



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp
Fakultet for biovitenskap

**Vekstkurve fra lam til voksen søye
hos norsk kvit sau, observert som
slaktevekt hos døtre:
Genetisk variasjon mellom fedre,
arvbarhet og korrelasjoner mellom
aldre, samt effekten av lammetall på
søyens egen slaktevekt**

Growth curve from lamb to adult ewe, in Norwegian White Sheep, observed as daughter's carcass weight: Genetic variation between sires, heritability and correlation between ages, with the effect of lamb born on the ewe's own carcass weight

Oda Vittor
Husdyrvitenskap

Forord

Denne oppgaven marker avslutningen på min mastergrad, med spesialisering innen avl og genetikk, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er en del av PhD-prosjektet “Robust, resilient and sustainable ruminant production for future resource constraints and climatic conditions: systems modelling” v/stipendiat Line S. Kierkegaard.

Fra starten av dette studiet har jeg vært fasinert av avl og genetikk, uten å ha noen trekning til en spesiell husdyrart. Da jeg fikk forslaget om å jobbe videre med problemstillinger i en tidligere masteroppgave på sau virket dette veldig spennende. Jeg har gjennom oppgaven lært mye om avlsprogrammet og produksjon på sau. Denne oppgaven tar som nevnt utgangspunkt i en tidligere skrevet masteroppgave «Genetisk analyse av utvikling i kroppsvekt frå lam til vaksen søye hjå norsk kvit sau – utnytting av eksisterande informasjon om slaktevekter» (Øygarden, 2019).

Selv om disse oppgavene tar utgangspunkt i noe av de samme problemstillingene, å analysere slaktevekt for søyer og søyelam, skiller denne oppgaven seg fra Øygardens på flere måter. I Øygardens oppgave ble det brukt data fra to værringer i Buskerud, med totalt 36822 observasjoner, mens denne oppgaven baserer seg på alle dyr i værringene fra årene 2000 – 2021. I tillegg inkluderer denne oppgaven informasjon om effekten av slaktemåned og reproduksjon i første leveår.

Til slutt vil jeg rette en stor takk til min hovedveileder Geir Steinheim og min tilleggsveileder Gunnar Klemetsdal for stor inspirasjon under prosessen, gjennom sitt brennende engasjement. Jeg har fått stor hjelp og oppmuntrende ord, både i helger, kvelder og helligdager.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

NMBU

Ås, 14.03.2022

.....

Oda Vittor

Sammendrag

For å forhindre en ytterligere økning av voksenalvekt på norsk kvit sau ble det i denne oppgaven studert gjennomsnittlig vekstutvikling fra lam til søye, samt om ulike fedre gir døtre med ulike vekstkurver. Slaktevekt registrert på slakteriet ble brukt for å representere kroppsstørrelse. I tillegg undersøkte en hvilken effekt slaktemåned har på slaktevekt (kg), og hvilken effekt reproduksjon første leveår har på slaktevekt (kg). Det opprinnelige datasettet bestod av data fra Sauekontrollen og inneholdt samtlige data fra værringer i årene 2000 – 2021. Ut fra dette ble det generert tre ulike datasett, til de tre ulike problemstillingene. Både gjennomsnittlig slaktevektskurve og utvikling i slaktevekt for hver far ble modellert ved bruk av Legendrepolymer ved $0^{\text{te}} - 3^{\text{dje}}$ grads orden, i en farmodell. Modellene ga gjennomsnittlig utvikling i slaktevekt med alder, men estimerte også genetisk variasjon, arvegrader, og korrelasjoner, alt langs aldersgradienten fra 50 dager til 7 år. Avlsverdier for fedre ble estimert langs samme datter aldersgradient.

Resultatet av analysene viste at slaktevektinformasjon kan ha et potensiale i avlsprogrammet for norsk kvit sau. Det ble estimert en arvegrad på 0,12, på slaktevekt ved 154 dagers alder, som i dag er seleksjonstidspunktet for norsk kvit sau, samt genetisk variasjon på 1,05. Den genetiske korrelasjonen mellom vekt på slaktelam ved 154 dag og søyer ved 730 dager, ble beregnet til 0,33. Effekten av slaktemåned er signifikant og bør korrigeres for ved beregning av avlsverdier. Effekten av økt lammetall ved første lamming var på 0,19 kg slaktevekt per merkede lam og er en effekt som bør sees nærmere på. Det ble laget en gjennomsnittlig vekstkurve, de 15 fedrene med flest døtre ble valgt ut for å illustrere hvordan fedre avviker genetisk fra gjennomsnittkurven. Resultatet viste genetisk variasjon i avviket fra den gjennomsnittlige vekstkurven, og indikerer også at ulike fedre gir ulik form på vekstkurver, noen mer hensiktsmessige enn andre. Genomisk seleksjon er allerede implementert i avlsprogrammet for norsk kvit sau og man vil derfor mer effektivt kunne selektere for maternale egenskaper, som for eksempel voksenalvekt. Dette er en effekt som har en sterk påvirkning på fôr- og ressurseffektivitet for lammeproduksjon, samt for holdbarhet, og bør være en egenskap å prioritere i avlen. Moderate eller lave korrelasjoner mellom slaktevekt for lam vs. voksne søyer viser at seleksjon mot økte voksenalvekter vil muliggjøre fortsatt seleksjon for rask lammetilvekst.

Abstract

To prevent a further increase in adult body weight of Norwegian White Sheep, this study focuses on weight development from lamb to grown ewe, and studies potential differences in genetic daughters' growth curves from different sires. This study uses information on carcass weight from abattoirs and carcass weight is thus a proxy for body weight. In addition, the effect of season at slaughter related to carcass weight and the ewe's own first reproductive effort are studied on subsets of the data. Datasets for the analyses contained information from The Norwegian Sheep Recording scheme ("Sauekontrollen"), with data from farms that were members of ram evaluation rings for the years 2000 – 2020. From this it was generated three datasets for the three different thesis statements. Sire models were used to model the mean curve for carcass weight and the development for carcass weight to each sire. Effect of slaughter age in days were modelled as continuous using 0th to 3rd order Legendre polynomials for ages 50 days to 7 years, effect of time of year and own reproduction, as well as genetic parameters (genetic variation and heritability, genetic correlations between different slaughter ages), were estimated for ewe lambs and ewes 50 days to 7 years and for only adult ewes.

The result of the analysis indicates that information about carcass weight could have a potential in the breeding program. The estimated heritability for lamb 154 days of age, which is the selection point for Norwegian white sheep, was 0,12 and the genetic variation was 1,05. The genetic correlation between weights on slaughtered lambs, (154 days of age) and ewes (730 days of age) was estimated to 0,33. The result shows that it is a significant effect on weight, of which period of year slaughtered and this should be corrected for when estimating breeding values. Increased number of lamb first reproduction was positive correlated to ewe's own carcass weight, with 0,19 kg for each market labelled lamb. A mean growth curve, together with the divergence of sires was generated. The divergence of sires was illustrated by the 15 most used sires. The results showed that it is a genetic variation in the divergence between sires, that indicates that sires give unequal growth curves, some more suitable than others.

This study demonstrates that carcass weights is an easily available trait for selection and may be used to select for lessened or reversed increase in adult body weights; the pattern of genetic correlations point at this being possible without much cost in terms of reduced efficiency in selection for pre-

weaning lamb growth. Selection for this late-in life recorded trait will be made easier by the now emerging use of genomic selection in Norwegian sheep breeding. Moderate to low correlation between carcass weight for lamb, and adult carcass weight makes it possible to breed for both traits at once.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag.....	II
Abstract	III
Innholdsfortegnelse.....	1
1. Introduksjon.....	2
2. Material og metode	4
2.1 Datamateriale og analyseverktøy	4
2.2 Utvalg og bearbeiding av data.....	4
2.3 Statistiske analyser	6
3. Resultat	8
4. Diskusjon	16
5. Konklusjon.....	19
6. Kilder	20

1. Introduksjon

Saueavlen i Norge har i mange tiår fokusert på raskt lammetilvekst og økt lammetall (Eikje et al., 2008). Rask tilvekst er ønskelig, slik at bonden kan benytte seg av beitemulighetene gjennom sommeren. Det er rimelig å anta at dyr som vokser raskt og er større enn gjennomsnittet første høst, også vil være relativt store som voksne, sett i forhold til populasjonens middel. Store søyer krever mer ressurser enn mindre dyr, blant annet ved økt fôrbehov. Lillehammer et al. (2005) fant i sin studie en negativ korrelasjon mellom økt søyevekt og produksjonseffektivitet.

Seleksjon for rask tilvekst, har vist seg å øke den gjennomsnittlige voksenvekten i populasjonen og den vil sannsynligvis øke ytterligere om det ikke gjøres endringer i avlsmålene (Boman, 2010; Boman & Eikje, 2011; Näsholm & Danell, 1996). Boman og Eikje (2011) estimerte en økning i søyevektene for norsk kvit sau på 0,7 kg/år. Voksenvekten er ikke inkludert i avlsmålene, til tross for at det er rimelig å anta en sterk korrelasjon mellom voksenvekt og lammevekt (Näsholm & Danell, 1996). Det er ønskelig å selekere dyr som har en bratt vekstkurve og som dermed når ønsket slaktevekt tidlig i livet (Boman & Eikje, 2011), men som likevel har en relativt liten genetisk voksenvekt. Det har vært frivillig å registrere voksenvekter i Sauekontrollen (Klaseie & Lystad, 2020), og få brukere har valgt å ta ekstraarbeidet med å veie de voksne dyrene. Det er i tillegg rimelig å anta at dette vil være en egenskap som er vanskelig registrere presist på grunn av ulike miljøfaktorer som kan påvirke vekten i ulik grad, for eksempel vominnhold, ullmengde osv. Slaktevekt blir derimot observert meget presist (Eikje et al., 2008) og dette er en egenskap som er tilgjengelig uten ekstra kostnad for avlsprogrammet, for alle dyr slaktet på kommersielle slakterier.

I denne oppgaven antas det at slaktevekt er et relevant mål på levendevekt fordi dette er egenskaper som er sterkt korrelert (Kennedy, 2019). Levendevekt påvirker næringsbehov, fjøsplass, og andre kostander forbundet med kroppsvekt og størrelse. Vanlig slakteprosent på norsk kvit sau på beite er 40 prosent på værlam og 42 prosent på søyelam (Advem, 2002). Søya anses å nå toppen av vekstkurven ved 5 års alder, som også er alderen der søyene produserer flest lam (Mysterud et al., 2002), men de ser ut til å nå tilnærmet voksenvekt allerede tredje vinter (Boman & Eikje, 2011). Det betyr at søyen fremdeles er i sterk vekst, ved påsett første vinter. Det er dermed rimelig å anta at vekstkurven påvirkes av ressursallokering mellom søyen og lammene og at dette vil kunne påvirke søyens egen tilvekst, samt påvirke hennes mulighet til å innhente normal vekt før nytt

påsett, dersom hun utsettes for et stort vekttap i den pre- og eller postnatale perioden, uten å klare å ta seg opp igjen. Det vil være rimelig å anta at søyer som gjentatte år har et lammetall høyere enn gjennomsnittet, vil kunne ha vanskeligheter for å innhente egen normalvekt. Dette vil kunne påvirke søyens holdbarhet, et økt lammetall har vist seg å ha en negativ korrelasjon med holdbarhet (Douhard et al., 2016).

Formålet med denne oppgaven er å se på genetisk variasjon og arvbarhet hos fedre for egenskapen slaktevekt hos datter, samt undersøke sammenhengen mellom lammevekt og voksenvekt. Denne sammenhengen kan påvirke det økonomiske utfallet av produksjonen. Det vil dermed være nyttig å estimere i hvilken grad dette er egenskaper som kan avles på uavhengig av hverandre. Det vil i tillegg sees på effekt av slaktemåned, samt effekten av lammetall på slaktevekten til søyen selv. I oppgaven benyttes slaktevektdata fra Sauekontrollen til å estimere gjennomsnittlig utvikling i slaktevekt i populasjonen, men også genetiske variasjoner over tid, flokkvariasjon, residual variasjon over tid og tilhørende arvegrader, korrelasjoner mellom aldre fra 50 dager til 7 år, samt avlsverdier for fedre over samme tidsrom, ved hjelp av en farmodell. Oppgaven har to hovedproblemstillinger: 1) omhandler hvorvidt en kan benytte slaktevekt i avlsverdiberegning, som en egenskap for voksenvekt i avlsmålene og sammenheng mellom lamme- og voksenvekter og 2) ser på hvilken fenotypisk effekt lammetall som åring har på søyens egen slaktevekt senere i livet.

2. Material og metode

2.1 Datamateriale og analyseverktøy

Data ble gjort tilgjengelig fra Sauekontrollen Animalia og i dette studiet ble det brukt data fra medlemmer i værringer, årene 2000 – 2021 (Klaseie & Lystad, 2020). Datagrunnlaget ble bearbeidet ved hjelp av SAS 9.4 programvare (SAS Institute Inc., 2021) og deretter analysert med lineære modeller i ASReml-W 4.2 programvare (Gilmour, AR & Thompson, R, 2021). Resultater fra analysen ble så brukt til etterberegning av genetiske parametere ved hjelp av IML-prosedyren i SAS.

2.2 Utvalg og bearbeiding av data

Følgende kriterier ble lagt til grunn for å inkludere observasjoner i datasettet: Søyer og søyelam fra rasen norsk kvit sau, født i tidsperioden 2000 – 2020 ble tatt med. Individuer uten komplett slakteinformasjon, det vil si vekt, fettgruppe, slaktegruppe, eller slakteklasse, ble fjernet. Dyr med de 0,1 % minste og største slaktevektene ble også fjernet, noe som resulterte i et slakteintervall mellom 9,5 kg og 54 kg. Dyr slaktet yngre enn 50 dager ble utelukket fra datasettet, da dette ansees å være unormalt unge slakt, dette utgjorde 0,18 % av dyrene. Av samme grunn ble søyer som slaktes eldre enn 9 år utelukket, dette utgjorde 0,2 % av dyrene. Kopplam ble ikke tatt med i datasettet. Det ble laget 10 ulike aldersklasser i samtlige datasett for estimering av ulike residualvarianser per aldersgruppe, se aldersklasser med fordeling i Tabell 1.

Kun data fra gård * år klasser med slakteopplysninger for 10 eller flere individer ble tatt med, mens alle data fra gårder med færre enn 7 slike gård * år klasser i perioden 2000 – 2020 ble ekskludert.

Ut fra dette ble det generert tre datasett, hvor datasettene to og tre er basert på datasett 1, men med ytterligere krav. Datasett 1 inneholder samtlige av de overnevnte dyrene og har dyr i samtlige aldersklasser. Kun avkom etter fedre med 10 eller flere slaktede døtre ble inkludert,

Tabell 1 Oversikt over aldersklassene

Aldersklasse	Alder i dager
1	50- 121
2	122-214
3	215-364
4	365-729
5	730 - 1094
6	1095 - 1459
7	1460 - 1824
8	1825 - 2189
9	2190 - 2554
10	2554 <

totalt 833 440 individer. Datasett 2 inneholder kun aldersklassene 4 – 10, dvs. alle dyr over 1 år. Igjen ble det stilt krav om minst 10 avkom per far og datasettet inneholdt 130 531 døtre. I dette datasettet ble det inkludert en variabel for 4 ulike slakteperioder (kvartal for når dyrene ble slaktet, januar til mars, april – juni, osv.). Datasett 3 inneholder aldersklassene 3-10, samt fedre med over 10 slaktede døtre, i tillegg til at søyene måtte ha hatt minst ett eget kull som åring. Det ble laget en variabel for kullstørrelse for disse påsatte søyene. For å lage denne variabelen ble værlam inkludert i beregningene. Søyer med en kullstørrelse på mer enn 7 merkede lam ble fjernet fra datasettet, da dette ansees som unormalt. Datasett 3 inneholdt i alt 106 378 individer. Datasett 1 og 2 ble benyttet til utregning av genetiske parametere, mens datasett 3 ble benyttet primært til å estimere hvilken effekt kullstørrelse første året har på slaktevektene til søyene selv.

En slektskapsmatrise for fedre ble utarbeidet fra det komplette datasettet inneholdende samtlige individer i Sauekontrollen. Det ble gjort separat for hvert datasett. I slektskapsmatrisen mellom fedre ble mor-informasjon satt til å være ukjent. For datasett 1 inneholdt slektskapsmatrisen 30 256 fedre, slektskapsinformasjon for dette datasettet strakk seg 9 generasjoner tilbake. Datasett 2 og 3 hadde vesentlig færre fedre i slektskapsmatrisen, henholdsvis 4 937 og 6 506 individer. For datasett 2 fantes det slektskapsinformasjon 7 generasjoner tilbake, mens det for datasett 3, var fedre som hadde 8 generasjoner med kjent slektskap.

2.3 Statistiske analyser

For å gjøre en genetisk analyse på slaktevekter ble det benyttet en farmodell, og den genetiske effekten av alder ved slakting for værenes døtre ble modellert som Legendre-polynomer av nulte til tredje grad som anbefalt av Schaeffer (2004). Legendre-polynomer er ortogonale seg imellom, og polynomtilnærmingen gir stor fleksibilitet når genetiske parametere og korrelasjoner skal beregnes langs aldersintervallet se Schaeffer (2004) for detaljer.

For å analysere slaktevekter hos søyer med slaktealder mellom 50 dager og 3650 dager ble følgende modell brukt:

$$y_{ijk} = b_0 \text{leg}_0 + b_1 \text{leg}_1 + b_2 \text{leg}_2 + b_3 \text{leg}_3 + f_{yj} + b_{0fari} \text{leg}_0 + b_{1fari} \text{leg}_1 + b_{2fari} \text{leg}_2 + b_{3fari} \text{leg}_3 + e_{ij}$$

Hvor:

- y_{ijk} = observert slaktevekt i kg, for søye k ,
- $b_0 - b_3$ = faste regresjonskoeffisienter,
- $\text{leg}_0 - \text{leg}_3$ = ortogonale Legendrepolynomer (Schaeffer, 2004), for gjennomsnittlig vekstkurve,
- f_{yj} = Den j -te tilfeldige effekten av flokk * år, $\sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_{fy}^2)$, med \mathbf{I} , identitetsmatrise.
- $b_{0fari} - b_{3fari}$ = tilfeldige regresjonskoeffisienter av 0-te til 3-dje orden for den i -te fars avvik fra gjennomsnittskurven, når en antar følgende fordeling:

$$\sim N \left(\begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{A} \otimes \begin{pmatrix} \sigma_{\beta_0}^2 & \cdots & \sigma_{\beta_0\beta_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{\beta_0\beta_3} & \cdots & \sigma_{\beta_3}^2 \end{pmatrix} \right),$$

- \mathbf{A} er den additive slektskapsmatrisen for fedre,
- \otimes representerer Kroneker produktet, blokkmatrisen,
- diagonalen, \mathbf{G} inneholder varianser, og off-diagonalen er kovarianser, og
- e = restfeil, tilfeldige feileffekter, modellert med ulike heterogene feilvarianser for hver av de 10 slakteklassene, $\sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_e^2)$, med \mathbf{I} som, identitetsmatrise.

De gjennomsnittlige vekstkurvene, ble estimert ved $\mathbf{Z}'\mathbf{b}$, hvor b-vektoren inneholder de estimerte faste regresjonskoeffisientene av Legendre polynomene fra modellen, \mathbf{Z} matrisen inneholder i hver rad: $\text{leg}_0 - \text{leg}_3$ for første alder i hver aldersklasse, samt for 154 dager. Slaktealderen på 154 dager er tidspunktet slaktevekten korrigeres til for å beregne saueindeks hos Sauekontrollen (Blichfeldt, 2020). Genetisk farvarians og kovarians ved de valgte tidspunktene ble beregnet ved hjelp matrise regning i SAS proc IML: $F = \mathbf{Z}\mathbf{G}\mathbf{Z}'$, og ble benyttet til å beregne arvegrader, som for eksempel ved tiden t_1 .

$$h_{t_1}^2 = \frac{4\sigma_{s_{t_1}}^2}{\sigma_{s_{t_1}}^2 + \sigma_{h_y}^2 + \sigma_{e_{t_1}}^2}$$

Genetiske korrelasjoner mellom for eksempel t_1 og t_2 ble regnet som følger:

$$r = \frac{\sigma_{s_{t_1}, s_{t_2}}}{\sigma_{s_{t_1}} \sigma_{s_{t_2}}}$$

hvor genetiske kovarians mellom tid t_1 og t_2 er $\sigma_{s_{t_1}}^2$ og $\sigma_{s_{t_1}, s_{t_2}}$.

Predikerte arvegrader for hver i -te fars avvik fra gjennomsnittet ble beregnet ved $\mathbf{Z}\mathbf{b}_{far_i}$, hvor b-vektoren inneholdt $b_{0_{far_i}}, \dots, b_{3_{far_i}}$. Modellen ble kjørt i ASReml- W 4.2 (Gilmour, A. & Thompson, R., 2021).

3. Resultat

Tabell 2 beskriver hvordan individene fordeler seg på aldersklassene, for datasett 1. Aldersklasse 2, med lam slaktet i løpet den konsentrerte høstslaktingen, dominerer datasett 1. Tabell 3 viser på samme måte antall data på aldersklassene i datasett 2, med søyer slaktet ved alder > 364 dager. Tilsvarende informasjon i datasett 3, er vist i Tabell 4. Spesielt for dette siste datasettet er at det finnes svært få dyr i aldersklasse 3, dette tyder på at det er få dyr som slaktes rett etter lamming. I samtlige datasett er gjennomsnittlig slaktevekt størst i klasse 7 (4-5 års alder), og den synker ikke nevneverdig før i klasse 9, ved 6 års alder.

Tabell 2 Oversikt over aldersklassene i datasett 1, samt beskrivende statistikk i datasett 1 (alle data)

Aldersklasse	Alder i dager	N	Gj.snitt	min	max	std
1	50- 121	13480	19,61	9,5	37,3	3,01
2	122-214	571221	19,69	9,5	52,1	2,67
3	215-364	49436	20,81	9,5	53,5	4,52
4	365-729	37245	29,4	9,8	54	6,07
5	730 - 1094	40400	33,91	11,8	54	6,30
6	1095 - 1459	35006	36,06	10,1	54	6,40
7	1460 - 1824	28612	36,65	13,2	54	6,39
8	1825 - 2189	22662	36,25	10,5	54	6,28
9	2190 - 2554	20265	34,48	14,7	54	5,95
10	2554 <	15113	32,43	13,43	53,6	5,58

Tabell 3 Oversikt over aldersklassene i datasett 2, samt beskrivende statistikk i datasett 2 (søyer eldre enn ett år)

Aldersklasse	Alder i dager	N	Gj.snitt	min	max	std
4	365-729	22534	29,64	9,8	53,8	6,00
5	730 - 1094	25882	34,06	12,9	54	6,30
6	1095 - 1459	23147	36,27	10,1	54	6,38
7	1460 - 1824	19228	36,8	13,2	54	6,37
8	1825 - 2189	15567	36,35	10,5	54	6,25
9	2190 - 2554	13830	34,63	14,7	54	5,98
10	2554 <	10343	32,64	13,5	53,6	5,53

Tabell 4 Oversikt over aldersklassene i datasett 3, samt beskrivende statistikk i datasett 3 (søyer som selv har fått lam)

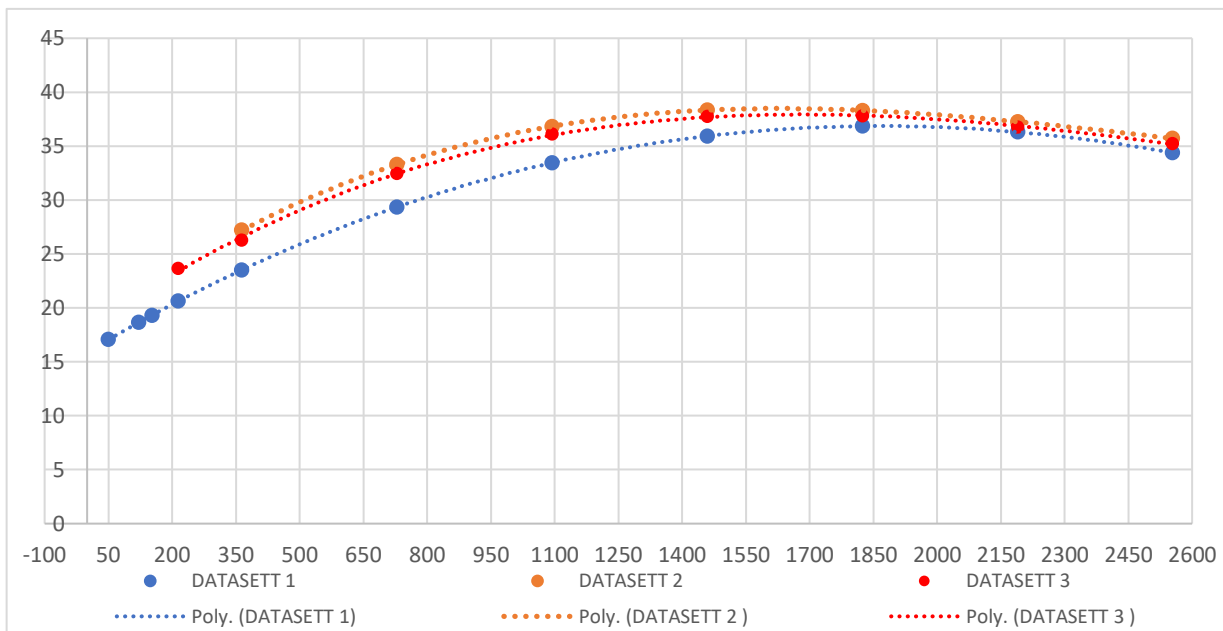
Aldersklasse	Alder i dager	N	Gj.snitt	min	max	std
3	215-364	13	23,24	12,3	33,2	5,41
4	365-729	19722	29,11	10,6	51,7	5,39
5	730 - 1094	20328	33,94	12,9	54	6,17
6	1095 - 1459	18567	36,45	10,1	54	6,37
7	1460 - 1824	15618	36,98	13,2	54	6,35
8	1825 - 2189	12600	36,53	15,97	54	6,24
9	2190 - 2554	11285	34,77	14,7	54	5,96
10	2554 <	8245	32,73	13,5	53,6	5,50

Tabell 5 viser beskrivende statistikk per kvartal for slakting i datasett 2. Det er betraktelig færre dyr som slaktes før eller i beitesesongen.

Tabell 5 Beskrivende statistikk per kvartal for slakting i datasett 2

Slakteklasse	N	Gj.snitt	min	max	std
Januar - Mars	35533	35,86	10,10	54,00	6,45
April - Juni	4695	35,73	10,60	54,00	8,01
Juli - September	40986	33,55	9,80	54,00	6,90
Oktober - Desember	49317	33,71	10,00	54,00	6,22

Figur 1 viser gjennomsnittlig estimert vekstkurve ut fra slaktedata for de ulike datasettene, beregnet utfra de estimerte Legendrepolyomene (for første alder i hver aldersklasse, i tillegg til alder 154). Datasett 1 rommer slakt fra 50 dager, mens for datasett 2 og 3 inneholder slakt fra henholdsvis 365 og 215 dager. I alle tre datasett gjelder siste punkt for aldersklasse 10, dvs. 2555 dager. Vekstkurvene for samtlige datasett er like i form, dog ligger vekstkurvene for datasett 2 og 3 noe høyere, enn for datasett 1.



Figur 1 Gjennomsnittlig vekstkurver for datasett 1-3

Tabell 6 viser estimerte varianskomponenter ved utvalgte aldre i datasett 1. Tabellen viser at det er genetisk variasjon i slaktevekt og at den er noe større ved lav alder. Det ble estimert en felles varianskomponent for flokk * år for alle slaktealdre, 2,78 kg². Estimert residualvarians er minst ved lav alder og øker betraktelig fra 215 dagers alder. Estimerte arvegrader er relativt lave opp til 154 dagers alder, og er for øvrige 1%.

Tabell 6 Estimerte varianser i datasett 1: Genetisk varians (σ_a^2), flokk * år (σ_{fy}^2) og residualvarianser (σ_e^2), etter alder, med arvbarhet (h^2)

Alder	σ_a^2	σ_{fy}^2	σ_e^2	h^2
50	1,58	2,78	7,26	0,15
122	1,18		5,47	0,14
154	1,05		5,47	0,12
215	0,82		14,55	0,05
365	0,50		32,63	0,01
730	0,37		37,10	0,01
1095	0,41		36,50	0,01
1460	0,38		36,50	0,01
1825	0,35		36,64	0,01
2190	0,38		33,44	0,01
2555	0,41		29,94	0,01

I Tabell 7 gis en oversikt over estimerte varianskomponenter i datasett 2 ved ulike aldre, for søyer eldre enn 364 dager ved slakting. Det ble også her estimert en felles varianskomponent for flokk * år, som er lik for alle slaktealdre (9,33 kg²). Tabellen viser at det er betydelig større genetisk variasjon i slaktevekt i dette datasettet enn i datasett 1 (Tabell 7). Det samme gjelder for residualvariansene, og arvegradsestimatene blir derfor i gjennomsnitt betydelig høyere i dette datasettet.

Tabell 7 Estimerte varianser i datasett 2: Genetisk varians (σ_a^2), flokk * år (σ_{fy}^2) og residualvarianser (σ_e^2), etter alder, med arvbarhet (h)²

Alder	σ_a^2	σ_{fy}^2	σ_e^2	h^2
365	23,90	9,33	21,45	0,65
730	5,33		26,24	0,14
1095	4,34		28,20	0,11
1460	4,50		28,94	0,11
1825	3,91		28,88	0,10
2190	4,25		25,73	0,12
2555	5,32		22,55	0,16

Datasett 3 ble brukt for å se på effekt av reproduksjon som åring på slaktevekt, og Tabell 8 gir en oversikt over estimerte varianskomponenter for de ulike alderne i dette settet. Som i datasett 2 fant en relativt betydelig genetisk variasjon og arvegrad i dette settet. Som før er de estimerte arvegradene høyest for yngre dyr.

Tabell 8 Estimerte varianser i datasett 3: Genetisk varians (σ_a^2), flokk * år (σ_{fy}^2) og residualvarianser (σ_e^2), etter alder, med arvbarhet (h)²

Alder	σ_a^2	σ_{fy}^2	σ_e^2	h^2
215	26,70	8,54	30,01	0,59
365	15,84		17,79	0,52
730	5,56		25,01	0,16
1095	6,06		28,57	0,16
1460	5,76		29,15	0,15
1825	4,78		28,83	0,12
2190	5,14		25,90	0,14
2555	6,26		22,22	0,19

Tabell 9, 10 og 11 viser estimerte genetiske korrelasjoner mellom slaktevekt ved ulike aldre i dager for henholdsvis datasett 1, 2 og 3. Tabellene viser for samtlige datasett at det er relativt høy korrelasjon mellom slaktealderne som ligger nær hverandre, mens det mellom de laveste og høyeste alderne er lav eller negativ korrelasjon. For Tabell 9 som inkluderer alle aldersklasser er det derimot noe høyere korrelasjon mellom alder 2555 og de lavere aldersklassene.

Tabell 9 Estimerte genetiske korrelasjoner mellom slaktevekt ved ulike aldre i dager, for datasett 1.

dager	50	122	154	215	365	730	1095	1460	1825	2190	2555
50	...	1,00	0,99	0,97	0,84	0,19	-0,17	-0,24	-0,11	0,11	0,28
122		...	1,00	0,99	0,89	0,29	-0,08	-0,17	-0,08	0,11	0,27
154			...	0,99	0,91	0,33	-0,04	-0,13	-0,06	0,11	0,26
215				...	0,95	0,43	0,06	-0,05	-0,01	0,12	0,24
365					...	0,69	0,36	0,20	0,15	0,14	0,18
730						...	0,91	0,76	0,53	0,25	0,07
1095							...	0,95	0,74	0,42	0,16
1460								...	0,91	0,66	0,41
1825									...	0,91	0,73
2190										...	0,94
2555											...

Tabell 10 Estimerte genetiske korrelasjoner mellom slaktevekt ved ulike aldre i dager, for datasett 2.

Dager	365	730	1095	1460	1825	2190	2555
365	...	0,72	-0,08	-0,42	-0,43	-0,18	0,09
730		...	0,63	0,24	-0,04	-0,21	-0,23
1095			...	0,88	0,57	0,09	-0,26
1460				...	0,87	0,45	0,03
1825					...	0,83	0,49
2190						...	0,89
2555							...

Tabell 11 Estimerte genetiske korrelasjoner mellom slaktevekt ved ulike aldre i dager, for datasett 3.

Dager	215	365	730	1095	1460	1825	2190	2555
215	...	0,98	0,46	-0,17	-0,38	-0,33	-0,10	0,11
365		...	0,61	0,00	-0,24	-0,27	-0,13	0,02
730			...	0,78	0,52	0,22	-0,09	-0,28
1095				...	0,92	0,64	0,16	-0,22
1460					...	0,87	0,48	0,08
1825						...	0,84	0,53
2190							...	0,90
2555								...

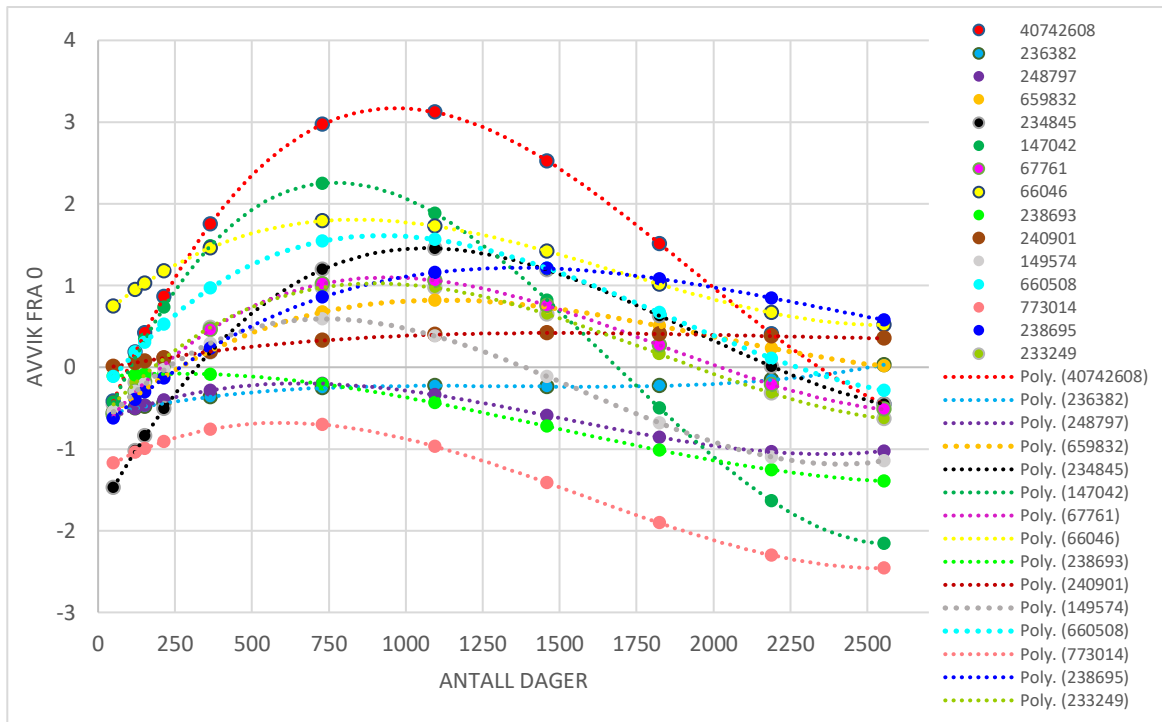
Estimerte løsninger for slaktemåneder per kvartal er vist i Tabell 12. Perioden januar – mars er satt til 0 og Tabellen viser at de tyngste dyrene slaktes i kvartal 2 (april - juni), mens de er lettest i tredje og fjerde kvartal.

Tabell 12 Estimerte løsninger per kvartal, for slaktemåneder.

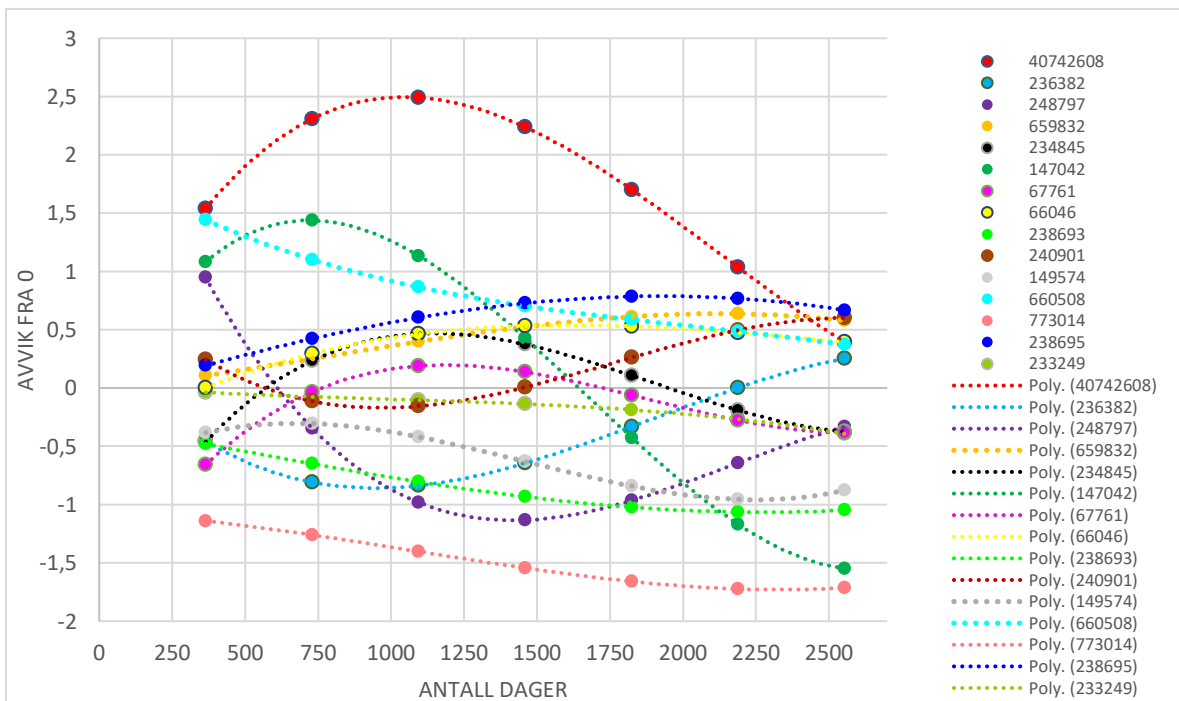
Slakteperiode	Løsning	SE
Januar - Mars	0,00	0,00
April - Juni	1,03	0,91
Juli - September	-2,37	0,05
Oktober - Desember	-2,34	0,91

Figur 2 og 3 viser genetisk avvik i slaktevekt, for de samme 15 fedrene, i henholdsvis datasett 1 og 2. Figurene viser at det er stor variasjon i formen på slaktevektkurvene. Enkelte fedre har døtre som ligger noe over gjennomsnittet i kurveforløpet tidlig i livet, for deretter å flate ut ved senere alder (blant annet 66046 og 660508), mens fedrene 40742608 og 147042 ligger langt over gjennomsnittet for de laveste aldre, men har et bratt fall fra 1095 dager og 147042 stuper nedover langt under gjennomsnittet ved høy alder.

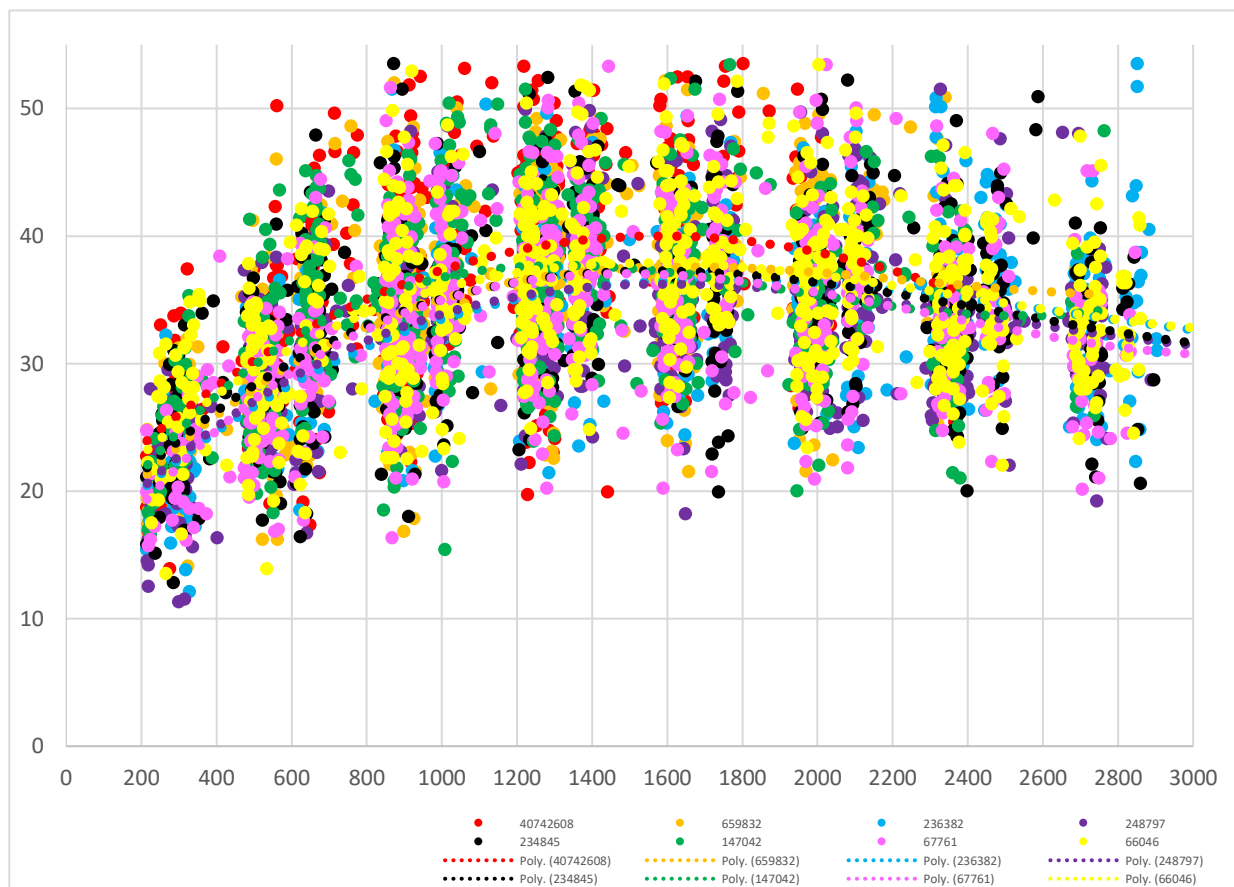
Figur 3 viser en større spredning mellom fedre enn figur 2, hvor 4 av 15 fedre ligger under gjennomsnittet i hele perioden. I motsetning til figur 2 vises det her fedre som starter med en nedadgående kurve, for så å nå et høyere punkt ved de høyeste aldre. Den fenotypiske vekstkurven for de 8 fedrene med flest døtre i datasett 2, er presentert i figur 4. Figuren viser at de fleste av disse fedrene har døtre registrert over hele intervallet, og fedrene har en relativt lik form på slaktevektkurven sin.



Figur 2 Avviket fra gjennomsnittlig vekstkurve, for de 15 fedrene med flest avkom i datasett 1.



Figur 3 Avviket fra gjennomsnittlig vekstkurve for de 15 fedrene med flest avkom i datasett 2



Figur 2 Fenotypisk vekskurve for de 8 fedrene med flest avkom, i datasett 2, ved bruk av enkeltobservasjoner i datasett 1.

Estimert effekt av reproduksjon som åring er vist i Tabell 13. Det ble funnet en positiv effekt på gjennomsnittlig slaktevekt over alle aldre av økt lammetall ved første lamming, på 0,19 kg slaktevekt per lam i live ved merking.

Tabell 13 Estimert regresjonskoeffisient av antall lam ved 1 års alder på slaktevekt av søyer.

Reproduksjon	1 år
Løsning	0,19
SE	0,03
T- verdi	6,89

4. Diskusjon

Datasettene som benyttes i analysen inneholder fra 833 440 individer til 106 378 individer og må ansees som store. Datamaterialet ekskluderer alle værlams slakteopplysninger, noe som begrunnes ved at værlam som ikke nyttes i avl normalt slaktes før 6 mnd. alder og voksenvekten hos sau nås rundt 4 års alder, se figur 1. Resultatene viser at det er genetisk variasjon i slaktevekt, som blant annet kan leses ut av Figur 2 og 3. Figur 1 viser de gjennomsnittlige vekstkurvene for de ulike datasettene og viser at de har relativ lik form på kurven. Både datasettet med søyer som har fått lam og voksne søyer ligger dog noe høyere enn vekstkurven for alle dyr. Feilvariansen i samtlige datasett er svært høye for voksenvekter. Dette tyder på at modellen ikke korrigerer godt nok for systematiske miljøfaktorer. En slik faktor kan være værring * år som en fast effekt i modellen, som vil kunne redusere feilvariansen og dermed øke arvegradene om den inkluderes i modellen.

Det er en vesentlig høyere estimert genetisk variasjon tidlig i livet, mens residualvariansen er betydelig lavere. Derfor blir arvegradene også større hos de yngre dyrene, og liten eller ingen for de voksne dyrene, i datasettet 1. For datasettene som inneholder voksne dyr, fra aldersklasse 3 -10, er det også her vesentlig større arvegrad for de yngre dyrene, men i disse datasettene er det også en betydelig arvegrad for eldre dyr. Den høyere genetiske variasjonen tidlig skyldes nok at en estimerer en felles effekt av direkte og maternal genetisk effekt. Dette er en effekt som ifølge Borg et al. (2009) er størst tidlig i dyrets liv. Näsholm og Danell (1996) konkluderer med at maternal effekt vil påvirke lammets tilvekst i stor grad. Når en da ikke inkluderer denne effekten i modellen kan det føre til en overestimering av genetisk varians (Wilson et al., 2005), noe som kan forklare den høye genetiske variansen tidlig i livet. Lav miljøvariens ved lav alder skyldes betalingssystemet for slakt av lam, som etterspør lam av standardisert kvalitet.

Individuelle indekser blir beregnet, utfra de opplysningene som kommer fra dyret selv og dets slektninger. Slaktevekten korrigeres f.eks. opp for dyr som er slaktet som yngre enn 154 dager og ned for dyr slaktet som eldre, før indeksen beregnes (Blichfeldt, 2020). Gjennom årene har man erfart at avl for økt tilvekst påvirker voksenvekten hos søyene. Alt tatt i betraktning, er ikke økningen like stor som man kunne antatt, til tross for at voksenvekt ikke har vært hensyntatt i avlsmålene. Resultatene i denne oppgaven viser at det generelt er høy genetisk korrelasjon mellom dyr i nær alder, og liten eller negativ korrelasjon mellom yngre og eldre dyr. Dette er et annet

resultat enn for de som har beregnet genetiske korrelasjoner mellom gjentatte voksenvektobservasjoner, som f.eks. (Borg et al., 2009), mens det her er beregnet genetiske korrelasjoner mellom slaktevekter, som vil være en annen egenskap. Resultatene viser at det er mulig å inkludere egenskapene for rask tilvekst og samtidig unngå økt slaktevekt hos norsk kvit sau. Det antas at voksenvekten for norsk kvit sau i gjennomsnitt vil øke anslagsvis med 7,2 kg over de neste 10 årene (Boman, 2010; Boman & Eikje, 2011), men her er det vist at genetisk korrelasjon mellom vekt ved seleksjonstidspunktet, 154 dager og voksne søyer er lav, 0,33 ved 730 dagers alder.

Det er ønskelig med dyr som når sin topp i vekstkurven tidlig og deretter har et mest mulig flatt forløp fram til slakting, fordi det indikerer at de er i energibalanse (homeostase). Figur 2 viser at samtlige fedre har samme form på avviket i vekstkurvene, noen spissere kurve, andre flatere. I figur 2 er det tilsynelatende fedrene 66046 og 660508 som har de mest hensiktsmessige vekstkurvene. De ligger noe over gjennomsnittet ved de laveste aldre, for så og senere flate ut, og deretter synke noe. Fedrene 40742608 og 147042 ligger derimot langt over gjennomsnittet for de laveste aldre, men har et bratt fall fra 1095 dager og 147042 stuper langt under gjennomsnittet ved høy alder. I tillegg til fedrene 66046 og 660508, som nevnt i figur 2, vises det i figur 3 at flere fedre kan ha hensiktsmessige vekstkurver, for eksempel værene 238695 og 659832. For værene 40742608 og 147042 viser Figur 3 en trolig uhensiktsmessig vekstkurve.

Fire av de 15 mest brukte fedrene presterer under gjennomsnittet for alle aldre, i figur 2. Dette er noe uventet, da samtlige av disse dyrene har fått over 530 søyelam hver. Det ville vært rimelig å anta at de mest brukte dyrene lå over gjennomsnittet. De fenotypiske vekstkurvene for de 8 fedrene med flest avkom har en vekstkurve tilnærmet lik som de gjennomsnittlige vekstkurvene i figur 1. Det ble valgt å kun ta med de 8 fedrene med flest avkom for å gjøre figuren mer oversiktlig. Disse 8 fedrene ligger samtlige over gjennomsnittet.

Effekten av slaktemåned på slaktevekt viser en positiv effekt av å slaktes de første 6 mnd. i året, med største vekter i perioden april – juni. Sannsynligvis er dette fordi dyrene har spist seg opp på kraftfôr og muligens beveget seg mindre i de to første periodene i året og at behovet for å lete etter mat er mindre i denne perioden. Dette er en miljøeffekt som bør korrigeres for ved beregning av estimerte avlsverdier (EBV).

Effekten av antall lam i søyens første leveår viser seg å ha en positiv effekt på søyens egne slaktevekt, noe som tyder på at søyene klarer å innhente energitapet som følge av ressursallokering til fosterutvikling og oppfostring av lammene. Resultatet viser at residualvariansen er påvirket av en rekke livshistorieeffekter. I tillegg kan det tyde på at søyer som allerede innehar mye ressurser også har en høyere fertilitet, som gir flere lam. Denne analysen ble kun kjørt for effekten av reproduksjon det første året, det vil være interessant å se resultater for effekten av økt reproduksjon over flere år i søyens vekstperiode.

Dersom (Boman, 2010; Boman & Eikje, 2011) får rett i sitt anslag om økt slaktevekt for de neste 10 årene og det ikke settes inn nødvendige tiltak mot dette, kan det føre til et økende nærings- og plassbehov for de voksne søyene. Slaktevektdata for voksne søyer vil kunne benyttes for seleksjon av dyr som ikke blir for store som voksne, da dette er en egenskap som er sterkt knyttet til levendevekt (López et al., 2012). I tillegg til spørsmål knyttet til økonomisk og biologisk produksjonseffektivitet, vil dyrevelferd være nødvendig å hensynta i problemstillingen knyttet til lammevekt og søyens voksenalvekt. I følge Vatn (2008) er størrelsen på lammet kontra søyen, en av årsakene knyttet til fødselsvansker. Det er uvisst om seleksjon for høy tilvekst og lav voksenalvekt også fører til økte foster- og fødselsvekter. Dersom dette er tilfellet, vil dette kunne føre til fødselsvansker og økt belastningen på søyen sent i drektigheten. Dette må overvåkes og eventuelt tas inn i avlsprogrammet. Økt belastning per kull, vil også kunne føre til mindre holdbare søyer som må utranteres tidligere.

5. Konklusjon

Dersom den statistiske modellen forbedres kan slaktevektinformasjon benyttes i avlsprogrammet. Dette er informasjon som Sauekontrollen allerede har, og som blir registrert på hvert dyr, i motsetning til voksenalvekt. Genomisk seleksjon er i ferd med å bli implementert i avlsprogrammet for norsk kvit sau og man vil derfor mer effektivt kunne selektere for egenskaper som registreres seint i livet, som voksenalvekt. Voksenalvekt er en egenskap som har en sterk påvirkning på fôr- og ressurs effektivitet i lammeproduksjon og den bør vektlegges i avlen. Analysene viser at det er en positiv effekt på søyens slaktevekt av et økt lammetall første leveår. Effekten av slaktemåned viser seg å være signifikant, og bør inkluderes i beregning av estimerte avlsverdier.

6. Kilder

- Advem, F. (2002). *Tips for å vurdere slaktetidspunkt på lam*. Bondvennen 15. september 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.bondevennen.no/fagartiklar/tips-for-a-vurdere-slaktetidspunkt-pa-lam/> (lest 13.03.22).
- Blichfeldt, T. (2020). *Saueindeksene: Fra tung teori og omfattende registreringer til nyttig informasjon: Norsk sau og geit* Tilgjengelig fra: [file:///C:/Users/Bruker/Downloads/Saueindeksene%20\(NSG%20Fag%2020220227\).pdf](file:///C:/Users/Bruker/Downloads/Saueindeksene%20(NSG%20Fag%2020220227).pdf) (lest 27.02.22).
- Boman, I. A. (2010). Søyene blir tyngre. *Sau og Geit nr. 2/2010*.
- Boman, I. A. & Eikje, L. S. (2011). Voksenvekt hos sau *Husdyrforsøksmøte 2011*.
- Borg, R. C., Notter, D. R. & Kott, R. W. (2009). Phenotypic and genetic associations between lamb growth traits and adult ewe body weights in western range sheep. *J Anim Sci*, 87 (11): 3506-14. doi: 10.2527/jas.2008-1622.
- Douhard, F., Jopson, N. B., Friggens, N. C. & Amer, P. R. (2016). Effects of the level of early productivity on the lifespan of ewes in contrasting flock environments. *Animal*, 10 (12): 2034-2042. doi: 10.1017/s1751731116001002.
- Eikje, L. S., Ådnøy, T. & Klemetsdal, G. (2008). The Norwegian sheep breeding scheme: description, genetic and phenotypic change. *Animal*, 2 (2): 167-176. doi: 10.1017/S1751731107001176.
- Gilmour, A. & Thompson, R. (2021). *What's new in Release 4.2*. Tilgjengelig fra: <https://asreml.kb.vsnr.co.uk/wp-content/uploads/sites/3/Whats-New-ASReML-4.2.pdf> (lest 18.11.21).
- Gilmour, A. & Thompson, R. (2021). *What's new in Release 4.2*. Tilgjengelig fra: <https://asreml.kb.vsnr.co.uk/wp-content/uploads/sites/3/Whats-New-ASReML-4.2.pdf> (lest 18.11.21).
- Kennedy, D. (2019). Predicting Lamb Carcass Weight. *Factsheet 19-009*.
- Klaseie, M. & Lystad, M. (2020). *Årsmelding 2020: Animalia AS* Tilgjengelig fra: <https://www.animalia.no/globalassets/sauekontrollen---dokumenter/arsmelding-sauekontrollen-2020.pdf> (lest 22.02.2022).
- Lillehammer, M., Ådnøy, T. & Steinheim, G. (2005). Sammenheng mellom produksjonseffektivitet og kroppsvekt hos sau. *Husdyrforsøksmøte 2005*.

- López, E. J., Peraza-Mercado, P., Holguiny, F. M. & Ortiz, M. F. I. (2012). Relationship Between Live Animal Weight, Warm and Cold Carcass Weight and Carcass Principal Components. *Global Veterinaria* 9 (2): 179 -183
- Mysterud, A., Steinheim, G., Yoccoz, N. G., Holand, Ø. & Stenseth, N. C. (2002). Early onset of reproductive senescence in domestic sheep, *Ovis aries*. *Oikos* 97: 177–183.
- Näsholm, A. & Danell, Ö. (1996). Genetic Relationships of Lamb Weight, Maternal Ability, and Mature Ewe Weight in Swedish Finewool Sheep. *Journal of animal science*, 74: 329-39. doi: 10.2527/1996.742329x.
- SAS Institute Inc. (2021). *Programming Documentation for SAS® 9.4 and SAS® Viya® 3.5*. Tilgjengelig fra: https://documentation.sas.com/doc/no/pgmsascdc/9.4_3.5/pgmsashome/home.htm (lest 18.11.2021).
- Schaeffer, L. R. (2004). Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*, 86 (1): 35-45. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00151-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00151-9).
- Vatn, S. (2008). *Lamming og fødselshjelp*. Sau og Geit nr. 2/2008. Tilgjengelig fra: file:///C:/Users/Bruker/Downloads/Lamming%20og%20f%C3%B8dselshjelp%20(NSG%20Fag%2020220314).pdf (lest 14.03.2022).
- Wilson, A. J., Kruuk, L. E. & Coltman, D. W. (2005). Ontogenetic patterns in heritable variation for body size: using random regression models in a wild ungulate population. *Am Nat*, 166 (6): E177-92. doi: 10.1086/497441.
- Øygarden, I. K. (2019). *Genetisk analyse av utvikling i kroppsvekt frå lam til vaksen søye hjå norsk kvit sau : utnytting av eksisterande informasjon om slaktevekter: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet*.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway