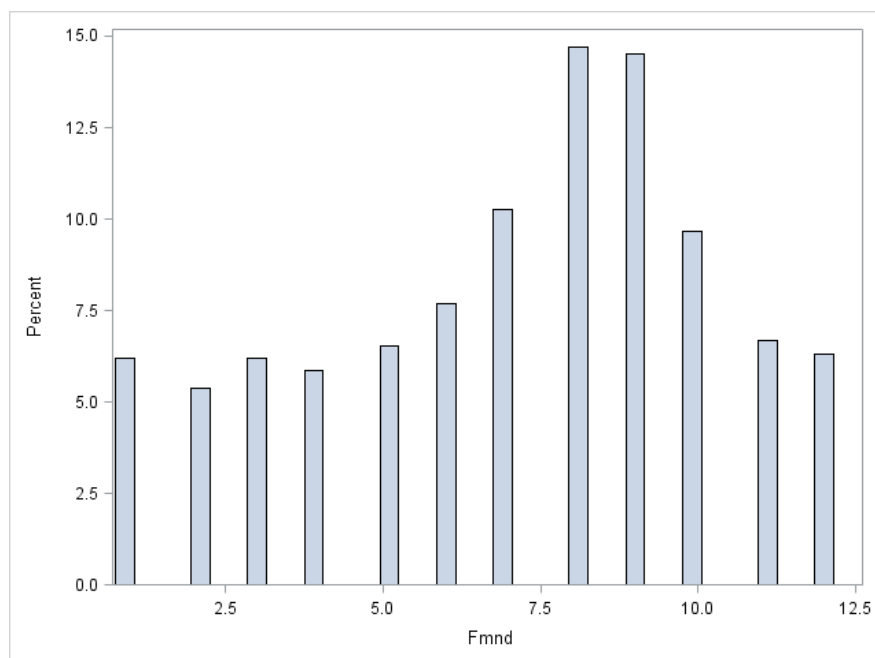
Kjønnsdrift (libido) kan variere av ulike årsaker. Den vil naturlig reduseres ved smertefulle tilstander som halthet og ryggproblemer. Andre årsaker som kan avgjøre kjønnsdriften er oksens alder og dens sosiale plass på rangstigen i gruppen den går i (Penny, 2006).

3.0 Materiale og metode

3.1 Datamateriale

Ved Genos teststasjon på Øyer har det i en årrekke blitt tatt ut spermieprøver av samtlige ungekøyer etter at de har bestått fenotypetest, med potensiale for å bli fremtidige seminokser. Det er stasjonsveterinær og røktere ved Øyer som har vært ansvarlige for sæduttaket, og stasjonsveterinæren har fulgt opp de andrologiske undersøkelsene av spermieprøvene. Spermieprøver har blitt undersøkt makroskopisk og mikroskopisk ved hvert uttak. Ved makroskopisk undersøkelse er det ejakulatvolum, farge, lukt og opasitet (grad av gjennomsiktighet) som har blitt dokumentert. Ved mikroskopisk undersøkelse ser man på motilitet, deformasjoner og det blir estimert hvor mange prosent motile (bevegelige) celler det er i prøven. Ved Øyer benyttes et Laika mikroskop med varmebord og fasekontrast (Pers.com. Eiliv Kummen & Genos ISO sertifisering). Det er totalt registrert 21305 observasjoner i datasettet fra Øyer. Disse observasjonene er gjort i tidsrommet 22.februar 1992 til 16.januar 2017, altså over en 25 års periode.

Geno opplyser på sin hjemmeside (Geno, 2017-a) at det blir født flest kalver om høsten, og at det derfor utlistes flere kalver i høst-månedene. Figur 1 som viser fødselsmåned for innkjøpte kalver over de siste 25 årene, illustrerer at august og september er de to månedene hvor det har blitt kjøpt inn flest kalver til Øyer teststasjon.



Figur 1: Fordeling av kalvenes fødselsmåned. Januar (1) til desember (12).

Data ble hentet ut fra Genos database «Geno okse». Tre ulike filer ble lastet ned; en fil med andrologi data samt to filer med individ opplysninger. Felles for alle tre filer var innhold av dyrenes id, GOU_ID, som gjorde at disse filene kunne slås sammen i SAS versjon 9.4 (SAS Institute Inc., 2011). SAS er en software programvare beregnet for å gjøre større statistiske analyser, og ble brukt for å slå sammen filene, gjøre datautplukk og gjøre beregninger. Siden filene inneholdt mer data enn vi hadde bruk for ble det kun tatt ut data som var ønsket brukt videre i oppgaven.

Følgende variabler ble brukt:

ID = unikt nummer for hver observasjon

Dato_uttak = dato for observasjonene

Gou_id = Geno Ungokse Id, oksenes individuelle id nummer

I tillegg ble det lagd nye variabler, til bruk som faste effekter i modellen:

Sesong = 4 sesonger à 3 mnd. (1) januar-mars (2) april-juni (3) juli-september (4) oktober-desember, etter fødselsmåned, som gjerne også var tappemåned.

PuljeAar = kalvene som tas inn blir fordelt i puljer (1-8). Puljenummer + året kalven ankommer.

Tappe_nr= antall tappinger per okse, varierer fra 1-28.

FmndAar = fødselsmåned og fødselsår er slått sammen.

Egenskapene:

Volum = mengde ejakulat målt i ml.

Tetthet = antall spermier i 1 ml fortynnet løsning oppgitt i 1.000. Vurdert med fotometer.

Moti_P100 = andel motile/levende spermier i en fortynnet løsning, oppgitt i % ved fersk prøve.

M24 = andel motile spermier i en fortynnet løsning etter lagring i 24 timer, oppgitt i %.

M48 = andel motile spermier i en fortynnet løsning etter lagring i 48 timer, oppgitt i %.

Moti_kode = karakter gitt for motilitet i fersk prøve, gitt i kode 1-4.

Moti_f24= karakter gitt for motilitet etter lagring i 24 timer, gitt i kode 1-4.

Moti_f48 = karakter gitt for motilitet etter lagring i 48 timer, gitt i kode 1-4.

Sdef = spermiedefekter. De har 6 ulike koder.

V_andro = andrologisk vurdering. Er den endelige samlekarakteren for prøven, 0-5

Riko = ridekoder gitt ved tapping for ridning på fantom, eller andre okser. Kode 1 (rir) eller 2 (rir ikke)

Stko = støtkoder gitt ved ridning på andre okser, eller fantom, ved tapping. Kode 1-3

Utko = utskaftingskode gis for utskafting av penis ved tapping. Kode 1-3.

3.2 Beskrivende statistikk og utvalgskriterier

Det var behov for å begrense dataene av flere årsaker. Av totalt 21305 observasjoner var 4638 observasjoner registrert som forsøk. Forsøkene er praktisk øvelse for oksene før tapping, hvor de vennes til å ri opp på hverandre. Disse observasjonene ble tatt ut av datasettet før det ble videre behandlet, da disse forsøkene ikke inneholdt andrologisk informasjon. Det ble deretter satt begrensninger for å sortere bort feil i datasettet. Det ble satt krav til:

- Alder: 300-449 dager (her mister vi 192 observasjoner).
- Volum: 0-13 (her mister vi ytterligere 4817 observasjoner).
- Tetthet: <3000 (her mister vi 3 observasjoner til).

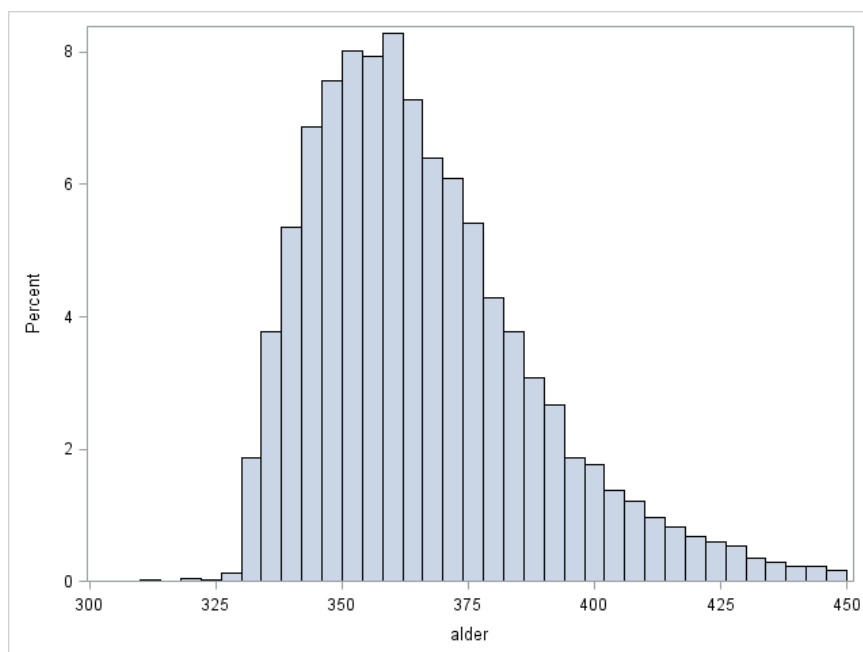
Etter begrensninger satt vi igjen med 16293 observasjoner fordelt på 3924 ungekøyer, født i årene 1993-2016. Fordelinger av antall observasjoner og individer med observasjoner for de ulike egenskapene er gitt i tabell 1. I slektskapsfilen var det 27437 individer. Dette var både dyr med egne observasjoner, foreldre dyr, samt foreldre dyr videre bakover i mange generasjoner.

Tabell 1: Antall observasjoner og antall individer med observasjoner, gjennomsnitt, standard avvik samt minimums og maksimums verdi for de ulike egenskapene i datasettet.

| Egenskap ¹ | Antall observasjoner | Individer med observasjoner | Gjennomsnitt | Standard avvik | Min verdi | Maks verdi |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------|----------------|-----------|----------------------|
| Volum | 16070 | 3924 | 2,9 | 1,5 | 1 | 13 |
| Tetthet | 16043 | 3923 | 669,7 | 361,2 | 0 | 2500*10 ³ |
| V_andro ¹ | 9485 | 3295 | 3,2 | 1,2 | 0 | 5 |
| M_P100 ¹ | 15639 | 3897 | 65,3 | 20,8 | 0 | 80 |
| M24 ¹ | 10731 | 3248 | 61,4 | 18,6 | 0 | 80 |
| M48 ¹ | 4835 | 2249 | 55,7 | 19,5 | 0 | 80 |
| Moti_ko ¹ | 16000 | 3924 | 3,7 | 0,9 | 1 | 4 |
| Moti_f24 ¹ | 11096 | 3386 | 3,6 | 0,8 | 1 | 4 |
| Moti_f48 ¹ | 5308 | 2426 | 3,3 | 1,1 | 1 | 4 |
| Riko ¹ | 16293 | 3919 | 1,3 | 0,5 | 1 | 2 |
| Stko ¹ | 8628 | 2341 | 1,1 | 0,2 | 1 | 3 |
| Utko ¹ | 8615 | 2331 | 1,0 | 0,2 | 1 | 3 |

¹ V_andro=andrologisk vurdering, M_P100=motilitet ved fersk prøve, M24=motilitet ved 24 timer, M48=motilitet ved 48 timer, Moti_ko=motilitets kode, Moti_f24=motilitets kode for prøve lagret i 24 timer, Moti_f48=motilitetskode for prøve lagret i 48 timer, Riko=ridelyst kode, Stko=støt kode, Utko=utskafningskode

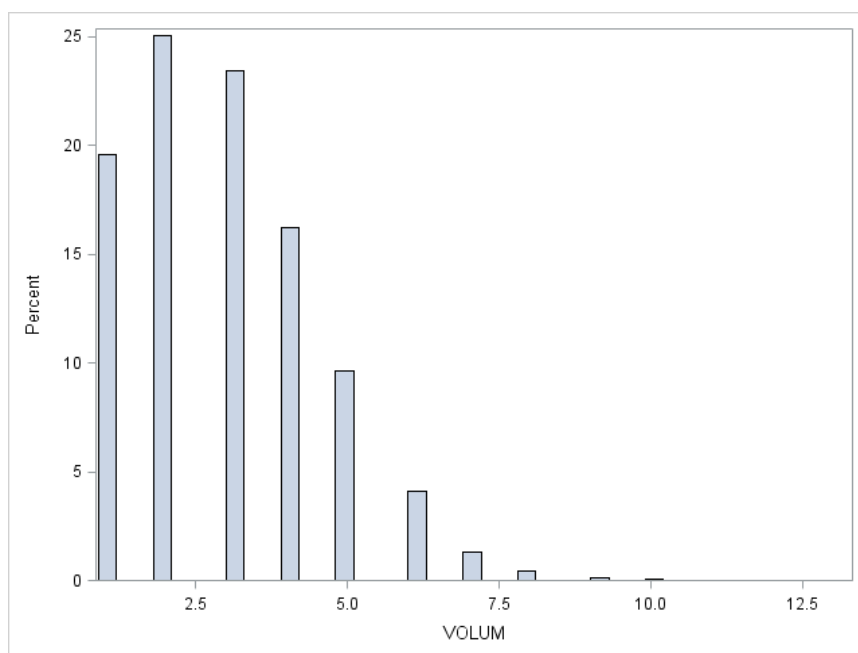
Som figur 2 viser er hovedtyngden av observasjoner gjort mellom 348-378 dagers alder (25-75% quantiler). Dette samsvarer med Genos ønske om å teste ungoksene så likt som mulig og i en alder av sirka 1 år. Dataene viser at gjennomsnittsalder for hele perioden er 365,5 dager ved testing.



Figur 2: Alder i dager på testdagen i datasettet etter begrensninger.

3.3 Definisjon av egenskapene

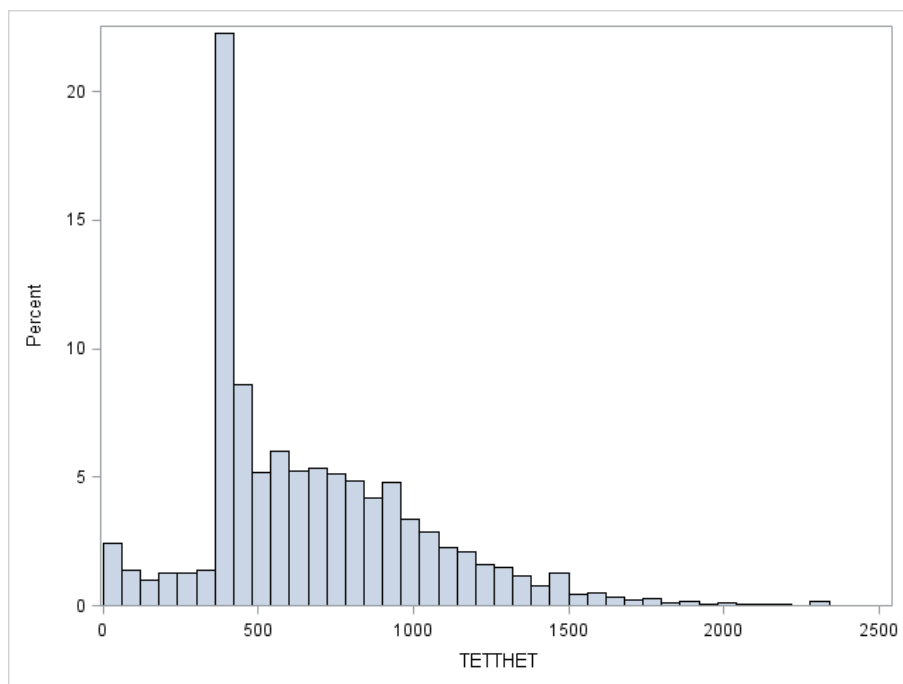
Volum: Volum ble registrert rett etter prøvetagning, samtidig med eventuelle makroskopiske avvik. Figur 3 viser fordelingen av volum ved tapping av råsæd.



Figur 3: Fordeling av volum registreringer, avgrenset fra <0-13 ml.

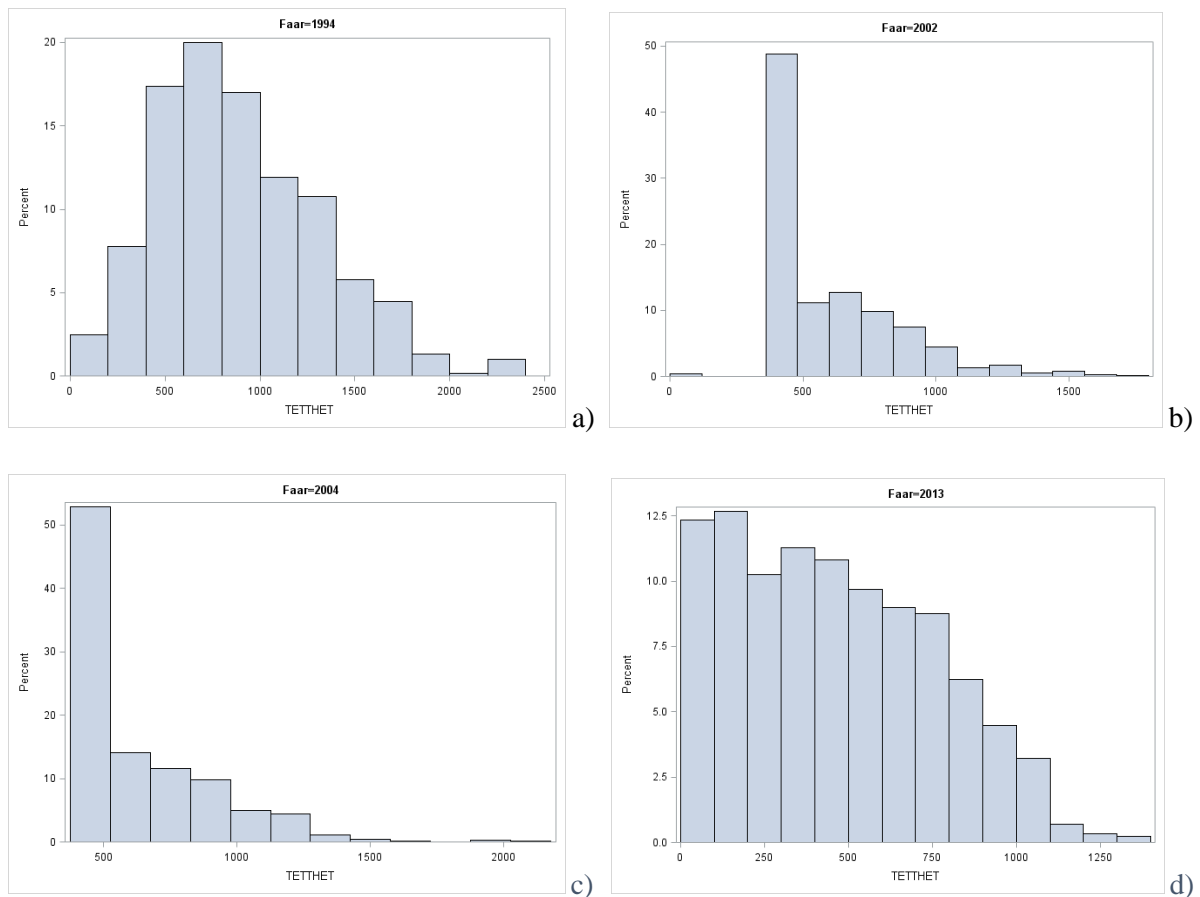
Det ble satt en begrensning på at volum måtte være over 0 for å bli tatt med i den andrologiske statistikken. Uten volum vil det ikke være noe materiale å analysere. Den øvre grensen ble satt til 13.

Tetthet: Tetthet er målt med et fotometer etter at 0,1 ml ejakulat har blitt fortynnet med 1 ml IVT-væske blandet med 10% eggeplomme. Det er antallet spermier som blir notert. Minimumskravet for et godkjent sprang er blant annet en tetthet på > 390.000 sædceller pr ml. 1000 g IVT-løsning inneholder: 20 g Natriumsitrat, 2,1 g Natriumhydrogenkarbonat, 0,4 g Kaliumklorid, 3 g Druesukker og rensset vann til 1000 g. Figur 4 viser fordelingen av tetthet basert på 16043 observasjoner.



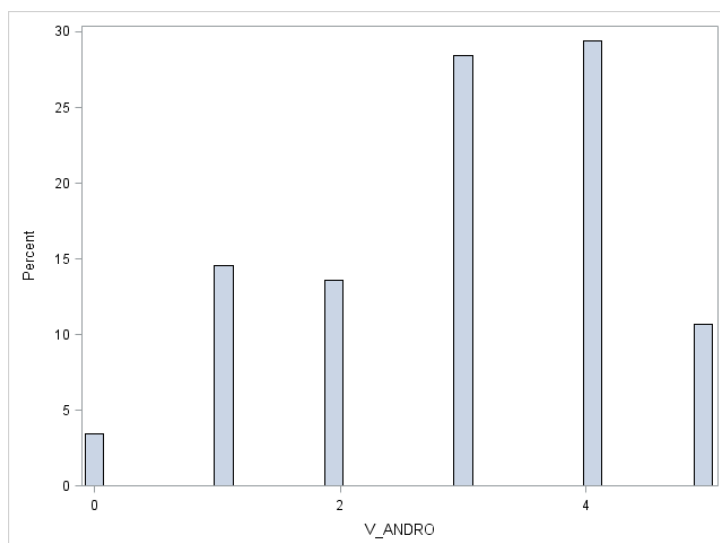
Figur 4: Fordeling av tetthet (i 1000). Det er satt et minimum på > 0 i volum og et maksimum på 3.000.000.

Da figur 4 ikke viste normalfordeling for egenskapen, ble det sett nærmere på denne egenskapen år for år. Det viste seg å ha vært en ulik tilnærming til registrering av data i flere varianter og over flere år. En hovedtrend har kanskje vært at resultater under minimumskravet på >390.000 sædceller per ml har blitt registrert som null, eller ikke blitt registrert i det hele tatt, mens resultater over godkjent krav har blitt registrert som godkjent. Figurene 5 a-d illustrerer ulike tilnærminger til registreringen for egenskapen. Man ser en tilnærmet normalfordeling i 1994, til at man i 2002 har svært få under minimumskravet og noen få % registrert med 0 tetthet. Videre ser man at i 2004 er det ingen prøver som er registrert med 0 i tetthet, mens det i 2013 er en større spredning av prøver både under og over det godkjente nivået. Årsaken til den ulike registreringen av verdier kan være forårsaket av et eldre fotometers manglende evne til å registrere lave verdier for tetthet. Det ble kjøpt inn et nytt IMV Accucell fotometer, spesialprodusert for ejakulatprøver, til Øyer rundt 2009-2010 (Pers.com Eiliv Kummen).



Figur 5: Fordeling av registrert tetthet i utvalgte år: 1994 (a), 2002 (b), 2004 (c) og 2013 (d).

Andrologisk vurdering (V_andro): Den andrologiske karakteren er en total karakter som blir gitt basert på de andrologiske analysene. Karakteren er fra 0-5 hvor 0 er dårligst og 5 er best. For å få godkjent andrologisk vurdering for bruk som seminokse er minimumskravet 3 (Geno 2016-b).



Figur 6: Karakter gitt for de andrologiske undersøkelsene. Karakteren 0-5, hvor 0 er dårligst, 5 er best og 3 er minimums godkjent.

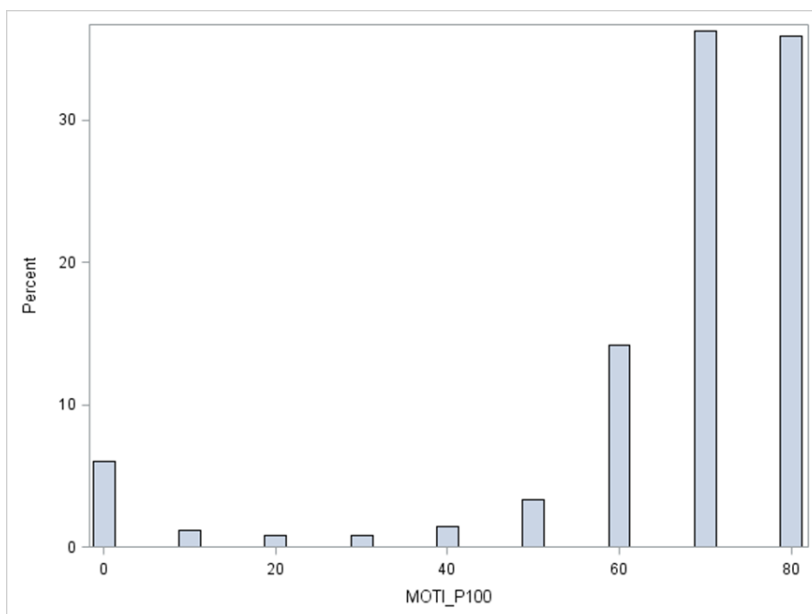
Som figur 6 viser får de fleste observasjonene et godkjent resultat eller bedre. Det er allikevel en vesentlig del, sirka 30 % som ikke får tilfredsstillende karakter på sine sæddoser.

Motilitet:

Det har blitt brukt mikroskop for å vurdere motilitet og morfologi i spermieprøvene, ved 400x forstørrelse. For at ungoxen skal få godkjent uttaket kreves det > 50% levende spermier, definert av motilitet, da bevegelige spermier er tydelig levende. Prøven må i tillegg få et score på ≥ 3 for motilitet på en skala fra 1-4, hvor 4 er best score. Motilitet vurderes ved fersk prøve, etter 24 timer og etter 48 timer. Etter fortynning oppbevares sædprøven i kjøleskap. Prøven vil før undersøkelser ved 24 og 48 timer bli reaktivert ved at den står 5 minutter i en temperatur på 38°C (Genos ISO sertifisering). Motilitetsscorene er vurdert subjektivt av fagperson, og ligger til grunn for både % vurdering og kodegiving.

Basert på dette foreligger det 6 egenskaper i datasettet som beskriver motilitet:

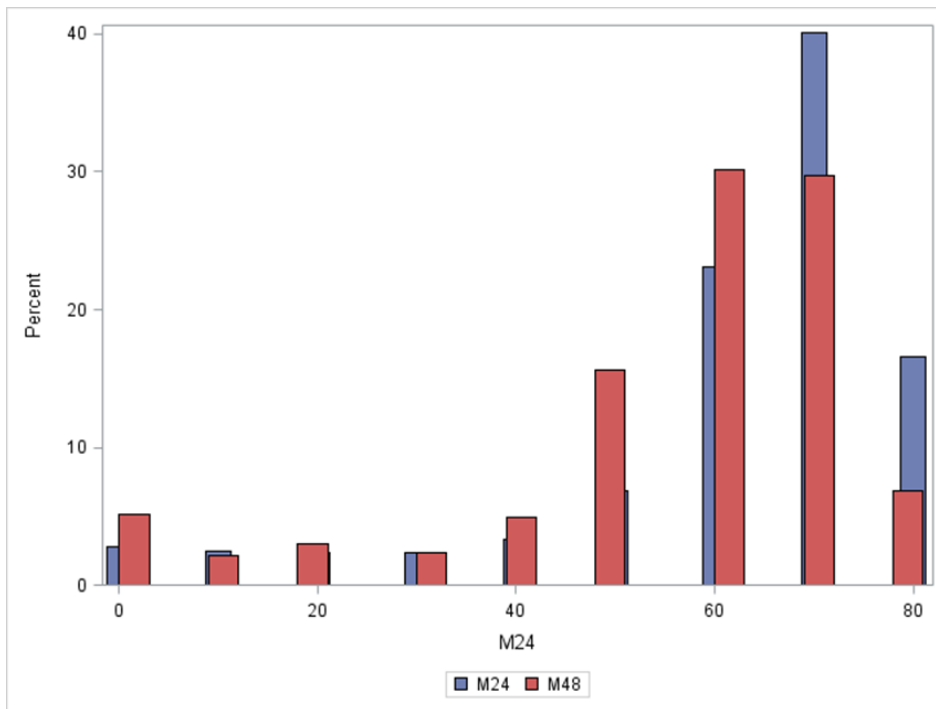
Motilitet ved fersk prøve (M_p100): dette er et mål på motilitet i en fersk ejakulatprøve i %. Minimum verdien er 0 % og maksimum verdien er 80 %. Dette er en subjektiv vurdering som er gjort av teknisk personell på Øyer teststasjon. Fordelingen vises i figur 7.



Figur 7: Andel observasjoner med motilitetsprosent 0-80% ved ferske spermieprøver.

Motilitet ved 24 timer (M24): for denne egenskapen har ejakulatet vært oppbevart i kjøleskap i 24 timer etter tapping. Prøven har blitt varmet opp til 38°C de siste 5 minuttene før observasjon. Her er det også andel motile spermier i % som blir vurdert, og det er 0 % som er minimumsverdi og 80 % som er maksimumsverdi. Figur 8 viser en oversikt over %-andel

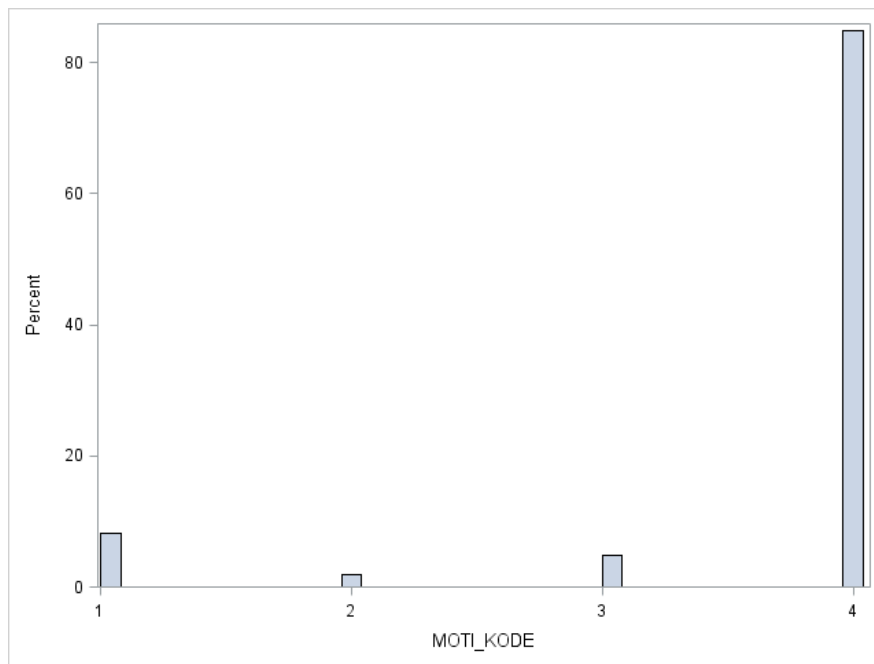
motilitet ved 24 og 48 timer gamle spermieprøver. Antallet observasjoner fra registrering ved fersk prøve er redusert med ca. 5000.



Figur 8: Observasjoner med motilitetsprosent 0-80% ved spermieprøver som har stått 24 og 48 timer.

Motilitet ved 48 timer (M48): her har ejakulatet stått oppbevart i kjøleskap i 48 timer etter tapping (ytterligere 24 timer etter siste vurdering), og antall motile spermier blir på nytt vurdert og angitt i %. Dette er fortsatt vurdert subjektivt i mikroskop. Minimumsverdi er 0 %, maksimumsverdi er 80 %. Som figur 8 viser er det en merkbar reduksjon av levende spermier fra 24 til 48 timer med lagring. På toppscore 80 % blir antall observasjoner halvert. Det er ca. 5.000 færre observasjoner for motilitet ved 48 timer enn ved 24 timer.

Motilitets kode (Moti_ko): Karakter for motilitet rett etter tapping (råsæd). Karakteren er fra 1-4, og fordelingen vises i figur 9.



Figur 9: Fordeling av motilitetskoder i ferske spermieprøver: 1 = Ingen motilitet, 2 = Svak motilitet, 3 = Noe nedsatt motilitet, 4 = God motilitet.

Motilitetskoder (råsæd):

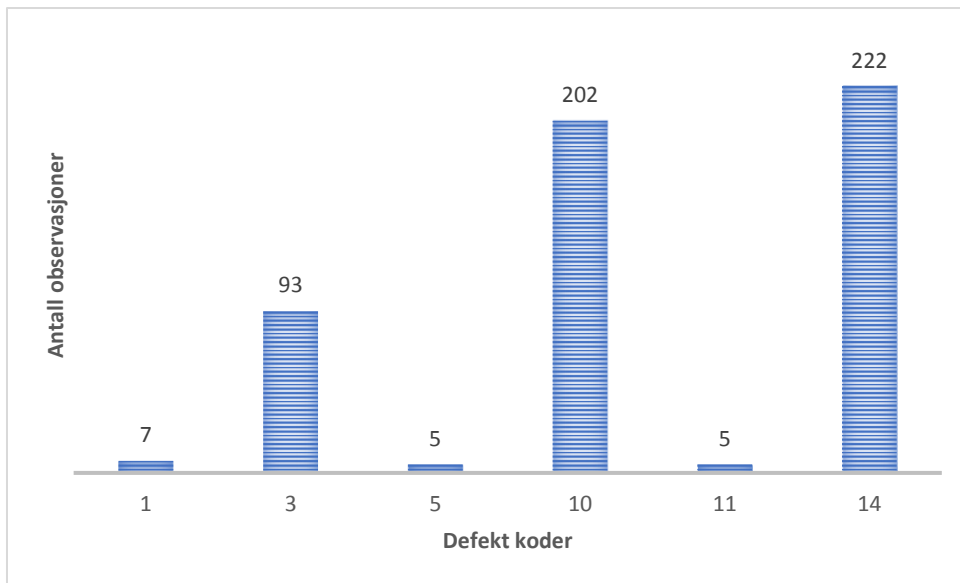
1. Ingen motilitet
2. Svak motilitet
3. Noe nedsatt motilitet
4. God motilitet

Vi ser at hele 84,89% av alle spermieprøver skårer toppscore på motilitet.

Motilitets kode for prøve lagret 24 i timer (Moti_f24): Karakter for motilitet etter 24 timer lagring etter tapping og fortynning. Karakteren er fra 1-4.

Motilitetskode for prøve lagret i 48 timer (Moti_f48): Karakter for motilitet etter 48 timer lagring etter tapping og fortynning. Karakteren er fra 1-4.

Spermiedefekter (Sdef): For godkjente spermieprøver kreves det at det ikke er noen systematiske morfologiske avvik (defekter). Dette innebærer at defekter totalt skal være < 20 % samt enkeltdefekter skal være <10 %. Det er 6 ulike koder for defekter og fordelingen er gitt i figur 10.



Figur 10: Antall observasjoner av de ulike spermiedefektene, der 1= løse hoder, 3= halefeil, 5= annet, 10= proksimaldråpe, 11= distaldråpe og 14= mellom-stykke defekter.

Defektene har ulike koder:

- 01. Løse hoder
- 03. Halefeil
- 05. Annet
- 10. Proksimaldråpe
- 11. Distaldråpe
- 14. Mellom-stykke defekter

Som figur 10 viser er det mellom-stykke defekter (kode 14) som er mest vanlig. Disse utgjør 41,6 % av defektene. Proksimal dråpe defekt (kode 10) utgjør 37,8 % av defektene og hale feil (kode 03) er den tredje vanligste defekten og utgjør 17,4 % av defektene. Det var totalt 533 observasjoner for denne egenskapen, fordelt på 259 individer.

Ridelyst kode (Riko): Når oksene er ferdige med sin forsøksperiode/tilvenning, og man skal begynne å tappe dem, får de alle en kode for ridelyst. Den er enten 1. rir eller 2. rir ikke.

Når oksene skal ri opp for å tas prøver av slippes de løs med okser fra annen bing. De får mulighet til å ri opp på hverandre løse. Når det har blitt observert at en okse har ridd opp i bingen, festes den i bånd og tas med ut av bingen. I tappehallen vil den bli presentert for et fantom til å ri opp på, og en kunstig skjede smurt med flytende parafin og oppvarmet til 47°C vil bli presentert når oksene rir opp. Dersom oksene ikke har oppnådd ereksjon, vil den få lov til å ri opp flere ganger før skjeden presenteres. Det er ikke alle ungoxene som vil ri opp ved denne metoden, og de blir tilbudt å ri opp på levende underlag (annen okse).

Av alle observasjonene får 68,9 % observasjoner koden 1. Dette viser at litt over 30 % er observasjoner hvor det ikke ris opp.

Støtkode (Stko): Støtkodene beskriver hvordan oxsen støter mot fantomet eller en annen okse når den rir. Det er tre koder oxsen kan få;

1. Normalt støt
2. Svakt støt
3. Filer

Normalt støter oksene kort og kontant mens enkelte ganger er støtene svakere. Når oxsen filer bruker den mer tid, og ejakulerer sent eller etter flere forsøk. Det viser seg at hele 95,44 % av observasjonene får kode 1 for normale støt. Svake støt (2) står for 4,33 % av observasjonene mens 0,23 % får kode 3 (filer).

Utskaftingskode (Utko): Utskaftingskodene beskriver hvordan oxsen skafter ut penis når den skal tappes. Det gis koder fra 1-3, hvor 1 er normal utskafting. Se tabell 1 for gjennomsnitt og standardavvik.

3.4 Modell

Det ble brukt en dyremodell (mixed model) for å estimere varianskomponenter og beregne arvegrader for spermieproduksjon og spermiekvalitet. Ved bruk av GLM funksjonen (proc glm) i SAS ble det analysert hvilke av de faste effektene (forklaringsvariabler) som hadde signifikant effekt ($p < 0,05$) på de ulike andrologiske egenskapene. Faste effekter ble tatt med i modellen for de egenskapene de var signifikante for. I tillegg ble permanent miljøeffekt (pe) tatt med i modellen, samt den tilfeldige effekten av dyret selv (a) og tilfeldig feil effekt (e). Det ble brukt en gjentakts modell da de fleste oksene hadde 3 tappinger hver (median 3). Minimum antall tappinger var 1, og maksimum antall tappinger var 28. 75 % av oksene hadde 4 tappinger eller færre.

For egenskapene volum, tetthet, v_andro, M24, utko, riko, moti_f24 og moti_ko ble følgende modell brukt:

$$Y_{fghijkl} = \mu + \text{alder_mnd}_f + \text{sesong}_g + \text{PuljeAar}_h + \text{dato_ut}_i + \text{tapping_nr}_j + a_k \\ + pe_k + e_{fghijkl}$$

Hvor:

$Y_{fghijkl}$ = observasjon for okse (k) for en av de andrologiske egenskapene ved alder i måneder (f), sesong (g), pulje og år (h), dato for uttak av prøve (i) samt tapping nummer (j).

μ = populasjonsgjennomsnitt for den enkelte egenskap

alder_mnd_f = fast effekt av oksens alder i måneder, 5 nivåer (10, 11, 12, 13 og 14 mnd).

sesong_g = fast effekt av oksens fødselsmåned fordelt på sesong og fødselsår, 91 nivåer.

PuljeAar_h = fast effekt av oksens pulje og år, 134 nivåer.

dato_ut_i = fast effekt for dato for uttak av prøve/observasjon, 1511 nivåer.

tapping_nr_j = fast effekt av hvor mange ganger oxen har blitt tappet, 28 nivåer.

a_k = tilfeldig effekt av oxen selv. Geno Ungokse Id (gou_id), oksenes individuelle id nummer.

pe_k = permanent miljø effekt tas med på grunn av flere observasjoner per okse.

$e_{fghijkl}$ = tilfeldig effekt av feil.

Antall nivåer nevnt er maksimalt antall forekomne. For enkelte egenskaper var det færre nivåer på grunn av mindre data.

For egenskapen m_p100 var ikke effekten av dato_ut med i modellen, for moti_f48 var effekten av PuljeAar tatt ut, for stko var effekten av alder_mnd ikke med og for M48 var ikke effektene av PuljeAar og dato_ut med i modellen. Dette var basert på manglende signifikans av effektene på egenskapene fra glm analysene.

Modellene over ble kjørt i programvaren DMU, versjon 6, release 5.2, (Madsen & Jensen, 2012) for en Average Information REstricted Maximum Likelihood (AI-REML) analyse. Det ble valgt å kjøre en modell uten å ta hensyn til innavl.

Resultatene fra DMU kjøringene gav oss estimerte varianskomponenter for å regne arvegrader for hver enkelt egenskap, samt BLUP-verdier for hvert individ i slektskapsfilen.

Arvegrad (h^2) ble beregnet ved følgende formel:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$$

σ_a^2 = additiv genetisk varians

σ_{pe}^2 = permanent miljøeffekt varians

σ_e^2 = feilvariens

$\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2 = \sigma_p^2$ = fenotypisk varians

Det var nødvendig å ha med varians for permanent miljøeffekt, da de aller fleste oksene hadde gjentatte observasjoner for de ulike egenskapene.

Gjentaksgrad (w^2) ble beregnet ved følgende formel:

$$w^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$$

Hvor stor andel den permanente miljøvariansen (c^2) utgjør av totalvariansen er gitt ved følgende formel:

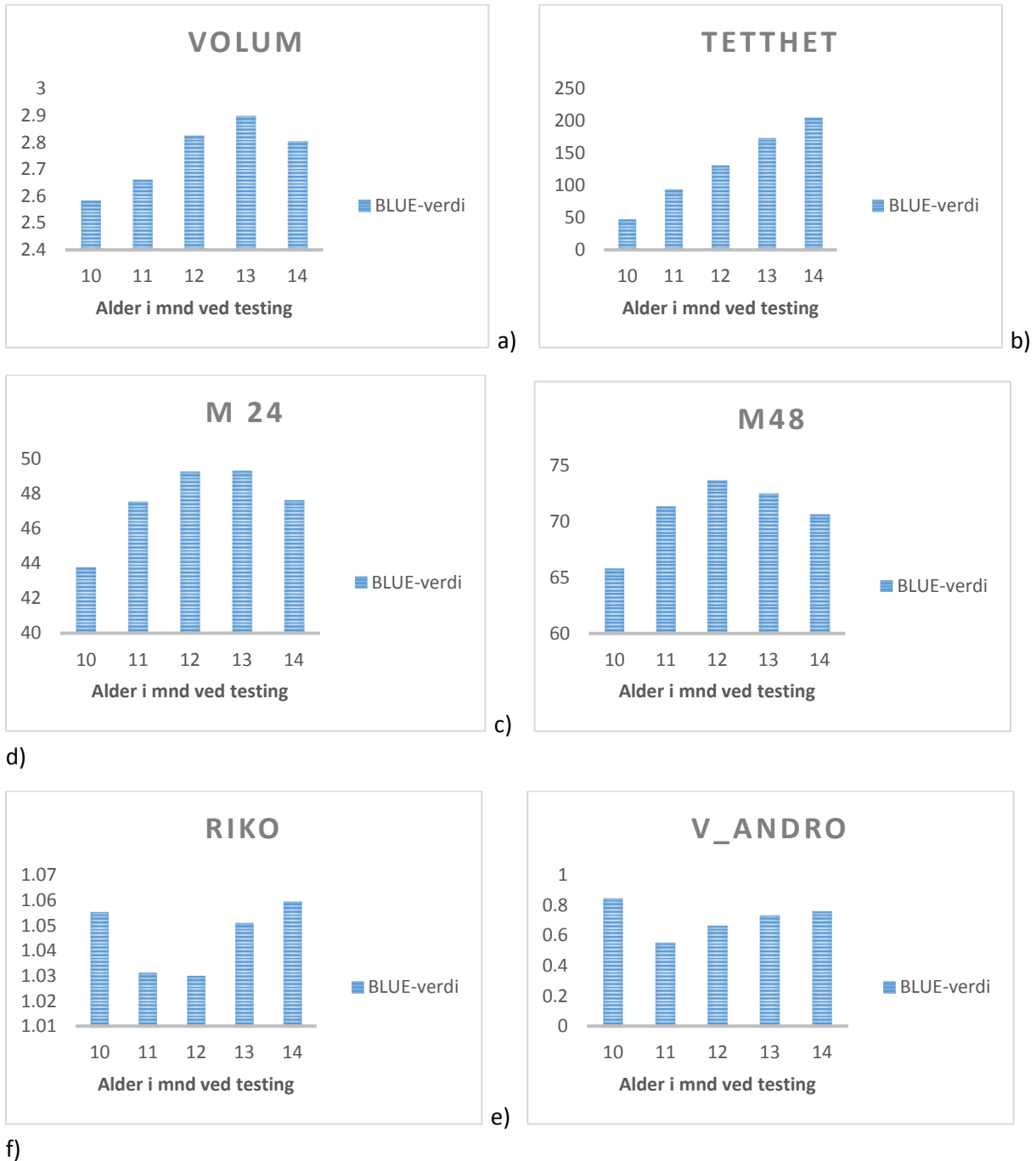
$$c^2 = \frac{\sigma_{pe}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$$

4.0 Resultater

4.1 Løsninger for faste effekter

Effekt av alder:

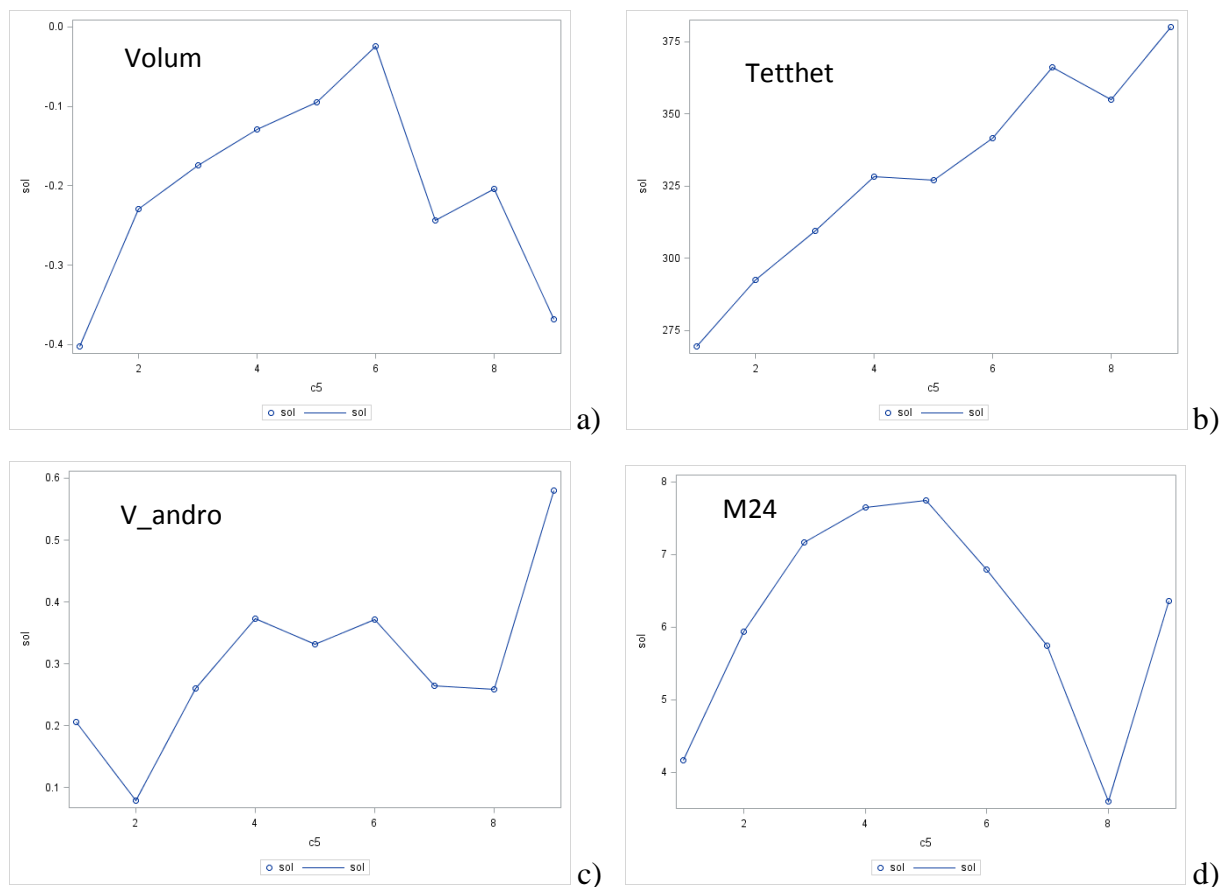
Figur 11 a-f viser hvordan oksens alder ved testing påvirker de ulike egenskapene volum, tetthet, motilitet ved 24 og 48 timer, ridelyst kode samt andrologisk vurdering. Volum og tetthet øker med alder, mens sammenheng mellom alder og de andre egenskapene ikke er så entydig.



Figur 11: Effekt av alder på egenskapene volum (a), tetthet (b) motilitet etter 24 timer=M24 (c), motilitet etter 48 timer=M48 (d), ridelystkode=riko (e) og andrologisk vurdering=v_andro (f) basert på BLUE-verdier.

Effekt av tappingsnummer:

Figur 12 viser er det en effekt av tappingsnummer for de ulike utvalgte egenskapene volum, tetthet, andrologisk vurdering, motilitet ved 24 timer. Gjennomsnitts antall tappinger var 3 per okse, men det varierte fra 1-28 tappinger. Det er en generell positiv trend for alle tappingene opp mot 6 tappinger, med unntak av andrologisk vurdering, som har en liten nedgang fra første til andre tapping. For egenskapen tetthet ser det ut til at antall tappinger gir utelukkende positivt effekt.



Figur 12: Løsninger (BLUE) for fast effekt av tappingsnummer for egenskapene volum (a), tetthet (b), andrologisk vurdering (c) og motilitet ved 24 timer (d).

4.2 Varianskomponenter og arvegrader

Estimerte arvegrader og varianskomponenter for de ulike egenskapene i datasettet er i tabell 2. Det ble funnet lave arvegrader, 0,004 og 0,007, for egenskaper som utskafting og støting. Moderate arvegrader ble funnet for egenskaper som volum (0,13) og motilitet ved 48 timer (0,14). Det kan se ut til at egenskaper som er gitt koder, eksempelvis fra 1-3, får mindre varians

og dermed også lavere arvegrader. Standard feilen var lavere enn den genetiske variansen for alle egenskapene, med unntak av ridelyst og støt. Dette bekreftes også gjennom disse egenskapenes lave arvegrader.

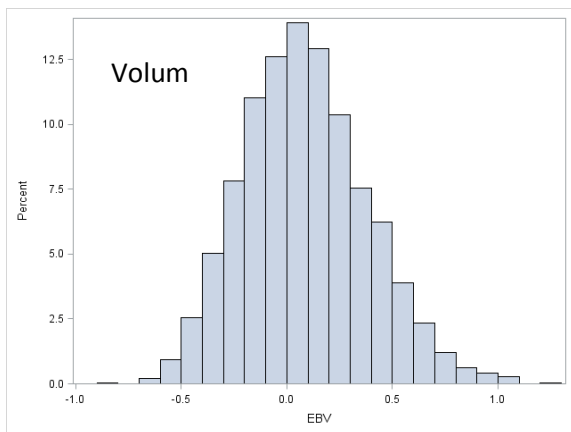
Tabell 2: Estimerte varianskomponenter med standard feil (S.E) for additiv genetisk varians (σ_a^2), den permanente miljøeffekten (σ_{pe}^2) og resterende feil (σ_e^2), samt gjentaksgard (w^2), andel permanent miljøvarians (c^2) og arvegrader (h^2) for de ulike egenskapene.

| Egenskap ¹ | σ_a^2 (S.E) | σ_{pe}^2 (S.E) | σ_e^2 (S.E) | w^2 | c^2 | Arvegrad h^2 |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------|
| Volum | 0,24 (0,04) | 0,33 (0,04) | 1,26 (0,02) | 0,31 | 0,18 | 0,13 |
| Tetthet | 7995,39 (2055,18) | 26274,10 (1990,60) | 63593,60 (865,75) | 0,35 | 0,26 | 0,08 |
| V_andro ¹ | 0,11 (0,03) | 0,38 (0,04) | 0,93 (0,02) | 0,35 | 0,27 | 0,08 |
| M_P100 ¹ | 13,99 (5,05) | 77,39 (5,73) | 300,14 (3,88) | 0,23 | 0,20 | 0,04 |
| M24 ¹ | 20,23 (6,15) | 49,61 (6,33) | 245,10 (4,25) | 0,22 | 0,16 | 0,06 |
| M48 ¹ | 53,61 (18,82) | 135,12 (18,20) | 183,05 (5,64) | 0,51 | 0,36 | 0,14 |
| Moti_ko ¹ | 0,016 (0,0076) | 0,13 (0,0097) | 0,55 (0,0075) | 0,21 | 0,19 | 0,02 |
| Moti_f24 ¹ | 0,03 (0,0098) | 0,078 (0,010) | 0,46 (0,0078) | 0,19 | 0,14 | 0,05 |
| Moti_f48 ¹ | 0,029 (0,023) | 0,24 (0,029) | 0,57 (0,016) | 0,32 | 0,29 | 0,03 |
| Riko ¹ | 0,0077 (0,0023) | 0,045 (0,0025) | 0,054 (0,00074) | 0,05 | 0,42 | 0,07 |
| Stko ¹ | 0,00031 (0,00039) | 0,0037 (0,00062) | 0,04 (0,00076) | 0,09 | 0,08 | 0,007 |
| Utko ¹ | 0,00013 (0,00028) | 0,0038 (0,00047) | 0,029 (0,00054) | 0,12 | 0,12 | 0,004 |

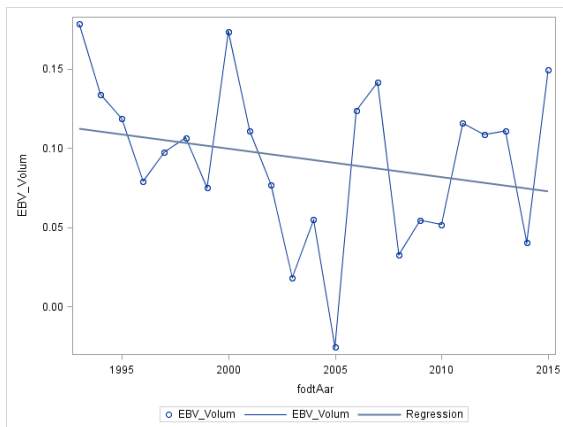
¹V_andro=androgisk vurdering, M_P100=motilitet ved fersk prøve, M24=motilitet ved 24 timer, M48=motilitet ved 48 timer, Moti_ko=motilitets kode, Moti_f24=motilitets kode for prøve lagret i 24 timer, Moti_f48=motilitetskode for prøve lagret i 48 timer, Riko=ridelyst kode, Stko=støt kode, Utko=utskafnings kode

4.3 Avlsverdier og genetisk trend

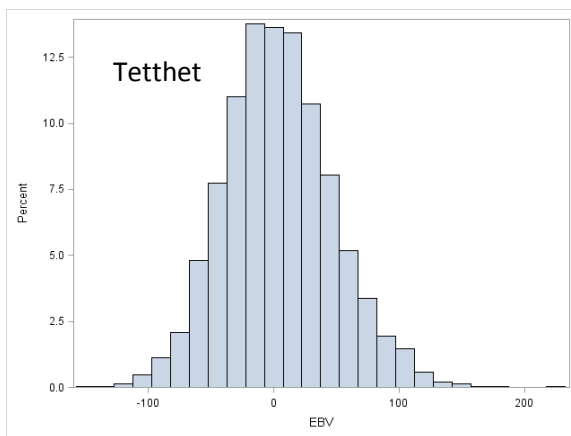
Avlsverdier og genetiske trender for 10 utvalgte egenskaper er vist i figur 13. Fordeling av avlsverdier for okser med data er tilnærmet normalfordelt for noen egenskaper, som for eksempel volum. Mens for andre er det noe mindre variasjon, for eksempel riko. Genetisk trend er vist som gjennomsnitt avlsverdi per år. Figurene viser at det er variasjon mellom år og at det ikke er noen avlsfremgang for egenskapene.



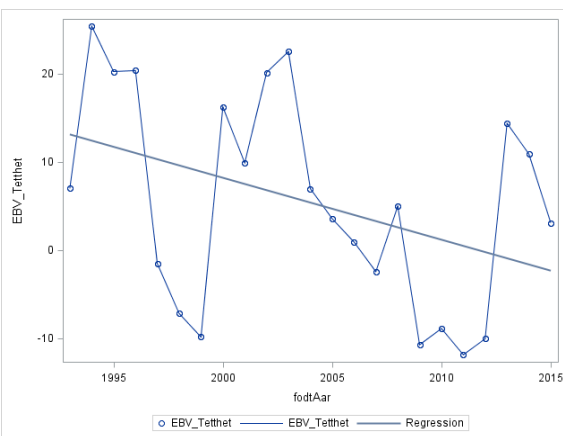
a)



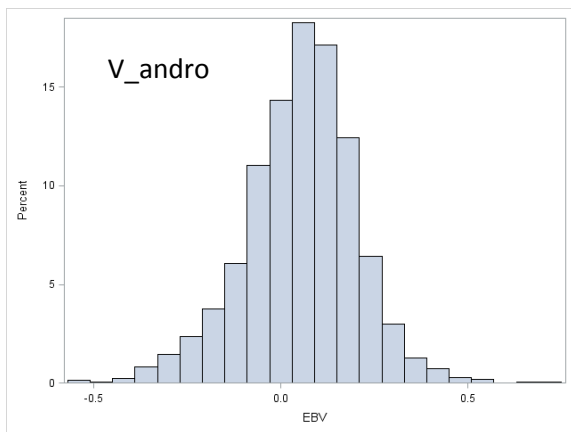
b)



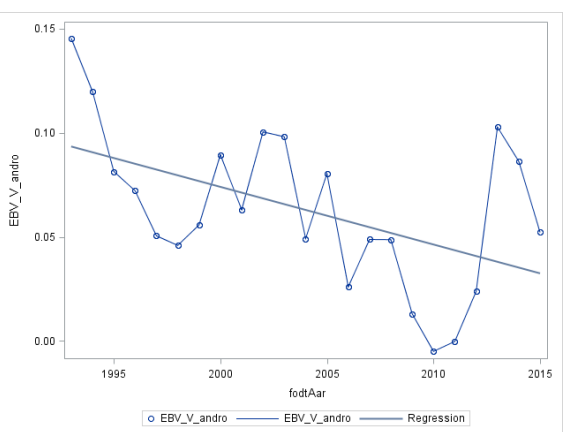
c)



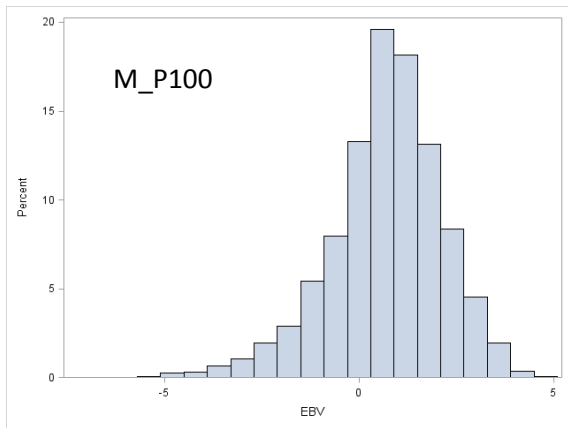
d)



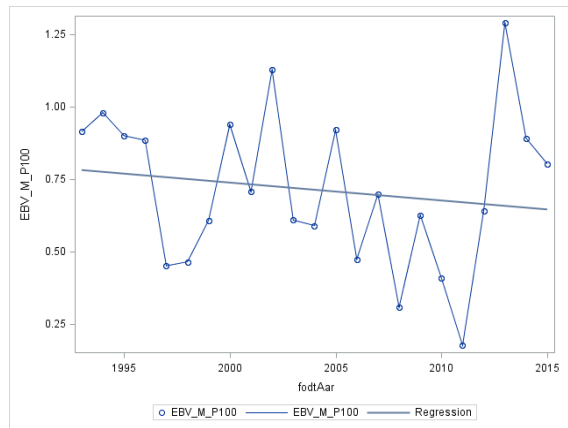
e)



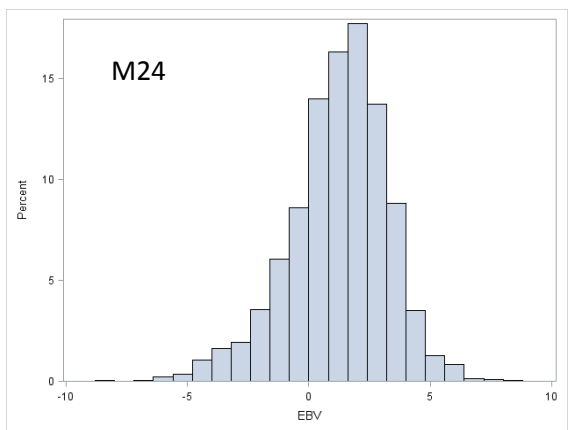
f)



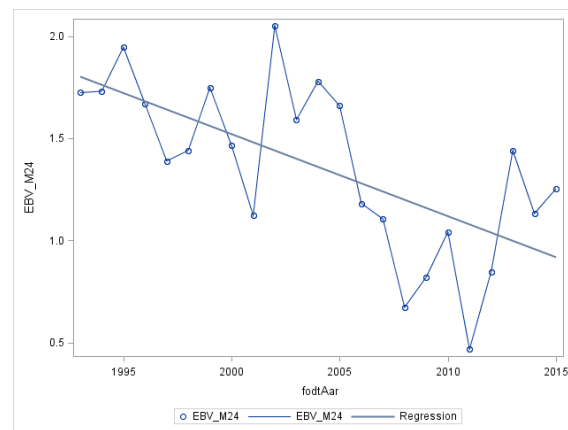
g)



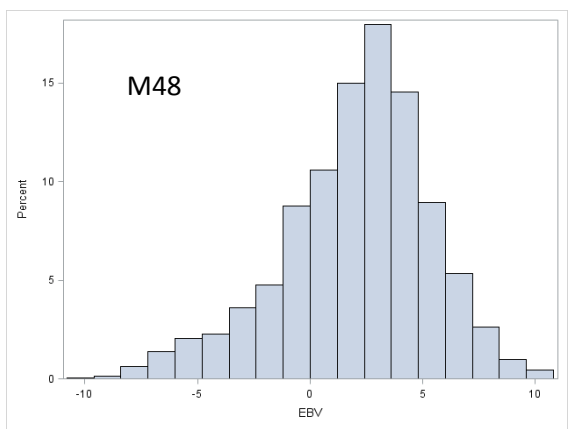
h)



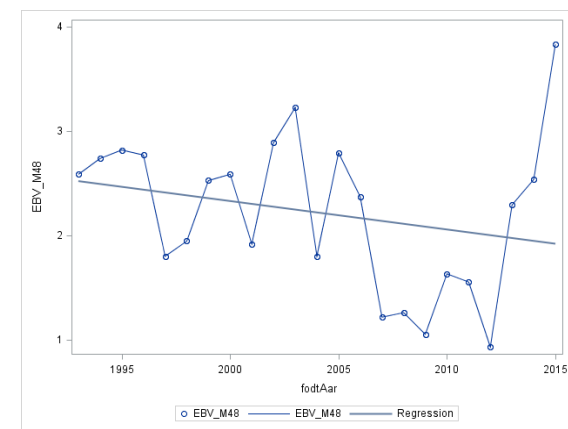
i)



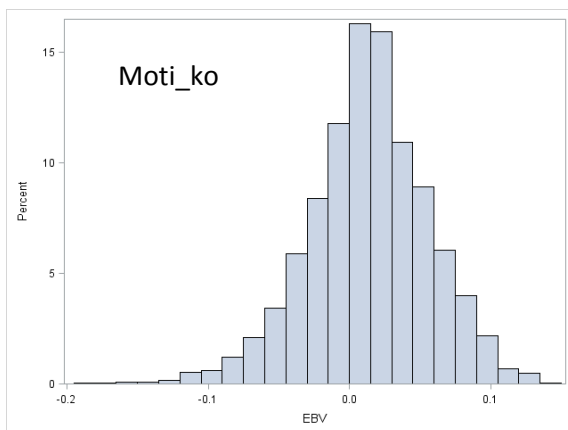
j)



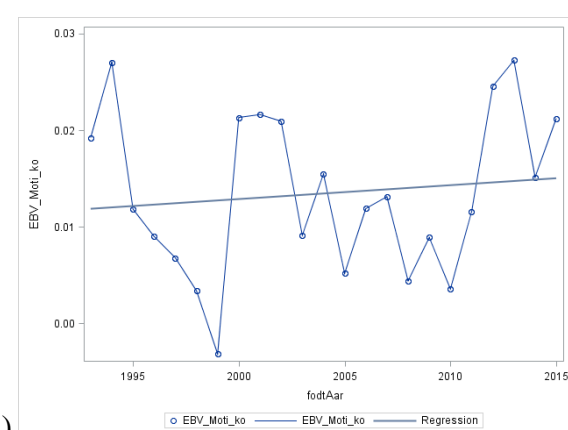
k)



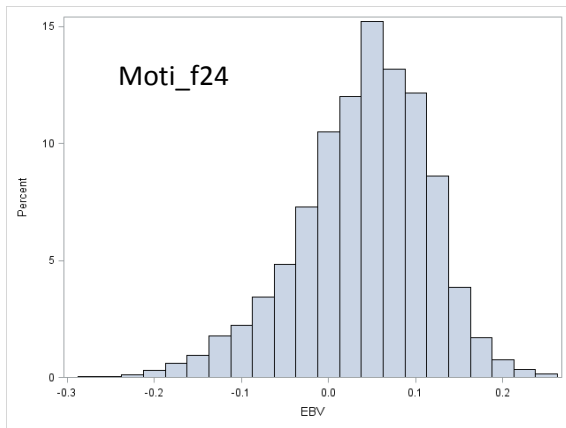
l)



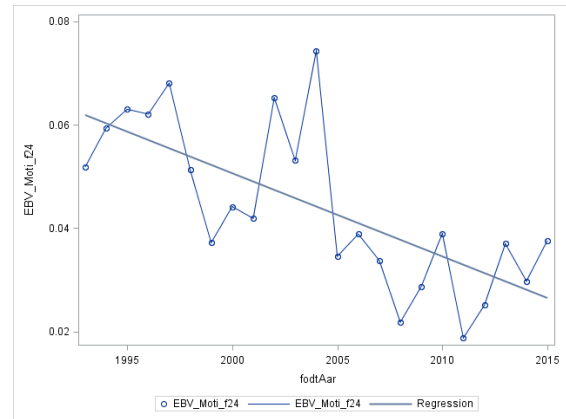
m)



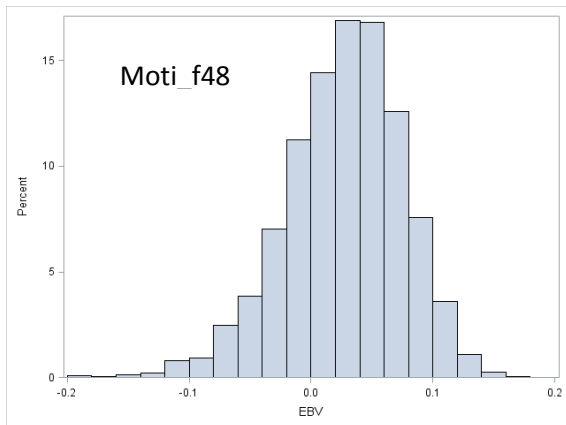
n)



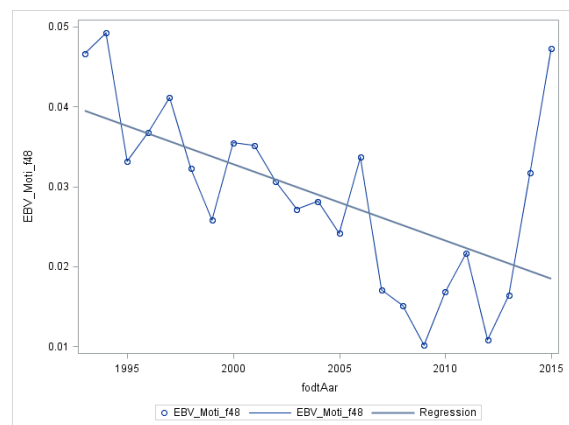
o)



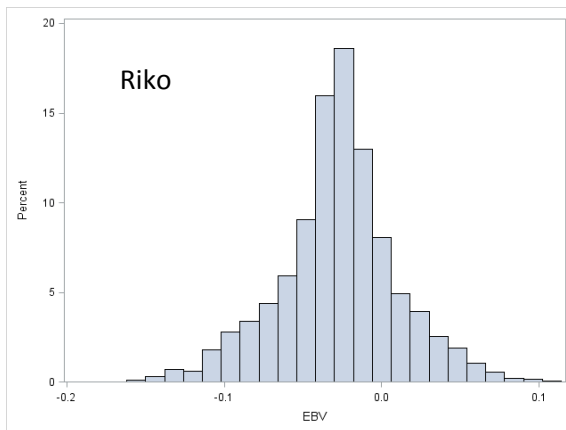
p)



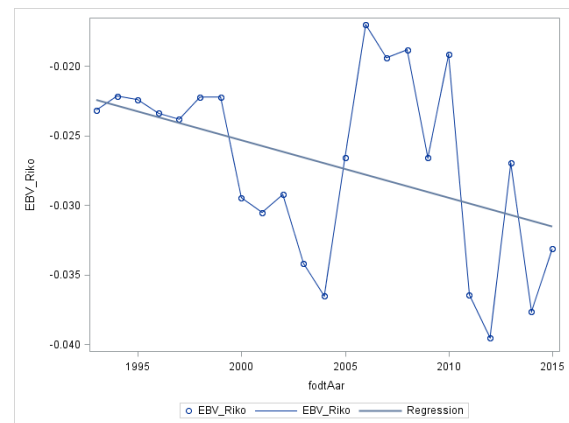
q)



r)



s)



t)

Figur 13: Fordeling av de estimerte avlsverdiene, samt en utvikling over tid (regresjon) for egenskapene volum (a-b), tetthet (c-d), andrologisk vurdering (e-f), motilitet i fersk prøve (g-h), motilitet i 24 timer gammel prøve (i-j), motilitet i 48 timer gammel prøve (k-l), motilitets kode for fersk prøve (m-n), motilitets kode for 24 timer gammel prøve (o-p), motilitetskode for 48 timer gammel prøve (q-r) og ridelyst (s-t).

4.4 Topp ti okser på hanndyrfruktbarhet

Ved å sortere oksene etter sine estimerte avlsverdier (EBV) for de ulike egenskapene, kunne vi lage en topp 10 liste over de beste oksene for hver egenskap. Deretter kunne vi se om det var oksefedre som gikk igjen og om det var enkeltokser som skilte seg ut for flere egenskaper. Resultatet vises i tabell 3, hvor vi kan se at oksefar 5737 (Mellingen) skiller seg positivt ut, da flere av hans avkom er topp 10 for 4 ulike egenskaper, samt at flere av disse oksene har flere topp ti plasseringer. Det er særlig okse nr.369568 (Bø) som skiller seg merkbart ut, ved å ha best estimert avlsverdi for egenskapene andrologisk vurdering og motilitet ved 24 timer, i tillegg er han innenfor topp 4 for både egenskapene tetthet og motilitet ved fersk prøve. To andre Mellingen-sønner skiller seg også positivt ut, 369621 (Hagen) og 369745 (Kvitland), ved å være blant topp ti for 3 ulike egenskaper. I tillegg til Mellingen er det 8 ulike fedre som har to eller flere sønner blant topp 10. At de samme oksene går igjen som toppokser for flere av egenskapene kan tyde på at det er en genetisk sammenheng mellom dem.

Tabell 3: Rangering av de 10 beste oksene basert på estimert avlsverdi for noen utvalgte hanndyrfruktbarhetsegenskaper. Okser med id.nr. i fet skrift er rangert som topp 10 for minst to egenskaper (fotnoter 2-4 angir antall egenskaper de er blant topp 10)

| Topp 10 okser | Volum | Tetthet | V_andro ¹ | M_P100 ¹ | M24 ¹ | M48 ¹ |
|---------------|---------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 1 | 3074743 | 237154 | 369568 ⁴ | 369745 ³ | 369568 ⁴ | 3063299 |
| 2 | 233969 | 369954 ² | 369538 ² | 3030360 | 369538 ² | 3000793 |
| 3 | 3072181 | 235827 | 369621 ³ | 369568 ⁴ | 367637 ² | 236950 |
| 4 | 240850 | 369568 ⁴ | 369745 ³ | 3030930 | 369621 ³ | 332956 |
| 5 | 3062939 | 236059 | 369954 ² | 3087985 | 369745 ³ | 3064379 |
| 6 | 3101567 | 236936 | 371465 ² | 3089757 | 368689 | 3046981 |
| 7 | 241195 | 240893 | 369263 ² | 369263 ² | 369791 | 242656 |
| 8 | 236597 | 3095411 | 368972 | 367637 ² | 3078667 | 235551 |
| 9 | 238274 | 3088796 | 3089142 | 369621 ³ | 363827 | 3085718 |
| 10 | 3073647 | 371465 ² | 347609 | 3067199 | 3090336 | 266637 |

¹ V_andro=androgisk vurdering, M_P100=motilitet ved fersk prøve, M24=motilitet ved 24 timer, M48=motilitet ved 48 timer.

Fargekoder ved samme oksefar (okse nr.): Oksefar=23007 (2011) (Asmo Tosikko Et), oksefar=4926 (2001) (Skjæret), oksefar=4219 (1996 og 1997) (P. Trætengen), oksefar=5737 (2006 og 2007) (Mellingen), oksefar=10739 (2013 og 2014) (Ravn), oksefar=10278 (2009) (Haga 2), oksefar=23004 (2010 og 2011) (Haisalan ponnistus), oksefar=4206 (1995 og 1996) (Y.Nærland), oksefar=5646 (2005 og 2006) (Heigre).

I tillegg til oksefedrene markert med farge i tabell 4 har også følgene okser avkom blant topp 10 på de ulike fruktbarhetsegenskapene: 4000 (Volum/2), 22013 (Volum/5), 11039 (Volum/6), 4231 (Volum/8), 4463 (Volum/9), 4023 (Tetthet/5), 233850 (Tetthet/7), 10565 (M24/8), 28005 (M48/1), 5845 (M48/2), 236950 (M48/7), 4218 (M48/8), 10704 (M48/9) og 239210 (M48/10).

5.0 Diskusjon

Det ble i dette studiet sett på 13 ulike fruktbarhetsegenskaper hos ungokser, hvorav 12 av egenskapene fikk beregnet arvegrader samt gjentakegrad og miljøvarians. Estimerte arvegrader varierte fra svært lave til moderate arvegrader (tabell 2). Egenskapene med lavest arvegrader, støtkode og utskaftingskode, hadde henholdsvis arvegrader på 0,007 og 0,004. Årsaken til de lave arvegradene kan være at det var svært liten varians i disse egenskapene (tabell 1). Disse er typiske enten/eller egenskaper, og det var svært få «uønskede» resultater for disse egenskapene. Uten å legge for mye vekt på disse i fremtiden, bør man allikevel følge med på utviklingen over tid, slik at det ikke går i negativ retning. Av egenskaper med moderat arvegrad fikk volum en arvegrad på 0,13 (tabell 2). Volum er en objektivt målt egenskap målt i ml. Observasjonene var ikke normalfordelt (figur 3), men hadde en betydelig spredning i målt mengde. Årsaken til at arvegraden er vesentlig lavere enn det andre studier har funnet kan være at ungoksene har mindre variasjon for volum, enn voksne seminokser som andre studert. Dette stemmer overens med det Mathevon et al. (1998) fant da de sammenliknet arvegrader for ungokser og voksne okser. De estimerte arvegrad på 0,24 for volum hos ungoksene (>30 måneder gamle), mens de estimerte en arvegrad for 0,44 hos de voksne oksene (4-6 år gamle). I dataene vi har sett på har oksene hatt en alder mellom 10-14 måneder, hvor de fleste har vært sirka 1 år ved tapping. For egenskapen tetthet estimerte vi en arvegrad på 0,08 (tabell 2). Ved registrering av egenskapen hadde det vært ulike tilnærminger over tid, illustrert i figur 5, som kan ha vært med på å redusere variansen, og dermed vært med på å redusere arvegraden. Mathevon et al. (1998) estimerte en arvegrad for tetthet hos de unge oksene på 0,52, og en arvegrad på 0,36 hos de voksne oksene. Dette er relativt likt Duqrocq & Humblots (1998) funn for egenskapen hos unge okser (12-15 måneder gamle). De estimerte en arvegrad på 0,37 for tetthet. Motilitetsegenskapene som i våre data er flere egenskaper har i andre studier kun vært en egenskap. Man kan anta at det er motilitet i ferske prøver som refereres til i andre artikler, som i dette studiet har fått en arvegrad på 0,04. Dette er en svært lav arvegrad sammenliknet med blant annet Duqrocq & Humblot (1998) som fant en arvegrad på 0,23 for egenskapen motilitet. Mathevon et al. (1998) fant derimot svært stor forskjell mellom arvegrader for motilitetsegenskaper relatert til alder. De fant en moderat arvegrad på 0,31 hos de unge oksene, mens hos de voksne oksene var arvegraden svært lav (0,01). I vårt studie kan årsaken til den relativt lave arvegraden være at motilitet er skjønsmessig vurdert. For egenskapen motilitet ved 48 timer fant vi den høyeste arvegraden i studiet. Den var på 0,14 og bør anses som interessant. Vi fant ikke noen andre

studier som har estimert arvegrad for denne egenskapen, så noen sammenlikning blir vanskelig. Egenskapen er uansett av betydning, da god motilitet etter 48 timer med lagring av ejakulatet, samtidig med en moderat arvegrad kan gjøre den interessant å ta med inn i avlsarbeidet. Den ville også kunne være en viktig del av en fremtidig hanndyrfruktbarhets-indeks og det ville være interessant å se om okser med høye estimerte avlsverdier for denne egenskapen vil ha høyere ikke-omløps prosent.

Samtlige av arvegradene som ble beregnet var lavere enn ved tidligere studier. Dette var noe overaskende da man hadde forventet at det ville vært en større genetisk variasjon i dette materialet, da det er uselektert og både de «gode» og de «dårlige» dyrene er med. Årsaken er trolig at dyrene er yngre enn i tidligere studier, og at variansen derfor er mindre av naturlige og fysiologiske årsaker. Det er også svært mange egenskaper i dette datasettet, blant annet motilitet som er delt opp i 6 egenskaper og flere av egenskapene er subjektivt bedømt. Egenskapene med kode fra 1-4, gitt subjektivt, vil derfor få mindre varians og dermed lavere arvegrad.

I dette studiet har det blitt sett på data fra ungekøyer i alder fra 10-14 måneder, hvor gjennomsnittet har vært rundt 12 måneder ved testing. Man bør stille seg spørsmålet om data fra så unge okser er representativt for hanndyrfruktbarhetsegenskapene de vil ha/ville hatt som voksne okser. Det ville være interessant å se på seminoksenes fenotype for fruktbarhetsegenskaper både som voksne og hvordan de testet som unge. Dette ville kunne gi et signal på om observasjoner som ungekøyer er representativt for hvordan oksen vil prestere som seminokse. Det ville også vært spennende å se om ungekøyens andrologiske vurdering var representativt i forhold til blant annet ikke-omløps % for de som har gått videre til semin. Er det noen indikasjon på at ungekøyer som har fått best score på andrologisk vurdering har høyest ikke-omløps prosent?

Frem til i dag har det vært en fenotypisk seleksjonen for hanndyrfruktbarhet hos Geno, som har bestått av å eliminere okser som ikke har oppfylt minimumskravene beskrevet tidligere. Det har ikke vært seleksjon på bakgrunn av avlsverdier for fruktbarhetsegenskapene. Duqrocq & Humblot (1998) fant i sine studier hos rasen Normande at 13,6 % av oksene ble sortert ut på grunn av spermiekvalitet. Dette utgjorde en seleksjonsintensitet på 0,252. De fant ved denne lave seleksjonsintensiteten ingen avlsfremgang over 11 år. Blant dataene i denne studien har vi blant annet sett at hele 9 % får 1 (ingen motilitet) i motilitets kode (figur 9). Det ble også sett at hele 31 % av alle observasjonene får karakter 2 (rir ikke) for ridelyst. Resultatene fra denne oppgaven viser heller ingen avlsfremgang for de ulike andrologiske egenskapene som er sett på, dette illustreres i figur 13. I figur 13 ser man de genetiske trendene over 25 år. Det er store

års-variasjoner og ingen helt klare trender. Ved å trekke en trend-linje går den for de fleste egenskapene nedover med unntak av motilitetskode (figur 13 n). Når man ser på y-aksens verdier er det allikevel ikke stor varians fra gode og mindre gode år. Vi ser videre at de estimerte avlsverdiene er tilnærmet normalfordelt, som for eksempel volum. Graffer et al. (1988) studerte data fra NRF fra 1978-1984 hvor de i hovedsak ble selektert basert på fenotypiske egenskaper som godkjente doser, forkastede doser og totalt antall produserte doser. De konkluderte med at å selektere for godkjente doser, som hadde estimert arvegrad på 0,34, ville ha en god effekt på videre hanndyrfruktbarhet. Fra 1970-1980 ble det ekskludert 200 okser fra «programmet» på grunn av dårlig spermieproduksjon, manglende ridelyst eller underutviklede testikler.

Vi ser effekt av alder ved tapping på særlig volum og tetthet. Dette fant også Fuerst-Waltl et al. (2006) for egenskapen volum. De fant også signifikant effekt av tappingshyppighet. Dette ble ikke sett på i dette studiet, men det ble sett en tydelig effekt av tappingsnummer for samtlige egenskaper.

Utarbeidelsen av en hanndyrfruktbarhets-indeks ville vært svært interessant. Det kan tenkes at det i dag vil velges ut okser, blant halvbrødre, hvor den som går videre til semin har dårligere spermiekvalitet enn sin bror etter samme far. Årsaken til det kan være at man i dag foretrekker okser som er bærere for kollet fremfor hornet, og okser som er ikke-bærere av fruktbarhetsdelesjon mutasjonen, fremfor en som er bærer. Ved en større bevissthet på de registrerte resultatene for spermiekvalitet og ridelyst vil man kunne gjøre andre valg, enn det som er gjort frem til i dag. Ved en innføring av fruktbarhets-indeks vil slike valg gjøres enklere, og man vil kanskje gjøre noen andre valg for fremtiden når det for eksempel står mellom to brødre etter samme far.

Litteratur antyder at testikkelstørrelse og pungomkrets er en god indikator for god fruktbarhet. Både Noakes et al. (2009) og Knights et al. (1984) påpeker viktigheten av oppnådd god pungomkrets relatert til alder, for god spermieproduksjon. Sistnevnte estimerte en arvegrad på 0,36 noe som gjør det til en interessant egenskap å vurdere å ta med i en fremtidig hanndyrfruktbarhets-indeks. Fordelen med pungomkrets er at det er et objektivt mål, som kan relateres til den eksakte alderen ungoksen har når den blir målt. I tillegg er det funnet korrelasjoner mellom egenskapen og oksens vekt/utvikling. Penny (2006) påpeker viktigheten av pungomkrets relatert til at okser med mål som ligger under terskelmålene for alder i verste fall kan være sterile. Slike okser ønsker man selvsagt ikke å bruke ytterligere tid og ressurser på i et avlsarbeid. En kan anta at de fleste av denne typen okser forsvinner ved eksteriørvurdering før de kvalifiserer for fruktbarhetsundersøkelser ved Øyer.

Lynne er en egenskap som har vært i avlsmålet til NRF lenge, og har ikke blitt noe mindre viktig de senere årene, da med tanke på tilpasning til melkerobot. I dette studiet har vi sett at for egenskapen ridelyst er det hele 31 % (1/3) av observasjonene som ikke rir opp. Dette burde være noe Geno kan se nærmere på. Det kan være flere årsaker til at en okse ikke vil ri opp. Penny (2006) nevner blant annet smertefulle tilstander som halthet og ryggsmarter, men mener at oksens alder samt individets rang i en binge vil kunne være årsaker til manglende ridelyst. I tillegg vet man at kjønnsdriften (libido) gjerne er styrt av androgener, hannlige kjønnshormoner, som for eksempel testosteron. En tanke kan være at man ved seleksjon for svært godt lynne, også kan redusere oksenes kjønnsdrift ved å redusere deres androgennivå. Oksene i dette studiet er mellom 10 og 14 måneder, så det kan være naturlig at en ungekse på 10 måneder har lavere kjønnsdrift enn en okse på 14 måneder. Det vil kunne gjøres ytterligere studier av denne egenskapen med tanke på å dele opp egenskapen for de ulike aldersgruppene.

I tabell 3 vises en oversikt over de ti beste oksene for 6 ulike hanndyrfruktbarhetsgenskaper. Det er interessant å se at det er en tydelig dominans av én oksefar, nemlig 5737 Mellingen. Han har hele 11 ulike sønner med på topp 10 tabellen for flere av egenskapene. Flere av disse sønnene er også i toppen for flere egenskaper, og det kan særlig nevnes oksene 369568 (Bø) som var topp ti for 4 egenskaper samt 369621 (Hagen) og 369745 (Kvitland) som begge er topp ti for 3 egenskaper. Hele 9 oksefedre er presentert med 2 eller flere sønner med observasjoner på topp ti listen basert på deres BLUP-verdier. Dette er interessante funn, og bør absolutt være av interesse for fremtidig avlsplanlegging på hanndyrsiden.

Ved begrensningen av datamaterialet var det viktig å få ryddet bort opplagte feilregistreringer, samt sette begrensninger som ikke ekskluderte for mange observasjoner. Dette blir til slutt en skjønns-sak hvor det ikke finnes noen grense som er helt korrekt. Ved utvelgelse av faste effekter som skulle være med i modellen ble det gjort flere vurderinger. Det ble blant annet slått sammen flere variabler, som igjen ble en ny variabel, for eksempel ble kalvens pulje nummer og året kalven ble født slått sammen til én variabel (PuljeAar). Andre faste effekter som kunne ha vært med i modellen var blant annet binge nr., oksens vekt ved tapping, personer som tappet og personer som vurdert spermieprøvene samt tappingsintervall. Flere av disse faste effektene er en del av de valgte faste effektene vi har med i modellen. For videre analyse av dette datamaterialet ville det vært interessant å tatt med oksens vekt ved tapping. Dette ville kunne gi svar på om hvor mye oksens vekt og fysisk modning korrelerer med andrologiske egenskaper. Tappingsintervall ville også kunne være interessant å tatt med i en fremtidig modell, men da dette kun er ungekser, og de fleste kun tappes tre ganger blir det allikevel ikke

så viktig, som det ville ha vært for godkjente okser i spermiereproduksjon. For egenskapen tetthet ble det sett at det hadde vært ulike tilnærminger til registrering av antall. Dette ble tydelig beskrevet i kapittelet materiale og metode (figurene 4 og 5), og er trolig forårsaket av eldre måleinstrumenter som ikke hadde mulighet til å registrere tetthet under en viss mengde. Denne egenskapen kunne derfor vært delt inn i flere ulike egenskaper basert på hvilken tilnærming til registrering. Dette ble ikke gjort i denne oppgaven, hvor vi har forholdt oss til de observasjonene som er registrert. Dette kan dog være årsaken til at arvegraden ble noe lavere enn tidligere studier har funnet, da variasjonen for egenskapen ble mindre. Det ville vært mer ideelt å se på egenskaper som er i direkte mål, slik som for eksempel volum. Det burde være mulig å utvikle mer nøyaktige analyse metoder for evalueringen av spermieegenskapene, slik at den skjønsmessige vurderingen blir et minimum og man kan tenke seg at variasjonen vil øke for egenskapene, som igjen vil kunne gi høyere og enda mer sikre arvegrader.

For fremtiden vil det ligge et stort potensiale i selektere for hanndyrfruktbarhet basert på estimerte avlsverdier og genomisk seleksjon. Når man i fremtiden får SNP for kalver med genomiske avlsverdier, vil man kunne unngå å kjøpe inn kalver med dårlig potensiale for fruktbarhetsegenskapene. Dette er kalver som i dag tar opp plassen for andre kalver som har større mulighet til å bli seminokser. Skal man tenke seg en fremtidig hanndyrfruktbarhetsindeks blir man nødt til å diskutere hvilke egenskaper som skal med, og i hvor stor grad de bør vektlegges. Genetiske korrelasjoner mellom de ulike hanndyrfruktbarhetsegenskapene burde regnes ut, samt genetiske korrelasjoner mellom disse og andre viktige egenskaper i avlsmålet.

Det er i hvert fall nok grunnlag i dataene fra Øyer til å vurdere et mer fremtidsrettet avlsarbeid på fruktbarhetsegenskapene. Man har på hundryrsiden kommet svært langt når det gjelder fruktbarhetsegenskaper, slik at det kan være noe å hente ved å ta nye grep på hanndyr siden.

6.0 Konklusjon

Basert på data fra Genos teststasjon på Øyer har det blitt beregnet arvegrader og estimert avlsverdier for ulike hanndyrfruktbarhetsegenskaper. Det har gjennom de 25 årene som dataene representerer ikke vært noen tydelig avlsfremgang for de ulike egenskapene, men det er variasjoner mellom år. Arvegradene varierte fra lave (0,004) til moderate (0,14) som viser et potensiale for å bruke disse egenskapene til å forbedre avlsarbeidet på hanndyrsiden, og i fremtiden kunne gjøre grep som vil være kostnadseffektive. NRF er en robust populasjon, og har vært flinke til å bevare en stor effektiv populasjonsstørrelse. Derfor har de mulighet til å gjøre grep også på hanndyrfruktbarhet. Ved å få mer objektive målinger for de ulike egenskapene, tenke fremtidsrettet mot seleksjon for hanndyrfruktbarhet ut i fra genomiske avlsverdier vil det være et potensiale for avlsfremgang og kostnadseffektivisering.

7.0 Referanser

Druet, T., Fritz, S., Sellem, E., Basso, B., Gérard, O., Salas-Cortes, L., Humblot, P., Druart, X., Eggen, A. 2009. Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls. *J. Anima. Breed. Genet.* 126 (2009) p.269-277.

Ducrocq, V. & Humblot, P., 1998. Is selection on semen characteristics needed? *Interbull Bulletin No.18* (1998) p.68-73.

Fuerst-Waltl, B., Schwarzenbacher, H., Perner, C., Sölkner, J., 2006. Effect of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. *Animal Reproduction Science* 95 (2006) p.27-37.

Geno (2014) Karakteristikk hos NRF. Oppdatert: 30.09-14. Lokalisert 24.04-17
<http://www.geno.no/Start/Geno-Avler-for-bedre-liv/om-nrf-kua/Karakteristikk-hos-NRF/?parent=>

Geno (2015-a) Innsamling av DNA. Oppdatert: 21.09-15. Lokalisert 21.04-17 på:
<http://www.geno.no/Start/Avl/Kalvekjop/Innsamling-av-DNA/?parent=>

Geno (2015-b) Mutasjon i nordiske kuraser. Oppdatert: 09.11-15. Lokalisert 21.04-17
<http://www.geno.no/Start/Avl/annet-fagstoff/mutasjon-i-de-nordiske-rode-rasene/>

Geno (2016-a) NRF i Norge og verden. Oppdatert: 17.11-16. Lokalisert 15.03-17 på:
<http://www.geno.no/Start/Geno-Avler-for-bedre-liv/om-nrf-kua/NRF-i-Norge-og-verden/?parent=>

Geno (2016-b) Uttak av okser fra Øyer. Oppdatert: 21.01-16. Lokalisert 24.04-17
<http://www.geno.no/Start/Avl/Kalvekjop/Okseuttak/?parent=>

Geno (2017-a) Genomisk seleksjon i NRF avlen. Oppdatert: 02.05-17. Lokalisert: 09.05-17 på:
<http://www.geno.no/Start/Avl/Genomisk-seleksjon/genomisk-seleksjon-i-nrf-avlen/?parent=>

Geno (2017-b) Krav til seminokseemnet. Oppdatert: 15.03.17. Lokalisert 21.04-17 på:
<http://www.geno.no/Start/Avl/Kalvekjop/Krav-til-seminokseemnet/>

Graffer, T., Solbu, H., Filseth, O., 1988. Semen production in artificial insemination bulls in Norway. *Theriogenology*, November 1988, Volume 30, No.5. p.1011-1021.

Kadri, N.K. et al., 2014. A 660-Kb Deletion with Antagonistic Effects on Fertility and Milk Production Segregates at High Frequency in Nordic Red Cattle: Additional Evidence for the Common Occurrence of Balancing Selection in Livestock. *PLOS Genetics* January 2014, Volume 10, Issue 1.

Knights, S.A., Baker, R.L., Gianola, D., Gibb, J.B., 1984. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling angus bulls. *Journal of Animal Science*, Volume 58, No. 4, 1984. p.887-893.

Madsen, P. & Jensen, J. 2012. A user`s guide to DMU. A package for analysing multivariate mixed models. Version 6, Release 5.1. University of Aarhus Faculty Agricultural Science (DJF) Dept Genetics and Biotechnology.

Mathevon, M., Buhr, M.M., Dekkers, J.C.M., 1998. Environmental, management, and genetic factors affecting semen production in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 81, 1998, p.3321-3330

Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W., 2009. *Veterinary Reproduction and Obstetrics*, Ninth Edition, Chapter 30, Part 6, The male animal, p.709-713.

Penny, C.D., *Beef Herd Fertility, Bull Fertility*. Published 2006, Reviewed by C. Penny 2016, Lokalisert 24.4-17 på: <http://www.nadis.org.uk/bulletins/beef-herd-fertility/bull-fertility.aspx>

SAS Institute Inc., 2011. *SAS/STAT*® User`s Guide, Version 9.3, Cary,



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway