Rit LbhÍ nr. 180

Ræktun fyrir hagkvæmri lambakjötsframleiðslu

Jón Hjalti Eiríksson[1], Anna Guðrún Þórðardóttir[1], Þórdís Þórarinsdóttir[2], Jóhannes Sveinbjörnsson[1] og Eyþór Einarsson[2]

[1]Landbúnaðarháskóla Íslands, [2]Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins

Landbúnaðarháskóli Íslands
Agricultural University of Iceland

RML

2025

Landbúnaðarháskóli Íslands, 2025.
Rit LbhÍ nr. 180
ISSN 1670-5785
ISBN 978-9935-512-62-8

Verkefnið var styrkt af Matvælasjóði

Verkefnisstjóri: Jón Hjalti Eiríksson
Ljósmynd á forsíðu: Jón Hjalti Eiríksson

Landbúnaðarháskóli Íslands starfar á sviði sjálfbærrar auðlindanýtingar, búvísinda, umhverfisvísinda, skipulagsfræði og matvælaframleiðslu á norðurslóðum. Fagfólk skólans nýtur akademísks frelsis og hefur sjálfdæmi við val á viðfangsefnum, túlkun niðurstaðna og birtingu þeirra, innan ramma starfsreglna skólans. Hlutverk Rits LbhÍ er að miðla faglegri þekkingu en það er ekki ritrýnt. Efni hvers rits er á ábyrgð höfunda og ber ekki að túlka sem álit Landbúnaðarháskóla Íslands.

Efnisyfirlit

Samantekt 1
1 Inngangur 2
2 Kjörgildi fitu 3
2.1 Aðferðir 3
2.2 Niðurstöður og umræður 6
2.3 Útreikningur á kjörgildiseinkunn 6
3 Hagræn heildareinkunn fyrir sauðfjárræktina 8
3.1 Gildi skrokkgæða 8
3.2 Gildi fallþunga 9
3.3 Staðalþungi/fullorðinsþungi 10
3.4 Fæðingarþungi 11
3.5 Tímasetning tekna og afvöxtun 11
3.6 Erfðastuðlar fyrir skrokkeiginleika 13
3.6.1 Aðferðir 13
3.6.2 Niðurstöður 14
3.6.3 Umræður 14
3.7 Hagræn heildareinkunn 15
3.7.1 Öryggi kynbótamats 15
3.7.2 Forsendur um dreifni og samdreifni 16
3.8 Niðurstöður 18
3.9 Tillaga að nýrri heildareinkunn 22
4 Endurskoðun kynbótamats fyrir þunga 22
4.1 Inngangur 22
4.2 Aðferðir 23
4.3 Niðurstöður og umræður 24
5 Hagnýting og framtíðarmöguleikar 26
6 Heimildir 28
Viðauki 30

Samantekt

Til að fá sem mest út úr kynbótastarfi sauðfjárræktarinnar þurfa áherslur kynbótastarfsins að vera á þá eiginleika sem auka verðmæti framleiðslunnar eða draga úr kostnaði. Með aðferðafræði kynbótafræðinnar er hægt að leiða út það vægi eiginleika í heildareinkunn sem hámarkar hagrænan ávinning kynbótastarfsins. Fita á lambskrokkum er dæmi um eiginleika þar sem ekki er augljóst hvaða stefna gefur mest verðmæti vegna þess að bæði of mikil fita og of lítil draga úr verðmæti lambaskrokka. Markmið þessa verkefnis voru að finna það meðalgildi fitu sem gefur hæst verð til sauðfjárbænda og finna þá samsetningu heildareinkunnar fyrir skrokkeiginleika í kynbótastarfi íslenskrar sauðfjárræktar sem skilar sem mestum hagrænum ávinningi.

Við útreikningana voru notuð gögn úr skýrsluhaldi fyrir allt landið fyrir árin 2015 til 2022 auk ýmissa annarra gagna. Miðað við verðskrá sláturhúsa fyrir árið 2023 er kjörgildi fitu við meðal gerðarflokkun og fallþunga allra búa 6,55 á línulega skalanum, sem er á milli fituflokka tvö og þrjú og mjög nærri landsmeðaltali. Ef horft er til búa með meðalfallþunga undir 15 kg er meðalfitustig lægra en kjörgildið og feitari skrokkar væru hagkvæmari. Fyrir bú með fallþunga yfir 19 kg væri hagkvæmara að meðal fitustig væri lægra.

Gögn frá tilraunabúinu á Hesti sýna sterka erfðafylgni fallþunga lamba og staðlaðs fullorðinsþunga áa. Aftur á móti er bætt holdfylling tengd lægri fullorðinsþunga. Fóðurþarfir áa eru tengdar fullorðinsþunganum þannig að þyngri ær þurfa meira fóður og eru þannig dýrari í rekstri. Sé tekið tillit til þessa við útleiðslu á hagrænni heildareinkunn minnkar vægi á fallþunga og eykst á holdfyllingu skrokka. Vinna við verkefnið benti til þess að þeir erfðastuðlar sem hafa verið notaðir fyrir kynbótamat fyrir þungaeiginleika þarfnist endurskoðunar. Mat á þessum stuðlum með stóru gagnasafni sýndi að arfgengi beinna áhrifa á fallþunga og lífþunga að hausti, þ.e. erfðaeiginleikar lambsins sjálfs til að verða vænt, er um 0,15-0,16, en arfgengi mæðraáhrifa, þ.e. eiginleiki áa til að eiga væn lömb, er um 0,12-0,13. Erfðafylgnin á milli mæðraáhrifanna og beinu áhrifanna er lítillega neikvæð.

Miðað við niðurstöður útreikninganna gæfi heildareinkunn með 32% vægi á gerð, 3% á fitu (að kjörgildi), 21% á bein erfðaáhrif á fallþunga og 15% mæðraáhrif á fallþunga og 30% á fjölda lamba í burði (óbreytt, var ekki með í útreikningum) hámarks ávinning fyrir kynbótastarfið.

1 Inngangur

Í íslenska sauðfjárstofninum, líkt og mörgum búfjárkynjum, er unnið markvisst að kynbótum stofnsins, þ.e. unnið er að því að bæta erfðaeiginleika gripanna. Þannig eru þeir gripir valdir sem foreldrar næstu kynslóðar sem líklegastir þykja til að hafa bestu genin, þ.e. þau gen sem stuðla að þeim eiginleikum gripanna sem sett markmið með ræktuninni tilgreina. Ræktunarmarkmiðin fyrir íslenska sauðfjárrækt snúast annarsvegar um að auka magn og bæta gæði framleiðslunnar, þ.e. kjötsins og ullarinnar, og hins vegar um þætti sem tengjast heilsu og endingu gripanna. Val gripa byggir á ýmsum upplýsingum sem safnað er um gripina, svo sem ætt, fjölda lamba, þunga, mælingar og stigun. Byggt á þessum upplýsingum er reiknað svokallað kynbótamat fyrir helstu eiginleika. Það er gert miðlægt fyrir allan stofninn hjá Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins (RML) með þróuðum reikniaðferðum og gríðarstóru gagnasafni. Með því fæst tölugildi sem hægt er að raða gripunum eftir og velja þá sem raðast best. Fyrir íslenskt sauðfé fer þetta val fram í tvennu lagi, annarsvegar inni á búunum þar sem hver bóndi velur gripi fyrir sinn stofn, og hins vegar með vali á bestu hrútum landsins inn á sæðingastöðvar. Frá sæðingastöðvunum er hægt að dreifa sæði, og þar með erfðaefni, úr bestu gripunum út um allt land.

Þar sem lambakjöt er megin framleiðsluvara íslenskrar sauðfjárræktar eru gæði þeirra lambaskrokka sem bændur leggja inn í sláturhúsin einn mikilvægasti þátturinn til að bæta í íslensku fé. Auk þunga skrokkanna skiptir hlutfall vöðva, sem eru verðmæt neysluvara, hlutfall fitu, sem er neysluvara sem best er neytt í hófi, og hlutfall beina, sem almennt eru verðlítil eða verðlaus, í kjötskrokkum miklu um hve vel skrokkarnir nýtast. Síðastliðinn aldarfjórðung hefur skrokkmat í íslenskum sláturhúsum verið staðlað EUROP mat, sem byggist á stigagjöf á fimm stiga skala fyrir holdfyllingu og sex stiga skala fyrir fitustig byggt á mælingu á síðufitu. Skrokkeinkunnirnar eru ágæt spá um vefjahlutföll í skrokkum, þ.e. hlutfall kjöts og fitu (Einarsson o.fl., 2014).

Skrokkgæðaflokkun ræðst að allnokkrum hluta af erfðaþáttum, með arfgengi (hlutfall heildarbreytileika sem er vegna erfða) yfir 0,3 (Einarsson o.fl., 2015; Eiríksson & Sigurdsson, 2017). Val fyrir þessum eiginleikum hefur þess vegna verið árangursríkt og erfðaeiginleikar stofnsins hafa breyst í átt til aukinnar vöðvafyllingar og minni fitusöfnunar (Eiríksson & Sigurdsson, 2017). Það er því ljóst að hægt er að hafa áhrif á skrokkeiginleika í íslensku fé með kynbótum. Hvert nákvæmlega á að beina slíku vali er aftur á móti lítt kannað fyrir íslenska stofninn.

Aðferðafræði til að velja fyrir mörgum eiginleikum samtímis með sem áhrifaríkustum hætti hefur verið beitt í búfjárkynbótum á heimsvísu í áratugi og nefnist *selection index theory* á ensku (Wilton o.fl. 2013). Á íslensku er talað um heildareinkunn og hagrænt vægi eiginleika þegar slíkt val fer fram eftir peningalegum áherslum (Jón Hjalti Eiríksson & Kári Gautason, 2019). Hér verður talað um hagræna heildareinkunn þegar heildareinkunn er búin til samkvæmt hagrænum forsendum og þessari aðferðafræði. Þannig miðar ræktunarstarfið að sem mestum hagrænum ávinningi fyrir greinina. Þegar val fyrir einhverjum eiginleika er einstefnuval, þ.e. aðeins valið annaðhvort fyrir hæsta eða lægsta gildi eiginleikans, er í raun gert ráð fyrir að engir eða mjög fáir gripir nái fræðilega „besta“ gildi eiginleikans (Wellmann, 2023). Það er aftur á

móti ekki alltaf rétt og það á við um val fyrir skrokkfitu á lömbum þar sem meðaltal stofnsins er nærri kjörgildinu.

Annað atriði sem flækir mat á hagrænu vægi er munur á framleiðslukerfum; mismunandi gripir henta misvel fyrir mismunandi framleiðslukerfi (Wilton o.fl. 2013, Wellmann 2023). Í íslenskri sauðfjárrækt er mögulegt að líta á mismun í atriðum svo sem sláturaldri, haustbötun og gæðum beitilanda sem mismunandi framleiðslukerfi sem gæti haft áhrif á hvaða áherslur eru mikilvægastar fyrir hvert bú. Þetta kemur helst fram í mismunandi meðalfallþunga búa. Fallþungi er líka mikilvægur eiginleiki í kynbótastarfinu í sjálfu sér og líklegt að aukning fallþunga hafi mikil áhrif á rekstur sauðfjárbúa. Aftur á móti gæti meiri fóðurkostnaður fylgt í kjölfar erfðaframfara í fallþunga.

Helstu markmið þessa verkefnis voru að:

1. Meta kjörgildi fitu, þ.e. það meðalgildi fituflokkunar sem hámarkar verðmæti kjötframleiðslunnar í landinu miðað við eðlilega dreifingu um meðaltalið.
2. Finna þá samsetningu heildareinkunnar fyrir skrokkeiginleika sem stuðlar að mestri hagkvæmni fyrir sauðfjárræktina.
3. Kanna hvort mismunandi framleiðsluaðstæður á milli búa hafa mikil áhrif á hvaða áherslur í vali fyrir skrokkeiginleikum eru hagkvæmastar.
4. Meta áhrif þess að taka tillit til samhengis fallþunga lamba og fullorðinsþunga áa á hagrænt vægi skrokkeiginleika.

2 Kjörgildi fitu

2.1 Aðferðir

Við mat á kjörgildi fitu var gert ráð fyrir að verðskrá afurðastöðva haustið 2023 gæfi rétta mynd af verðmætum mismunandi flokka. Gagnasafn um sláturupplýsingar lamba frá árunum 2015 til 2022 var fengið úr Fjárvís gagnagrunni Bændasamtaka Íslands til að kanna dreifingu í gerðar- og fituflokka. Verðskrár afurðastöðvanna voru fengnar af heimasíðum og upplýsingapóstum þeirra til bænda.

Sláturupplýsingar náðu til 3.740.819 lamba sem var slátrað í sláturhúsum sem gefa upp verðskrá og slátruðu öll árin 2015 til 2023. Þau sláturhús voru Sláturfélag Suðurlands (SS), Sláturhús Kaupfélags Vestur-Húnvetninga (KVH), Sláturfélag Austur-Húnvetninga (SAH), Sláturhús Kaupfélags Skagfirðinga (KS), Norðlenska, Fjallalamb og Sláturfélag Vopnfirðinga. Upplýsingar um sláturlömb sem féllu utan þriggja staðalfrávika frá meðaltali fyrir sláturaldur og fallþunga voru hreinsaðar úr gagnaskránni. Að auki var einungis notast við sláturupplýsingar búa sem slátruðu a.m.k. 10 sláturlömbum á ári, öll árin 2015 til 2022. Að lokinni gagnahreinsun stóðu eftir upplýsingar um 3.736.004 sláturlömb.

Tafla 1 sýnir vegið meðalverð úr afurðastöð eftir kjötmatsflokkum. Fyrir gerðarflokka E, U og R er fituflokkur 3 með hæst verðið en flokkist lömb í gerðarflokk O eða P er fituflokkur 2

verðmætastur. Tafla 2 sýnir hlutfallslega skiptingu kílóa af lambsskrokkum í kjötmatsflokka fyrir öll bú árin 2015 til 2022. R2 er algengasti matsflokkurinn og U3 þar næst á eftir.

Tafla 1. Vegið meðalkílóverð (kr.) lambakjöts til bænda eftir kjötmatsflokkum haustið 2023.

	1	**2**	**3**	**3+**	**4**	**5**
E	826,2	930,0	978,5	904,6	808,7	710,0
U	764,5	856,1	904,4	823,6	711,7	647,1
R	710,3	806,7	822,9	727,6	585,0	493,6
O	531,3	621,3	601,8	492,6		
P	386,4	420,5				

Tafla 2 Hlutfall kílóa lambaskrokka sem flokkuðust í hvern kjötmatsflokk árin 2015 til 2022.

	1	**2**	**3**	**3+**	**4**	**5**
E	0,0%	0,9%	3,1%	1,6%	0,3%	0,0%
U	0,0%	11,3%	20,3%	5,8%	0,8%	0,0%
R	0,8%	31,1%	17,0%	2,0%	0,2%	0,0%
O	0,9%	3,4%	0,1%	0,0%		
P	0,2%	0,0%				

Til viðbótar við greiningu miðað við flokkun á landinu í heild, voru ákveðnir hópar búa skoðaðir sérstaklega. Gagnasafninu var skipt eftir meðalfallþunga búa í fjóra hópa, bú með meðalfallþunga undir 15,0 kg, bú með meðalfallþunga á bilinu 15,0 til 17,0 kg, bú með fallþunga á bilinu 17,1 til 19,0 kg, og bú með fallþunga yfir 19,0 kg. Í viðauka I er tafla sem sýnir hlutfall kílóa lambskrokka í kjötmatsflokka, skipt upp eftir meðalfallþunga búanna.

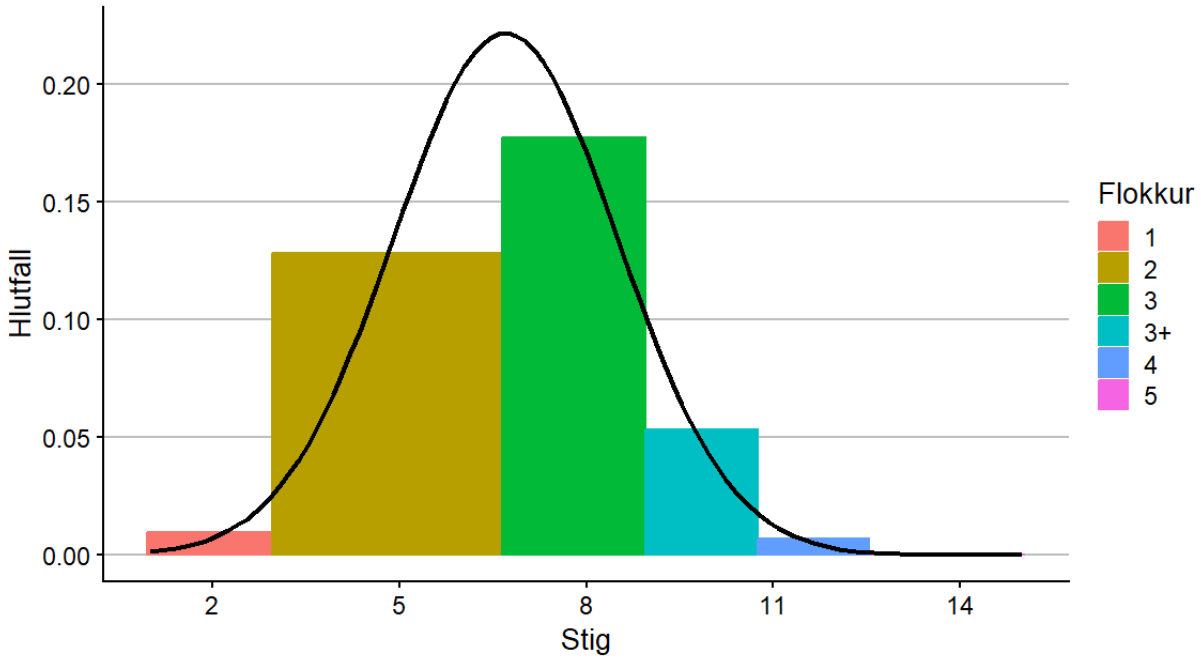
Tafla 3 Yfirfærsla skrokkmatsflokka á línulegan skala ásamt spönn hvers fituflokks miðað við að flokkunin fylgni normaldreifingu á undirliggjandi línulegum skala.

Gerðarflokkur	**Tölugildi**	**Fituflokkur**	**Tölugildi**	**Spönn**
E	14	1	2	1 til 3,00
U	11	2	5	3,00 til 6,64
R	8	3	8	6,64 til 8,93
O	5	3+	9	8,93 til 10,69
P	2	4	11	10,69 til 12,45
		5	14	12,45 til 15

Við uppgjör kjötmatsgagna er vaninn að varpa flokkunum á línulegan skala með því að gefa hverjum gerðar- og fituflokki einkunn samkvæmt því sem kemur fram í töflu 3. Við útleiðslu á kjörgildi var í megin atriðum miðað við þennan tölulega skala og reiknað kjörgildi er birt á þessum skala. Hvar mörkin á milli fituflokka liggja var þó látið ráðast af gögnunum út frá forsendum normaldreifingar.

Mörk á milli flokka á línulega skalanum voru ákvörðuð þannig að gert var ráð fyrir að undirliggjandi línulegur eiginleiki lægi að baki flokkuninni með meðaltalið 6,7 og staðalfrávikið 1,8, sem eru meðaltal og staðalfrávik fitueinkunnar í gagnasafninu þegar hefðbundni línulegi skalinn er notaður. Næst voru mörk flokkanna ákvörðuð þar sem raun dreifing skrokkanna í flokka passaði við normaldreifinguna. Spönnin fyrir hvern fituflokk er sýnd í töflu 3.

Kjörgildi fitueinkunnar miðað við ofangreindar forsendur var reiknað þannig að reiknuð er breyting á verðmæti hvers kílós miðað við að meðaltal fitueinkunnar breytist um eitt stig. Næst er fundinn sá punktur þar sem verðmæti skrokka getur ekki hækkað, hvorki við hækkun eða lækkun fitueinkunnar, sé meðaltalið á þeim punkti en staðalfrávik innan sama gerðarflokks það sama. Þessi punktur er kjörgildið. Þetta kjörgildi var reiknað sérstaklega fyrir hópa búa eftir meðalfallþunga. Mynd 1 sýnir hvernig fituflokkarnir raðast á línulega skalann.



Mynd 1 Skipting kílóa innleggs lambakjöts í fituflokka, og hvernig mörk flokkanna voru sett. Svarta línan sýnir normal dreifingu með meðaltal 6,7 og staðalfrávik 1,8.

2.2 Niðurstöður og umræður

Tafla 4 sýnir kjörgildi fitu miðað við verðskrár sláturhúsa haustið 2023 og dreifingu flokka árin 2015 til 2022. Fyrir öll gögnin liggur kjörgildið í 6,55 stigum, sem er mjög nærri meðaltalinu fyrir þennan hóp. Kjörgildið er hærra fyrir bú með meiri meðalfallþunga (15-17 kg og >19kg). Það skýrist af hærri gerðareinkunn samfara hærri fallþunga, í hærri gerðarflokkunum er fituflokk ***3***+ refsað minna samanborið við ***3***, og fituflokk ***2*** að sama skapi refsað meira. Þrátt fyrir hærra kjörgildi fitu á búum með yfir 19 kg fallþunga, eru þau bú fjærst því að fituflokkun sé á kjörgildi þar sem fitueinkunnin er hæst.

Tafla 4 Meðal gerð og fita á línulegum skala fyrir flokka búa með mismununda meðalfallþunga ásamt reiknuðu kjörgildi fyrir hvern flokk búa.

Búa hópur	Meðal fita	Meðal gerð	Kjörgildi fitu	Breyting
Allt	6,62	9,36	6,55	-0,07
<15 kg	5,63	7,94	6,23	+0,60
15-17 kg	6,36	9,06	6,49	+0,13
17-19 kg	7,03	9,92	6,71	-0,32
>19 kg	7,70	10,58	6,74	-0,96

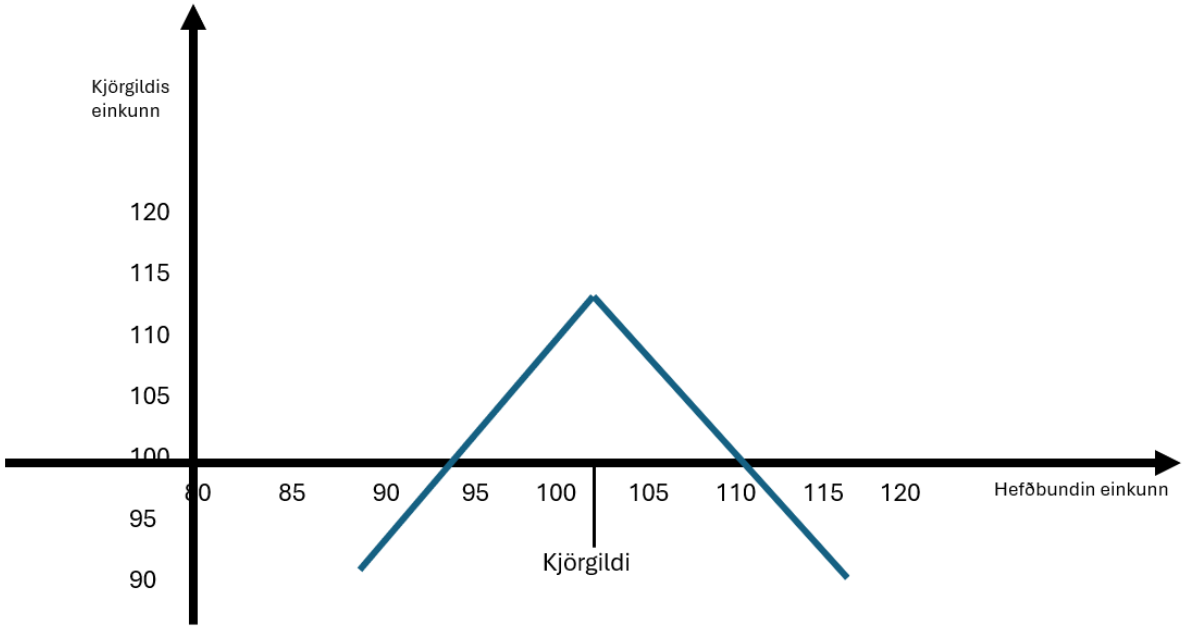
Þrátt fyrir að fituflokkur ***3*** sé með hæsta verðið er kjörgildið rétt undir mörkum fituflokks ***2*** og fituflokks ***3*** fyrir allt gagnasafnið. Ástæðan liggur í því að fituflokkur ***3***+ er á lægra verði en flokkur ***2*** og miðað við dreifingu flokkanna tekur fituflokkur 3 frekar stutta spönn á línulega skalanum, þannig að þegar meðaltalið er komið upp í fituflokk 3 fer strax nokkuð hlutfall skrokka í fituflokk ***3***+.

Niðurstöðurnar í töflu 4 benda til þess að fitustig þurfi að hækka á búum með meðalfallþunga undir meðaltali til að fá hámarks kílóverð fyrir innlögð lömb. Væntanlega er val fyrir meiri fallþunga og betri gerð vænlegri leið til að hækka fituflokkun en að velja sérstaklega fyrir kindum sem gefa feitari skrokka. Hvorir tveggja þessara þátta eru tengdir hærri fitueinkunn (Eiríksson & Sigurdsson, 2017; María Þórunn Jónsdóttir, 2008).

Rétt er að hafa í huga að ein megin forsenda þessara útreikninga er að verðskrá afurðastöðva segi til um raunverulegt verðmæti lambskrokka. Ekki er víst að sú forsenda standist til lengri tíma.

2.3 Útreikningur á kjörgildiseinkunn

Til að taka eiginleika sem valið er fyrir í átt að kjörgildi í heildareinkunn kynbótamats fá gripir með kynbótamat á kjörgildinu hæstu einkunnina. Mynd 2 sýnir hvernig samband einkunnar fyrir eiginleika, til dæmis fitu, sem annarsvegar miðar við val í eina átt og hins vegar val í átt að kjörgildi, getur verið. Samkvæmt útreikningum er kjörgildi fitu 6,55. Það fer eftir meðal kynbótagildi viðmiðunarhóps sem kynbótamatið er staðlað eftir hvar það lendir á skala staðlaðs kynbótamats þar sem meðaltal viðmiðunarhóps er sett á 100.



Mynd 2. Skýringarmynd um samband kjörgildiseinkunnar í stöðluðu kynbótamati og hefðbundinnar einkunnar.

Til að setja upp fitueinkunn út frá kjörgildi í ferli útreiknings kynbótaeinkunnar þarf að velja viðmiðunarhóp af sláturlömbum, t.d. öll sláturlömb fædd eitt ár eða nokkur ár. Úr svipfarsgögnum fyrir þennan hóp þarf meðal fitustig ($\overline{svpg_{vm}}$) og úr kynbótamatskeyrslunni þarf meðal óstaðlað kynbótamat ($\overline{kbm_{vm}}$) þessa hóps fyrir fitu. Ef fallþungi viðmiðunarhóps er nærri nokkurra ára meðaltali ætti ekki að þurfa að leiðrétta fyrir fallþunga. Aftur á móti ef viðmiðunarhópurinn er frá mjög góðu eða slæmu ári gæti þurft að leiðrétta fyrir fallþunga. Til þess þarf meðal fallþunga fyrir hrúta og gimbrar úr svipfarsgögnum fyrir viðmiðunarhópinn, BLUE lausn (mat á föstum hrifum fallþunga – það sem kynbótamatið notar til að leiðrétta fyrri fallþunga) fyrir áhrif fallþungahópanna (gimbra og hrúta) sem meðalfallþungi viðmiðunarhópsins fellur innan og sambærilega BLUE lausn fyrir fallþungahópa með fallþungann 16,7 kg. Byggt á mismuni þessara BLUE lausna væri svipfarsmeðaltalið leiðrétt að 16,7 kg fallþunganum áður en það er notað í formúlunni hérna fyrir neðan.

Með góðu mati á ($\overline{svpg_{vm}}$) og ($\overline{kbm_{vm}}$), fallþungaleiðrétt ef þarf, er hægt að reikna kjörgildiseinkunnina með upplýsingum sem eru vanalega notaðar við skölun á kynbótamatinu. Frávikskynbótamat kinda í skölunarhóp ($frvkbm_{sk}$) er reiknað sem

$$frvkbm_{sk} = algildi\left(kbm_{sk} \times 0{,}5 + \overline{svpg_{vm}}\right) - \overline{kbm_{vm}}) - 6{,}55)) * (-1)$$

Þar sem kbm_{sk} er kynbótamat skölunarhóps. Næst er reiknað meðaltal ($\overline{frvkbm_{sk}}$) og staðalfrávik (s_{frvkbm_sk}) fyrir $frvkbm_{sk}$. Út frá því fæst stöðluð frávikseinkunn fyrir einstaka kindur ($frve$):

$$frve = \frac{algildi\left(kbm \times 0{,}5 + \overline{svpg_{vm}} - \overline{kbm_{vm}} - 6{,}55\right) * (-1) - \overline{frvkbm_{sk}}}{s_{frvkbm_sk}} \times 10 + 100$$

þar sem kbm er kynbótamat einstaklingsins. $frve$ er svo hægt að setja inn í útreikning á heildareinkunn fyrir einstaka kindur.

Þessi frávikseinkunn væri þá notuð við útreikning á heildareinkunn en hefðbundin fitueinkunn áfram birt.

3 Hagræn heildareinkunn fyrir sauðfjárræktina

Til þess að kynbótastarf skili sem mestum ávinningi fyrir búfjárræktargreinar er mikilvægt að áherslan í kynbótastarfinu endurspegli það sem er mikilvægt fyrir greinina. Ræktunarmarkmið sem ákvörðuð eru af fulltrúum greinarinnar reyna að gera þetta byggt á áliti þeirra sem til þekkja. Með aðferðum kynbótafræðinnar er aftur á móti hægt að hámarka þann peningalega árangur sem næst með því að velja eftir samsettri heildareinkunn sem tekur saman upplýsingar um alla eiginleika sem til eru upplýsingar um og geta skipt máli með vægi hvers eiginleika. Það vægi eiginleikanna hefur verið kallað hagrænt vægi á íslensku (Kári Gautason og Jón Hjalti Eiríksson 2019) og heildareinkunn sem á því vægi byggist hagræn heildareinkunn. Útleiðsla hagrænnar heildareinkunnar krefst hagræns gildis fyrir þá eiginleika sem eru skoðaðir og erfðastuðla eiginleikanna. Hagrænt gildi eiginleika er það gildi í krónum sem breyting um eina einingu í kynbótagildi eiginleikana gefur fyrir rekstur búa eða búgreinar í heild sinn. Erfðastuðlar eru mat á því hve stór hluti breytileika í eiginleikum er vegna erfða og hvernig erfðaáhrif eru tengd á milli eiginleika, sem er lýst með erfðafylgninni.

3.1 Gildi skrokkgæða

Við útreikning kjörgildis fitu sem lýst er í kafla 2 er í milliskrefi reiknuð sú breyting sem breyting meðal fitueinkunnar um eitt stig á línulega skalanum veldur á kílóverði að öllu öðru óbreyttu. Með sömu aðferð var reiknað hvað breyting um eitt stig í gerðareinkunn gerir. Þetta gefur breytingu á kílóverði við breytingar á flokkun. Til að nýta þessar upplýsingar í samsetningu heildareinkunnar þarf tölu á skala fyrir hverja á á ári. Sú tala fæst með því að margfalda með meðalfjölda innlagðra kílóa af lambaskrokkum á ásetta á. Kílóafjöldinn var reiknaður með því að deila fjölda innlagðra kílóa skv. sláturgögnunum á fjölda skýrslufærðra áa, að veturgömlum ám meðtöldum. Í töflu 5 eru hagræn gildi fyrir fitu og gerð samkvæmt þessum útreikningum. Fyrir öll bú myndi hækkun um eitt stig í fitumati (á 1-15 kvarða) lækka verðmæti ærinnar um 20 kr. fyrir hvert lífár. Sambærilegt gildi fyrir gerðareinkunn væri aftur á móti hækkun um 605 kr.

Tafla 5. Hagræn gildi skrokkeiginleika, flokkuð eftir meðalfallþunga á búum. Annars vegar er gildi á kg fallþunga og hins vegar fyrir hverja á á ári.

Búa hópur	Fita á kg	Fita á á	Gerð á kg	Gerð á á
Allt	-0,90 kr/stig	-20 kr/stig	27,06 kr/stig	605 kr/stig
<15 kg	6,59 kr/stig	125 kr/stig	34,36 kr/stig	652 kr/stig
15-17 kg	1,57 kr/stig	34 kr/stig	27,07 kr/stig	578 kr/stig
17-19 kg	-4,47 kr/stig	-105 kr/stig	25,81 kr/stig	606 kr/stig
>19 kg	-16,38 kr/stig	-428 kr/stig	22,26 kr/stig	581 kr/stig

3.2 Gildi fallþunga

Það felur í sér nokkuð augljósan peningalegan ávinning fyrir bændur að lömbin vaxi hraðar, annað hvort til að geta skilað inn þyngri skrokkum til slátrunar eða slátra lömbum þegar þau eru yngri og þannig spara eldiskostnað. Aftur á móti má ætla að einhver aukinn kostnaður fylgi meiri vaxtarhraða lamba vegna þess að stærri skepnur éta að jafnaði meira. Tvær leiðir voru farnar til að nálgast hagrænt gildi fallþunga. Í leið eitt var reiknuð meðal verðmætaaukning lambskrokks við eins kílós þungaukningu, að frádregnum áætluðum aukakostnaði við haustbeit vegna þess að lömbin eru þyngri um haustið og þurfa því lítillega meiri haustbeit. Í leið tvö var horft til þess kostnaðar sem gæti sparast í haustbötun við það að lömb séu búin að ná sama fallþunga 10 dögum fyrr vegna erfðaáhrifa, þ.e. vegna hærra kynbótagildis.

Nánar um leið eitt: aukin verðmæti skrokka vegna þungaaukningar um 1 kíló eru sýnd í töflu 6. Talan fer eftir kílóverði og meðal breytingu á kílóverði, og er þess vegna aðeins misjöfn á milli búahópa með mismunandi meðalfallþunga. Til að leiðrétta fyrir auknum þörfum þyngri lamba til viðhalds var dreginn frá þessari tölu áætlaður kostnaður við 19 daga haustbeit. Nítján dagar er áætlaður meðal beitartími lamba á ræktað land, reiknað frá meðal réttadegi samkvæmt réttalista bændablaðsins 2023 (12. september) til meðal sláturdags samkvæmt sláturgögnum (1. október). Dagleg aukin fóðurþörf í fóðureiningum (FEm) var reiknuð sem 0,028*lífþungi^{0,75} FEm (Jóhannes Sveinbjörnsson og Bragi Líndal Ólafsson, 1999) og reiknað með 2,4 kg meiri lífþunga við hækkun fallþunga um 1 kg. Við ákvörðun kostnaðar á fóðureiningu sem eru birtar hér var miðað við 34,6 kr/FEm, en nákvæmlega hvernig sú tala var fundin út skýrist hér á eftir.

Í leið tvö var miðað við að lömb í bötun bættu við sig 100 g fallþunga á dag og þannig spöruðust 10 dagar í bötun við það að lömbin hefðu 1 kg meiri fallþunga af úthaga vegna erfða. Fóðurþarfir fyrir viðhald þessa 10 daga og vöxt um 1 kg fallþunga voru áætlaðar um 18 FEm (Jóhannes Sveinbjörnsson og Bragi Líndal Ólafsson, 1999). Kostnaður á fóðureiningu kemur hérna inn eins og í leið 1, en með öfugum formerkjum, þ.e. að í leið 1 leiðir hærri kostnaður við FEm til lægra hagræns gildis fallþunga en í leið 2 leiðir hærri kostnaður til hærra hagræns gildis. Leið 2 miðar við virka bötun, en leið 1 bara við meðal beit á ræktað land, án þess að gert sé ráð fyrir að lömbin bæti við sig þunga. Í leið 1 er beitin sem sagt viðhaldsfóður, en í leið tvö er hún vaxtarfóður. Eðlilegt er því að kostnaður við FEm sé lægri í leið 1, þar má gera ráð fyrir að litlu sé kostað til í áburði og öðrum þeim kostnaðarliðum sem vega þungt í grænfóðurrækt (leið 2).

Ekki er þó ástæða til annars en að meta beitina í leið 1 til nokkurs verðs því ef hún væri ekki notuð fyrir sláturlömb væri hún verðmæt til haustbeitar fyrir ær. Niðurstaðan hér var að miða við 44,6 kr/FEm fyrir leið 2 og 34,6 kr/FEm fyrir leið 1. Með þessum tölum fæst sama tala, 796 kr./kg (Tafla 6), úr báðum leiðum þegar reiknað er fyrir meðaltal allra búa. Verðtölurnar fyrir hverja fóðureiningu eru í þessum útreikningum fundnar til að passa niðurstöðunni frekar en að bak við þær byggi á rekstrartölum frá búum. Því til stuðnings að þær séu á réttu róli má þó benda á tvennt. 1) Lauslegir kostnaðarútreikningar á ræktun grænfóðurs gefa tölu á sama róli og hærri kostnaðartalan, kostnaður við virka bötun, og 2) miðað við þessar tölur borgar haustbötun á ræktað land laun við ræktunina (laun eiga að vera inni í kostnaðartölunum) og gefur örlítið meira en það. Haustbötun er víða stunduð sem bendir til þess að hún borgi sig, en þó ekki á næstum öllum búum svo hún er varla rakið gróðafyrirtæki. 3) Kostnaðurinn er nokkru minni en fóðuröflunarkostnaður á kúabúi skv. tölum frá RML (51,4 kr/FEm) sem er eðlilegt þar sem kúabúatölurnar innifela kostnað við heyskap sem haustbeitin gerir ekki.

Í hvorugri þessara leiða er gert ráð fyrir að verðið sé breytilegt eftir því hvenær á sláturtíðinni lömbunum er slátrað þrátt fyrir að sláturhúsin borgi nú álag fyrir lömb sem koma fyrr til slátrunar. Þetta var ekki tekið með hér vegna þess að ef breyting yrði á vaxtarhraða sauðfjárstofnsins í landinu í heild vegna kynbóta myndu forsendur yfirborgunar fyrri hluta sláturtíðar breytast og mögulega vera meiri áhugi á slátrun á fyrri hluta sláturtíðar svo sláturhúsin gætu dregið úr yfirborgun.

Fyrir búahópa með meiri eða minni meðalfallþunga en landið í heild gefa leið 1 og leið 2 ekki nákvæmlega sömu niðurstöðu. Þar var meðaltal leiða 1 og 2 notað í áframhaldinu til að finna hagrænt gildi á hverja á. Gert er ráð fyrir að jafnaði 1,32 lömbum í slátrun eftir hverja á að lambgimbrum meðtöldum. Þetta er meðaltal af fjölda slátraðra lamba fyrir hverja lifandi á á ári til að finna hvað aukin verðmæti hvers lambs gera fyrir meðalverðmæti hvers lífárs ánna.

Tafla 6. Hagræn gildi fyrir fallþunga fyrir mismunandi hópa og eftir mismunandi leiðum.

Búa hópur	Aukin verðmæti skrokka	Gróði á lamb, leið 1	Gróði á lamb leið 2	Hagrænt gildi á á á ári
Allt	809,0 kr.	796 kr.	796 kr.	1051 kr.
<15 kg	797,3 kr.	784 kr.	775 kr.	1029 kr.
15-17 kg	809,9 kr.	797 kr.	791 kr.	1048 kr.
17-19 kg	856,2 kr.	843 kr.	805 kr.	1088 kr.
>19 kg	846,8 kr.	834 kr.	822 kr.	1093 kr.

3.3 Staðalþungi/fullorðinsþungi

Staðalþungi er þungi fullorðinnar fullvaxinnar kindar við ákveðið meðal holdastig (Jóhannes Sveinbjörnsson & Eyjólfur Kristinn Örnólfsson, 2024). Þó ætla megi að stærri kindur geti oft á tíðum skilað meiri afurðum er hærri staðalþungi líka tengdur auknum fóðurþörfum ærinnar til

viðhalds eigin líkamsþunga. Það leiðir svo til aukins fóðurkostnaðar þannig að þunginn sjálfur hefur neikvætt hagrænt gildi. Jákvæðu þættirnir sem eru trúlega tengdir stærri kindum, svo sem meiri afurðir, eru reiknaðir beint fyrir afurðaeiginleikana og tengslin á milli koma inn í lokaútreikningana á seinni stigum vegna erfðafylgni á milli staðalþunga og afurða eiginleikanna.

Kostnaður við aukinn staðalþunga var áætlaður þannig að árleg fóðurþörf á dag var reiknuð fyrir tvær ær, 65kg og 66 kg. Mismunurinn í fóðurþörf þessara tveggja áa er þá aukin fóðurþörf vegna aukins staðalþunga. Gert var ráð fyrir að hver auka FEm á 171 dags innistöðu (til dæmis 1. des til 20. maí) kostaði 51,4 kr. og hver FEm á 46 daga tímabili með beit á ræktað land (haust og vor) kostaði 25,7 kr. Úthagabeit var ekki tekin með sem kostnaður. Miðað við þessar forsendur kostar hvert auka kg í staðalþunga áa 73,1 kr. á ári fyrir hverja á.

3.4 Fæðingarþungi

Svipað og með staðalþungann, er aukinn fæðingarþungi trúlega tengdur meiri afurðum – lömb sem fæðast stærri eru komin með forskot, eru bæði orðin stærri strax við fæðingu og geta drukkið meiri mjólk frá fyrsta degi sem hjálpar þeim að stækka hraðar. En með sama hætti og með staðalþungann er einhver kostnaður tengdur því að lömbin séu orðin þyngri á þessum tíma sem dregur úr ávinningnum af því að lömbin fæðist stærri. Aukinn fæðingarþungi leiðir til kostnaðar vegna aukinna fóðurþarfa móðurinnar, bæði í lok meðgöngu og til að mjólka lambinu. Ekki var farið í mjög nákvæma greiningu á þessum kostnaði en gróft mat notað til að athuga hvaða áhrif það hefur á heildareinkunn að taka tillit til fæðingarþungans. Til þess var reiknaður viðbótar fóðurkostnaður vegna aukinnar orkuþarfa áa til mjólkurframleiðslu vegna þess að stærri lömb þurfa meiri mjólk. Miðað við tölur úr Freer & Dove (2002) þarf ærin um það bil 1,2 FEm fyrir kg mjólkur sem hún mjólkar. Mjólkurþörf nýfædds lambs er nærri 0,2 kg mjólkur fyrir hvert kg í fæðingarþunga, þannig að fyrir hvert kg sem lömbin fæðast þyngri þarf ærin 0,24 fleiri FEm. Þar sem ær ganga yfirleitt á eigin forða á þessu tímabili kemur aukin fóðurþörf ekki endilega fram í meira áti í kring um burð, en einhverstaðar í ferlinu ætti hann að koma fram. Hér var til einföldunar gert ráð fyrir að aukin fóðurþörf áa sem eiga þyngri lömb komi fram eftir burð, í 7 dögum á gjöf og 16 dögum á beit á ræktuðu landi. Með sömu verðforsendur og fyrir staðalþungann (51,4 kr/FEm á gjöf og 25,7 kr/FEm á beit) fengust 187,6 kr/kg í aukinn kostnað vegna aukins fæðingarþunga, sem kemur þá á móti gróðanum af væntanlega meiri haustþunga.

3.5 Tímasetning tekna og afvöxtun

Það skiptir máli upp á endanlegt virði eiginleikanna hversu oft og hvenær í lífi skepnunnar þeir koma fram. Við þessa útreikninga var gert ráð fyrir að ársvextir væru 4% og að ær yrðu 4,9 ára að meðaltali sem er í samræmi við niðurstöður BS verkefnis Eydísar Óskar Jóhannesdóttur (2024). Horft var til tvenns konar vals. Í fyrsta lagi vals á hrútum til að nota einn vetur. Undan hverjum hrút var gert ráð fyrir 35 lömbum og 12,5% lambanna væru ásetningsgimbrar, sem er í samræmi við raungögn (fjöldi lamba skiptir ekki máli upp á lokaútkomuna, en hlutfall

ásetningslamba gerir það því þau skila sér ekki í tekjum á fyrsta hausti). Gerð, fita og bein áhrif á fallþunga koma þá fram strax eftir ár en mæðraeiginleikar og sláturáhrif lamba undan dætrum hrútanna á næstu 4,9 árum á eftir. Í öðru lagi var horft til vals á gimbrum sem sýna þá mæðraeiginleika hjá sjálfum sér næstu 4,9 ár og slátureiginleika í afkvæmum á sama tíma.

Niðurstöður um verðmæti eiginleikanna í ásettum hrútum og gimbrum miðað við allt gagnasafnið er í töflu 7. Þær tölur segja til um hve mikið verðmæti ásettra gripa breytist við að þeir séu erfðafræðilega einni einingu (stig eða kg) hærri í hverjum eiginleika. Gimbrarnar eru verðminni vegna þess að þær eiga ekki væntingar um eins mörg lömb og hrútarnir. Þessar tölur eru hér birtar miðað við meðaltöl allra búa.

Tafla 7. Hagræn gildi fyrir ásetningslömb miðað við meðalfallþunga allra búa, fyrir ásetta hrúta annarsvegar og ásettar gimbrar hins vegar. Samsett einkunn er meðaltal einkunnar fyrir hrúta og gimbrar.

Eiginleiki	Hrútar	Gimbrar	Samsett
Gerð	9.496 kr/stig	1.263 kr/stig	5.380 kr/stig
Fita	-316 kr/stig	-42 kr/stig	-179 kr/stig
Fallþungi bein áhrif	16.518 kr/kg	2.194 kr/kg	9.356 kr/kg
Fallþungi mæðraáhrif	9.652 kr/kg	4.387 kr/kg	7.020 kr/kg
Staðalþungi	-675 kr/kg	-307 kr/kg	-491 kr/kg
Fæðingarþungi bein áhrif	-4.190 kr/kg	-656 kr/kg	-2.423 kr/kg
Fæðingarþungi mæðraáhrif	-2.886 kr/kg	-1.312 kr/kg	-2.099 kr/kg

Í töflu 8 eru samsettu niðurstöðurnar fyrir bú með mismikinn meðalfallþunga. Fæðingar- og staðalþungi hefur alltaf sama gildið en gerð, fita og fallþungi fá mismunandi gildi vegna þess að kílóverðið er mismunandi fyrir mismunandi hópa búa.

Tafla 8 Hagræn gildi eiginleika fyrir hópa búa með mismunandi meðalfallþunga.

Eiginleiki	<15 kg	15-17 kg	17-19 kg	>19 kg
Gerð	6.442 kr/stig	5.290 kr/stig	5.227 kr/stig	4.705 kr/stig
Fita	1.236 kr/stig	307 kr/stig	-905 kr/stig	-3.462 kr/stig
Fallþungi bein áhrif	9.162 kr/kg	9.333 kr/kg	9.690 kr/kg	9.733 kr/kg
Fallþungi mæðraáhrif	6.874 kr/kg	7.002 kr/kg	7.270 kr/kg	7.303 kr/kg
Staðalþungi	-491 kr/kg	-491 kr/kg	-491 kr/kg	-491 kr/kg
Fæðingarþungi bein áhrif	-2.423 kr/kg	-2.423 kr/kg	-2.423 kr/kg	-2.423 kr/kg
Fæðingarþungi mæðraáhrif	-2.099 kr/kg	-2.099 kr/kg	-2.099 kr/kg	-2.099 kr/kg

Hagrænu gildin fyrir fitu í töflum 7 og 8 miða við að val fyrir fitu sé bara í eina átt, en ekki í átt að kjörgildi. Gildið fyrir öll bú er mjög lágt vegna þess hve meðalflokkunin er nálægt kjörgildinu. Til að meta hvaða gildi ætti að miða við þegar fituvalið er í átt að kjörgildi þarf að horfa bæði til vals fyrir minni fitu þar sem fita er yfir kjörgildi og meiri fitu þar sem hún er undir kjörgildi. Byggt á lögun normalkúrfunnar ætti meðaltal línulegra einkunna sem eru settar upp sem kjörgildiseinkunnir þegar meðaltalið er við kjörgildið að vera um 0,67 staðalfrávikum undir hámarkinu. Miðað við þá stöðu væri gildi fitu 116 kr/stig eða -134 kr/stig á hverja á á ári, eftir því hvoru megin við kjörgildið einkunnin er. Eftir að hafa tekið tillit til fleiri ára, afvöxtunar og tekið meðaltal af hrútum og gimbrum er gildi fitu 1.034 kr/stig og -1.193 kr/stig eftir því hvort horft er á þann helming fjár sem er neðan eða ofan við kjörgildið í fitukynbótamati. Þessar tölur kæmu þá í stað gildisins -179 kr/kg úr töflu 7.

3.6 Erfðastuðlar fyrir skrokkeiginleika

3.6.1 Aðferðir

Ein forsenda hagrænnar heildareinkunnar er að vita hve mikið af breytileika eiginleikanna er vegna erfða og hver erfðafylgnin er á milli þeirra. Þetta hefur verið metið fyrir þungaeiginleika og skrokkmatseiginleika hvort í sínu lagi, en ekki voru til tölur um það saman þannig að erfðafylgnin á milli þungaleiðréttrar flokkunar og fallþunga fengist.

Til að fá mat á erfðastuðla allra þriggja skrokkeiginleikanna, þ.e. fallþunga, gerð og fitu, voru erfðastuðlar fyrir þessa eiginleika metnir saman með fjölbreytulíkani. Gagnasafnið sem notað var við erfðastuðlamat var hluti af því sem notað var við mat á kjörgildi, með þeirri undantekningu að upplýsingar frá árinu 2023 voru með. Aðeins var unnið með gögn frá 30 búum til að tryggja gæði gagna og spara tíma við útreikninga. Búin voru valin úr hópi búa með sláturupplýsingar fyrir að minnsta kosti 4000 lömb, upplýsingar öll árin 2015 til 2023 og með hluta lambanna undan sæðingahrútum til að tryggja ætternistengingar. Frekari gagnahreinsun fólst í því að aðeins lömb með skráð kyn sem hrútur eða gimbur, lömb sem gengu undir sem ein-, tví-, eða þrílembingar, og lömb með þekkta foreldra voru tekin með. Lömb í hópum af samsetningu bús og sláturdags með færri en 15 lömbum voru útilokuð. Samtals voru sláturupplýsingar fyrir 204.510 lömb í gögnunum. Ættskrá með upplýsingum um 553.927 kindur var notuð til að finna allan þekktan skyldleika lambanna við mat á erfðaþættinum.

Erfðastuðlar voru metnir með fjölbreytulíkani fyrir alla þrjá eiginleika í einu. Leiðrétt var fyrir fallþunga í líkaninu fyrir gerð og fitu vegna þess að kynbótamatið er reiknað með fallþungaleiðréttingu og eðlilegt að hagræna vægið sé leitt út fyrir eiginleikann eins skilgreindan. Líkönin voru

$$y_{\text{þ},i} = b_1(SA_i) + kyn + gekk + mald + bsd + a_i + m_j + c_j + e$$

$$y_{g,i} = kyn + bsd + fallh + a_i + e_i$$

$$y_{f,i} = kyn + bsd + fallh + a_i + e_i$$

þar sem $y_{\text{þ},i}$, $y_{g,i}$ og $y_{f,i}$ stendur fyrir fallþunga, gerðar- og fitueinkunn, í þessari röð, $b_1(SA_i)$ er aðhvarf á aldur við slátrun, kyn eru áhrif kyns (hrútur eða gimbur), $gekk$ eru áhrif þess

hvernig lambið gekk undir (einlembingur, tvílembingur, þrílembingur), $mald$ eru áhrif aldurs móður, bsd eru áhrif sláturdags innan bús (1077 hópar), $fallh$ eru áhrif fallþungahóps sem skiptast á heilum kílógrömmum innan kynja, a_i eru samleggjandi erfðaáhrif einstaklingsins, m_j eru samleggjandi erfðaáhrif móður j, c_j eru varanlega umhverfisáhrif móður j, og e_i eru leifar. Erfðastuðlar þessara þriggja eiginleika voru metnir saman í fjölbreytulíkani þar sem gert er ráð fyrir fylgni á milli erfðaþátta á milli eiginleika, þar með talið bæði beinna og mæðraáhrifa á fallþungann.

Dreifniliðir voru metnir með AI-REML algrími í 6. útgáfu DMU forritapakkans (Madsen & Jensen, 2018).

3.6.2 Niðurstöður

Tafla 9 sýnir arfgengi, erfðafylgni og svipfarsfylgni fyrir fallþunga og fallþungaleiðrétta skrokkeiginleika. Arfgengi gerðar er hæst, 0,42, fyrir gerð en lægst fyrir mæðraáhrif á fallþunga. Erfðafylgni á milli eiginleika er almennt lág, hæst er hún á milli gerðar og fitu 0,24. Varanleg umhverfisáhrif móður skýrðu 11% af svipfarsbreytileikanum í fallþunga.

Tafla 9 Arfgengi (á hornalínu), erfðafylgni (neðan hornalínu) og svipfarsfylgni (ofan hornalínu) á milli skrokkeiginleika

	Fall bein áhrif	**Fall mæð.**	**Gerð**	**Fita**
Fall bein	*0,16*	-	0,16	0,03
Fall mæð.	-0,03	*0,09*	-	-
Gerð	0,13	-0,09	*0,42*	0,12
Fita	-0,16	-0,01	0,24	*0,27*

3.6.3 Umræður

Samkvæmt þessum niðurstöðum er töluvert lægra arfgengi fyrir bæði bein áhrif og mæðraáhrif á fallþunga en Elsa Albertsdóttir o.fl. (2018) mátu. Þau fengu arfgengi beinna hrifa yfir 0,3 og mæðrahrifanna nálægt 0,2. Jafnframt er neikvæða erfðafylgnin á milli beinna áhrifa og mæðraáhrifa á fallþunga metin lægri en Elsa Albertsdóttir o.fl. (2018) mátu. Það að arfgengið sé lægra en áður var talið dregur úr væntingum um hraða erfðaframför en minni neikvæð erfðafylgni á milli beinna- og mæðraáhrifa kemur þar á móti.

Arfgengi gerðar og fitu er ekki langt frá því sem Eiríksson og Sigurdsson (2017) fengu með eldri skrokkmatsgögn. Matið fyrir fitu er þó ögn lægra hér og ögn hærra fyrir gerð en þeir fengu. Erfðafylgni á milli gerðar og fitu virtist lækka á tímabilinu 2000 til 2013 samkvæmt niðurstöðum Eiríksson og Sigurdsson (2017). Matið á þessari erfðafylgni sem hér fæst er ögn lægra en það sem þeir fengu fyrir síðasta tímabilið sem þeir tóku fyrir sem bendir til að þróun í átt að minni erfðatengslum fitumats og gerðarmats hafi haldið áfram. Þetta styrkir þá tilgátu að samhliða val fyrir gerð og fitu dragi úr erfðafylgninni þarna á milli sem ætti að gera val fyrir þessum eiginleikum hvorum fyrir sig þægilegri til framtíðar.

Lítil fylgni á milli skrokkgæðaeiginleikanna og fallþunga kann að koma einhverjum á óvart þar sem vel er þekkt að meiri fallþunga fylgir jafnan meiri fita og meiri holdfylling. Hér er aftur á móti verið að skoða erfðafylgni fallþunga við fallþungaleiðrétta skrokkmatseiginleika þannig að þau tengsl eru önnur en án þungaleiðréttingar. Þar sem alltaf er unnið með skrokkmatseiginleikana þungaleiðrétta nýtast erfðastuðlarnir úr þessu mati við útleiðslu hagrænnar heildareinkunnar.

3.7 Hagræn heildareinkunn

3.7.1 Öryggi kynbótamats

Ein forsenda sem þarf til að reikna hagrænt vægi er öryggi og dreifni kynbótamatsins. Þar skiptir máli hvaða hóp er helst horft til að nota heildareinkunnina til að velja úr því öryggið er misjafnt milli hópa. Val eftir öruggu kynbótamati, þ.e. mati sem byggir á miklum upplýsingum og er þannig líklegt til að vera nærri raunverulegu kynbótagildi, hefur meiri áhrif á afkomu búsins en mat eftir óöruggu mati.

Við útleiðslu hagrænnar heildareinkunnar var horft til fjögurra hópa kinda með mismunandi öryggi kynbótamats. Þeir voru:

1. Lömb aðeins með upplýsingar um foreldra
2. Ær fæddar 2019, með upplýsingar um upplýsingar um 4 afurðaár.
3. Hrútar fæddir 2022, þá einungis með afkvæmaupplýsingar fyrir eitt ár
4. Reyndir hrútar, fæddir árin 2019 og 2020 með að minnsta kosti eina ásetta dóttur.

Tafla 10. Staðalfrávik staðlaðs kynbótamats fyrir nokkra hópa kinda. Staðalfrávikið 10 bendir til þess að öryggi kynbótamats sé það sama og fyrir viðmiðunarhóp sem kynbótamatið er staðlað eftir, lægri tölur benda til lægra öryggis.

Eiginleiki	Lömb	Ær	Veturg. hrútar	Reyndir hrútar
Gerð	6,7	7,7	9,6	9,6
Fita	4,7	6,3	6,7	7,0
Fall bein áhrif	5,3	5,4	7,5	7,5
Fall mæðraáhrif	3,7	5,6	5,3	5,6
Ómvöðvi	8,1	8,8	11,2	11,1
Ómfita	5,5	6,5	7,5	7,6

Öryggi kynbótamatsins fyrir þessa hópa var áætlað út frá væntingum um upplýsingar, staðalfráviki kynbótamats og byggt á lítilsháttar staðfestingarprófi (validation; aðeins fyrir gerð og fitu). Almennt eykst breytileiki kynbótamats fyrir hópa eftir því sem meiri upplýsingar liggja að baki. Kynbótamat eins og það er birt bændum er staðlað þannig að meðaltal fyrir valinn hóp er sett á 100 og staðalfrávik matsins fyrir valinn hóp (annan eða sama) er sett á 10. Staðalfrávik staðlaða kynbótamatsins fyrir hópana fjóra eins og það var sumarið 2024 kemur fram í töflu 10.

Þar skera sig nokkuð úr tölur fyrir ómvöðva hjá hrútahópunum þar sem staðalfrávikið er yfir 10 sem bendir til þess að matið á þessum hópum sé talið mjög öruggt. Aftur á móti eru tölurnar fyrir aðra hópa líka háar svo líklegra er að staðlaða matið sé með of mikla dreifni miðað við öryggi þess vegna lágs öryggis (og þar með lítillar dreifni) á mati skölunarhóps.

Áætlaður áreiðanleiki (öryggi í öðru veldi (r^2), *e. reliability*) kynbótamats fyrir hópana sem verður byggt á er í töflu 11. Öryggið er eðlilega lægst fyrir alla þætti fyrir lömb þar sem þeirra mat er aðeins byggt á ætternisupplýsingum en hæst fyrir reynda hrúta því þeir eiga afkvæmi með mælingar á öllum þáttum. Þeir eiginleikar sem eru metnir í lömbum eru almennt með hærra öryggi mats því upplýsingarnar koma fram fyrr á ævi kindanna.

Tafla 11. Áætlaður áreiðanleiki (e. *reliability*) kynbótamats fyrir mismunandi hópa.

Eiginleiki	Lömb	Ær	Veturg. hrútar	Reyndir hrútar
Gerð	0,20	0,35	0,70	0,75
Fita	0,17	0,33	0,65	0,72
Fall bein áhrif	0,17	0,30	0,60	0,65
Fall mæðraáhrif	0,10	0,35	0,20	0,40
Ómvöðvi	0,20	0,45	0,50	0,75
Ómfita	0,17	0,42	0,47	0,72

3.7.2 Forsendur um dreifni og samdreifni

Til að finna hagræna heildareinkunn þarf erfðadreifni og fylgni fyrir alla eiginleika í kynbótamarkmiðinu, sem sagt þá sem við höfum hagrænt gildi fyrir, og þá eiginleika sem við höfum kynbótamat fyrir og ætlum að hafa inni í heildareinkunninni.

Erfðadreifnin og erfðafylgnin sem byggt er á við útleiðslu hagrænnar heildareinkunnar kemur fram í töflu 12. Fyrir fallþunga og kjötmat er byggt á gögnum úr gagnagrunni sauðfjárræktarinnar sem lýst er í kafla 3.6. Erfðastuðlar fyrir fæðingar- og staðalþunga byggja á gögnum frá tilraunabúi Landbúnaðarháskóla Íslands á Hesti (Jón Hjalti Eiríksson o.fl. óbirt gögn). Þó var sú breyting gerð að ekki var gert ráð fyrir eins mikilli erfðafylgni ómmælinga og staðalþunga og beinar niðurstöður gerðu ráð fyrir – hér var gert ráð fyrir erfðafylgninni -0,30 í stað -0,60 fyrir ómvöðva og staðalþunga og -0,11 í stað -0,22 fyrir ómfitu. Ástæðurnar fyrir því eru þær að í fyrsta lagi er staðalþunginn sem er reiknað með leiðréttur fyrir holdastigi sem er metið á baki þannig að mögulega er ám með þykkt bak refsað þar. Í öðru lagi er nokkur óvissa á þessari tölu og þykir því rétt að minnka áhættu með því að miða við heldur minni fylgni en kom beint úr útreikningum. Erfðastuðlar fyrir ómmælingar eru teknir inn byggt á gögnum frá tilraunabúinu á Hesti og tölum úr BS verkefni Jóns Hjalta Eiríkssonar (2014). Tölurnar segja til um hversu mikill breytileiki innan hvers eiginleika er vegna erfða og hvernig eignleikarnir eru erfðalega tengdir. Til dæmis sést að erfðafylgni beinna áhrifa á fallþunga og staðalþunga er 0,66, sem er óheppilegt því þá fylgir hærri staðalþungi með auknum fallþunga. Erfðadreifnin á hornalínunum segir til um hversu miklum breytingum í einingu eiginleikans má búast við að verði vegna kynbóta.

Tafla 12. Erfðadreifni (á hornalínu) og erfðafylgni fyrir eiginleikana sem hafa hagrænt gildi eða eru með reiknað kynbótamat.

	Gerð	**Fita**	**FaB**	**FaM**	**SÞ**	**FæðB**	**FæðM**	**Ómvöðvi**	**Ómfita**
Gerð	*1,12*								
Fita	0,24	*0,43*							
FaB	0,22	-0,16	*0,72*						
FaM	-0,09	-0,01	-0,03	*0,41*					
SÞ	-0,32	-0,08	0,66	0,32	*25,60*				
FæðB	-0,07	-0,11	0,34	-0,07	0,26	*0,05*			
FæðM	-0,53	-0,40	0,31	0,41	0,27	-0,05	*0,10*		
Ómvöðvi	0,40	-0,08	-0,16	0,09	-0,60	-0,09	-0,18	*2,31*	
Ómfita	0,05	0,62	0,02	0,12	-0,22	-0,12	-0,28	0,02	*0,24*

FaB: Fallþungi, bein erfðaáhrif, þ.e. áhrif erfðavísa einstaklingsins á eigin fallþunga.
FaM: Fallþungi, erfðaáhrif mæðra, þ.e. áhrif erfðavísa ær sem lambið gengur undir á fallþunga lambsins.
SÞ: Staðalþungi, þ.e. holdaleiðréttur fullorðinsþungi ánna.
FæðB: Fæðingarþungi, bein erfðaáhrif, þ.e. áhrif erfðavísa lambs á eigin fæðingarþunga.
FæðM: Fæðingarþungi, erfðaáhrif mæðra, þ.e. áhrif erfðavísa móður á fæðingarþunga lamba.

Fyrir samsetningu á heildareinkunn getur líka skipt máli hvernig kynbótamatið fyrir mismunandi eiginleika er tengt, en það ræðst bæði af erfðafylgninni og umhverfisfylgninni. Þegar kynbótamat fyrir marga eiginleika er keyrt saman í fjölbreytukeyrslu er sjálfkrafa tekið tillit til fylgni á milli eiginleikanna en ekki þegar eiginleikarnir eru reiknaðir aðskilið. Fyrir íslenskt sauðfé eru gerð, fita, ómvöðvi og ómfita reiknuð í einni keyrslu og fallþungi í annarri (ásamt lífþunga en lífþunginn kemur ekki inn í þessa útreikninga þar sem hann er fyrst og fremst hafður með til að koma upplýsingum um þunga ásettra lamba inn í matið á fallþunganum).

Fylgni á milli kynbótamats hjá reyndum hrútum fyrir kynbótamatseiginleikana kemur fram í töflu 13. Það sem helst víkur frá erfðafylgninni er fylgni upp á 0,31 á milli ómvöðva og beinna áhrifa á fallþunga þrátt fyrir neikvæða erfðafylgni þarna á milli (Tafla 12) og fylgni beinna áhrifa á fallþunga og fitu sem er jákvæð (0,15) í kynbótamatinu en erfðafylgnin er neikvæð. Fyrir aðra hópa er svipuð fylgni kynbótamats og erfðafylgni. Simianer o.fl (2023) leggja til að dreifni og samdreifni kynbótamats sé notuð við útleiðslu hagrænnar heildareinkunnar þegar ekki er allt reiknað saman í fjölbreytukeyrslu en t.d. Dekkers og Gibson (1998) gera ekki ráð fyrir því. Hér var sú leið farin að nota formúluna fyrir heildareinkunn $\mathbf{b} = \mathbf{P^{-1}Gv}$ þar sem $\mathbf{b}$ er vigur með hagrænu vægi, $\mathbf{P}$ er fylki sem lýsir (sam)dreifni kynbótamats þeirra eiginleika verða með í heildareinkunninni, $\mathbf{G}$ er fylki með erfða (sam)dreifni eiginleika í heildareinkunn og eiginleika sem eru með hagrænt gildi og $\mathbf{v}$ er vigur með hagrænu gildunum. $\mathbf{P}$ fylkið var hérna sett sem erfðadreifnin á milli eiginleikanna sem eru með kynbótamat með þeim undantekningum að samdreifni mats fyrir fituflokkun og bein áhrif á fallþunga var sett sem 0,0 og það sama fyrir samdreifni beinna áhrifa á fallþunga og ómvöðva. Að setja þessi gildi á 0,0 var ákveðinn millivegur á milli erfðasamdreifni og samdreifni kynbótamats.

Tafla 13. Fylgni á milli kynbótamats fyrir mismunandi eiginleika hjá reyndum hrútum.

	Gerð	Fita	FaB	FaM	Ómvöðvi
Fita	-0,15				
FaB	0,29	0,15			
FaM	-0,02	0,13	0,14		
Ómvöðvi	0,72	0,14	0,31	0,09	
Ómfita	0,13	0,67	0,09	0,04	0,24

FaB: Fallþungi, bein erfðaáhrif, þ.e. áhrif erfðavísa einstaklingsins á eigin fallþunga.
FaM: Fallþungi, erfðaáhrif mæðra, þ.e. áhrif erfðavísa ær sem lambið gengur undir á fallþunga lambsins.

Tafla 14. Samsetning hagrænnar heildareinkunnar miðað við bú með meðalfallþunga og að fitueinkunn stefni að kjötgildi.

Eiginleiki	kr/stig staðl. kynbótamat	Hlutfall
Gerð	520,2	38,7%
Fita	±41,1	±3,1%
Fallþungi bein áhrif	284,3	21,2%
Fall erfðaáhrif mæðra	205,7	15,3%
Ómvöðvi	-121,3	-9,0%
Ómfita	170,3	12,7%

3.8 Niðurstöður

Í töflu 14 koma fram niðurstöður um verðmæti stiga í stöðluðu kynbótamati samkvæmt formúluútreikningum á heildareinkunn og hlutfallslegt vægi sem byggir á því. Hérna er miðað við öryggi kynbótamats fyrir ær. Hvað ætti að miða við fer í raun eftir því hvaða viðmiðunarhópur er notaður til að staðla kynbótamatið og munur á öryggi hópa á að koma fram í mun á dreifingu matsins þannig að við meira öryggi verður meira útslag sem gerir áhrifin meiri í heildareinkunn. Niðurstöðurnar miða við að fallþungi og kjötmat sé á meðaltali alls stofnsins og er reiknað miðað við að fitueinkunnin stefni að kjörgildi (sjá annan kafla).

Það kemur á óvart í þessum niðurstöðum að neikvætt vægi fékkst á kynbótamat ómvöðva og jákvætt á ómfitu. Rétt er að vekja athygli á því að þessar niðurstöður eiga ekki við um val á líflömbum eftir dómunum beint, þessir útreikningar eiga aðeins við ef valið væri eftir kynbótamati fyrir ómmælingarnar. Þessir eiginleikar eru helst tengdir gerð og fitu þannig að þykkari vöðva fylgir almennt betri gerð, og minni fitu samkvæmt ómmælingu fylgir minni fita á skrokknum. Ástæða þessara óvæntu niðurstaðna um vægi ómmælinga er að hluta til vegna fylgni við eiginleika sem tengjast þunga, en við skoðun á forsendum kom í ljós að mun meiri

áhrif voru af samspili fylgni kynbótamats og erfðafylgni. Þrátt fyrir neikvæða erfðafylgni þykktar bakvöðva og fallþunga er nokkur jákvæð fylgni kynbótamats þessara eiginleika. Þrátt fyrir að við útleiðslu einkunnarinnar hafi sú tala ekki verið notuð beint (miðað var við enga fylgni kynbótamats) hefur það áhrif að fylgni matsins var ekki sú sama og erfðafylgnin. Ef gert er ráð fyrir að fylgni kynbótamatsins væri jöfn erfðafylgninni væri minna vægi á ómvöðvanum. Erfðafylgni ómmælinga og þungaeiginleika sem var notuð í útreikningunum var reiknuð með gögnum frá Hesti, sem eru takmörkuð að umfangi og ekki er víst að þau séu lýsandi fyrir allan sauðfjárstofninn. Fyrir ómfituna hafa tengslin við fallþunga og staðalþunga meiri áhrif, en meiri fita er tengd meiri fallþunga, minni staðalþunga og minni fæðingarþunga miðað við erfðastuðlana sem voru notaðir. Til að kanna hvaða gildi það hefur að hafa ómmælingarnar inni í heildareinkunninni var heildareinkunn leidd út miðað við sömu forsendur og fyrri útreikningar nema ómmælingar voru ekki teknar með. Niðurstöðurnar eru í töflu 15. Eins og við var að búast hækkar hlutfallslegt vægi annarra eiginleika þegar tveir eru teknir í burtu.

Tafla 15. Hagræn heildareinkunn fyrir skrokkeiginleika ef kynbótamat fyrir ómmælingar er ekki tekið til greina í heildareinkunn.

Eiginleiki	kr/stig staðl. kynbótamat	Hlutfall
Gerð	452,9	45,1%
Fita	±41,7	±4,2%
Fall bein áhrif	300,5	29,9%
Fall erfðaáhrif mæðra	209,7	20,9%

Næsta spurning er hversu miklu máli skiptir að hafa kynbótamatið fyrir ómmælingar inni í heildareinkunninni. Spurningin er hvort það myndi hafa teljandi áhrif á niðurstöðu kynbótastarfsins að sleppa kynbótamati fyrir ómmælingar úr heildareinkunninni í ljósi óvissra forsendna og niðurstaðna sem eru ekki í samræmi við það sem flestir myndu telja rétt að lítið athuguðu máli. Til að reyna að svara þessu var væntanleg erfðaframför á kynslóð reiknuð miðað við úrvalsþrýstinginn 1,0 og að valið væri á grundvelli kynbótamats fyrir lömb. Niðurstöðurnar koma fram í töflu 16. Ef ómmælingarnar eru með verða meiri framfarir í gerð, minni í fallþunga en litlar breytingar á staðalþunga eða fæðingarþunga nema að mæðraáhrif á fæðingarþunga leita lítillega niður á við. Án ómmælinganna verða meiri framfarir í fallþunga en á sama tíma þróun í átt til meiri staðalþunga. Samanburður á heildar verðmæti erfðaframfaranna sýnir heldur hærri tölu ef ómmælingar eru ekki með heldur en ef allt er með, 3.431 kr. með ómmælingum samanborið við 3.482 kr. án þeirra. Fræðilega ætti alltaf að koma hærri tala ef fleiri eiginleikar eru teknir með en hér gerir eftirvinnsla vegna vals fyrir fitu að kjörgildi það að þessi niðurstaða getur orðið. Þessar tölur sýna það hefði engin eða lítil áhrif á verðmæti þeirrar erfðaframfarar sem myndi nást með heildareinkunninni hvort kynbótamat fyrir ómmælingar er haft með eða ekki og þess vegna ekki ástæða til að hafa kynbótamat fyrir ómmælingar með í heildareinkunn kynbótamats.

Tafla 16. Vænt erfðaframför miðað við úrvalsstyrk 1,0 og val eftir kynbótamati lamba fyrir heildareinkunnir með kynbótamati fyrir ómmælingar og án þess með í matinu.

	Með ómmælingum		Án ómmælinga	
Eiginleiki	**Breyting kynbótagildis**	**Verðmæti**	**Vænt úrvalssvörun**	**Verðmæti**
Gerð	0,310 stig	1.667 kr.	0,290 stig	1.562 kr.
Fita	0,056 stig	8 kr.	0,022 stig	14 kr.
Fallþungi bein áhrif	0,141 kg	1.318 kr.	0,175 kg	1.640 kr.
Fallþungi erfðaáhrif mæðra	0,056 kg	391 kr.	0,057 kg	398 kr.
Staðalþungi	0,021 kg	-10 kr.	0,291 kg	-143 kr.
Fæð.þ. bein áhrif	0,000 kg	-1 kr.	0,006 kg	-14 kr.
Fæð.þ. erfðaáhrif mæðra	-0,028 kg	58 kr.	-0,012 kg	25 kr.
Samtals:		3.431 kr.		3.482 kr.

Til að meta hvaða áhrif það hafði á niðurstöðurnar að vera með staðalþunga og fæðingarþunga inni í útreikningunum var prófað að setja hagrænt gildi þeirra þátta á núll og reikna hagrænt vægi eiginleikanna miðað við þær forsendur. Niðurstöðurnar eru í töflu 17. Samanburður við niðurstöðurnar í töflu 16 sýnir að vægi á gerð lækkar en vægi á fallþunga hækkar ef ekki er horft til staðalþunga og fæðingarþunga. Í prósentustigum er munurinn um 12,5 prósentustig fyrir gerðina, 9,5 prósentustig fyrir bein áhrif á fallþunga og um 3,4 prósentustig á mæðraáhrifin. Þetta sýnir að það munar um að taka þessa eiginleika til greina við útleiðslu á heildareinkunninni. Í töflu 18 sjást þessi áhrif enn frekar en þar kemur fram vænt úrvalssvörun í þeim eiginleikum sem eru í ræktunarmarkmiðinu ef notuð væri heildareinkunn sem tæki ekki tillit til staðalþunga og fæðingarþunga. Með slíkri einkunn yrði heldur meiri erfðaframför í fallþunga en á móti myndi valið stuðla meira að því að ærnar yrðu stærri.

Tafla 17. Hagræn heildareinkunn fyrir skrokkeiginleika ef ekki væri tekið tillit til áhrifa á staðalþunga og fæðingarþunga.

Eiginleiki	**kr/stig staðl. kynbótamat**	**Hlutfall**	**Breyting með staðal- og fæðingarþ.**
Gerð	357,7	30,4%	-12,5%
Fita	41,7	3,8%	-0,4%
Fallþungi bein áhrif	432,0	39,4%	+9,5%
Fallþungi erfðaáhrif mæðra	266,4	24,3%	+3,4%

Tafla 18. Vænt úrvalssvörun á kynslóð fyrir eiginleika í ræktunarmarkmiðinu sem er til skoðunar í þessu verkefni ef ekki er tekið tillit til áhrifa á staðal- og fæðingarþunga við útleiðslu hennar.

Eiginleiki	Vænt úrvalssvörun	Breyting úrvalssvörunar
Gerð	0,229 stig	-0,062
Fita	0,006 stig	-0,016
Fallþungi bein áhrif	0,205 kg	+0,030
Fallþungi erfðaáhrif mæðra	0,073 kg	+0,016
Staðalþungi	0,605 kg	+0,313
Fæð.þ. bein áhrif	0,010 kg	+0,004
Fæð.þ. erfðaáhrif mæðra	0,007 kg	+0,019

Þær mögulegu heildareinkunnir sem hafa verið skoðaðar hér fyrir ofan hafa byggst á meðalsláturtölum allra búa. Í töflu 19 eru aftur á móti hagrænar heildareinkunnir samkvæmt formúluútreikningum ef horft á stöðuna á búum með lítinn meðalfallþunga (<15kg) og mikinn meðalfallþunga (>19 kg). Við þá útreikninga var val fyrir fitu reiknað sem einhliða val, þ.e. ekki val að kjörgildi. Þrátt fyrir að hagræna gildið fyrir fitu sé jákvætt fyrir bú með lítinn meðalfallþunga (sjá töflu 8) kemur lítillega neikvæð tala út úr útreikningum á hagrænu vægi fyrir eiginleikann, -2,3%. Ástæðan fyrir því er að hagræna gildi fitu er frekar lágt almennt miðað við aðra eiginleika sem fitan er tengd. Mun hærra neikvætt vægi kemur aftur á móti út úr útreikningunum fyrir bú með háan meðalfallþunga, þar sem fita ætti að vera með 18,5% vægi í vali til minni fitu miðað við þessar niðurstöður. Áhersla á gerð er á móti mun minni fyrir búin með meiri fallþunga.

Tafla 19. Hagrænar heildareinkunnir ef þær eru leiddar út sérstaklega fyrir bú með lágan meðalfallþunga eða bú með háan meðalfallþunga. Hér er fituvalið ekki að kjörgildi.

	Bú með fallþunga <15kg		Bú með fallþunga >19 kg	
Eiginleiki	**kr/stig staðl. kynbótamat**	**Hlutfall**	**kr/stig staðl. kynbótamat**	**Hlutfall**
Gerð	521,1	50,5%	406,1	34,7%
Fita	-24,2	-2,3%	-205,0	-17,5%
FaB	283,4	27,4%	339,0	29,0%
FaM	204,1	19,8%	220,7	18,9%

FaB: Fallþungi, bein erfðaáhrif, þ.e. áhrif erfðavísa einstaklingsins á eigin fallþunga.
FaM: Fallþungi, erfðaáhrif mæðra, þ.e. áhrif erfðavísa ær sem lambið gengur undir á fallþunga lambsins.

Þar sem sameiginlega kynbótastarfið á erfitt með að vera með sérstakar einkunnir fyrir einstaka hópa búa getur verið áhugavert að skoða hvort mikill munur er á ágóða vegna úrvalssvörunar í búum með háan eða lágan meðalfallþunga ef heildareinkunn sem er leidd út fyrir meðalbú er notuð. Þar kemur í ljós að 99,5% af hámarks ágóða næðist fyrir bú með meðalfallþunga undir 15 kg en aðeins 88,4% fyrir bú með yfir 19 kg meðalfallþunga. Það eru því helst bú með mikinn fallþunga sem almenn heildareinkunn kynbótamats myndi henta illa fyrir, einkum vegna mikilvægi lækkunar fitustigs fyrir þessi bú.

3.9 Tillaga að nýrri heildareinkunn

Hæfilegt innbyrðis vægi skrokkeiginleika í hagrænni heildareinkunn fyrir sauðfjárræktina þar sem val fyrir fitu er að kjörgildi gæti samkvæmt niðurstöðum þessa verkefnis verið 45% á gerð, 4% á fitu (að kjörgildi), 30% á bein áhrif á fallþunga og 21% á mæðraáhrif á fallþunga. Það myndi litlu bæta við að hafa ómmælingar inni í heildareinkunn kynbótamats en gæti þó dregið úr aukningu staðalþunga. Ef frjósemi er með 30% vægi eins og í núverandi einkunn er vægið 32% á gerð, 3% á fitu (að kjörgildi), 21% á bein erfðaáhrif á fallþunga og 15% mæðraáhrif á fallþunga, auk 30% á frjósemi. Þessi einkunn byggir á verðmæti skv. verðskrá sláturhúsanna 2023 og tekur tillit til erfðafylgni á milli eiginleika og áhrifa á fæðingarþunga og staðalþunga. Þrátt fyrir það myndi val eftir þessari einkunn leiða til aukningar á staðalþunga og fæðingarþunga auk þess að stuðla frekar að aukningu fitu á lambskrokkum en minnkun.

Breyttar forsendur gætu haft áhrif á áherslurnar. Líklegastar eru breytingar sem hefðu áhrif á gildi fitu; 1) ef verðhlutföll fituflokka breytast færist kjörgildið sem getur haft áhrif á hagkvæmustu hlutföll í heildareinkunninni og 2) breytingar á meðalfallþunga valda breytingum á hvernig ætti að velja fyrir fitu þannig að við aukinn fallþunga ætti áherslan að færast á minnkaða fitu og öfugt.

Þessi tillaga að heildareinkunn hentar flestum búum en fyrir bú með mikinn fallþunga myndi meiri áhersla á að minnka fitu en í þessari tillögu leiða til meiri ágóða af kynbótastarfinu. Fyrir þann hóp búa er valmöguleiki á sérstakri heildareinkunn fyrir búið eins og boðið er upp á í Fjárvís mikilvægur og þar þyrfti helst að vera möguleiki á að taka fitueinkunnina inn í heildareinkunn með mismunandi hætti, 1) sem vali fyrir minnkaðri eða aukinni fitu í samræmi við stöðu búsins, eða 2) einkunn miðað við kjörgildi.

4 Endurskoðun kynbótamats fyrir þunga

4.1 Inngangur

Við vinnslu hagrænnar heildareinkunnar kom í ljós að erfðastuðlar sem voru reiknaðir fyrir fallþunga pössuðu illa við þá erfðastuðla sem voru notaðir í kynbótamatinu (sjá kafla 3.6). Erfðadreifnin var álitin töluvert hærri sem skýrist trúlega af því að í síðasta mati var metin neikvæð erfðafylgni á milli beinna áhrifa og mæðraáhrifa. Í ljósi þessa var líkanið sem er notað við kynbótamatsútreikninga tekið til endurskoðunar og erfðastuðlar endurmetnir. Í kynbótamati fyrir fallþunga er lífþungi tekinn með sem tengdur eiginleiki en lífþunginn var ekki skoðaður

í öðrum þáttum þessa verkefnis. Þess vegna voru erfðastuðlar fyrir fallþunga lamba og lífþunga lamba að hausti endurmetnir.

4.2 Aðferðir

Í þessa vinnu lágu fyrir gögn um fallþunga og/eða lífþunga 5.912.791 lamba frá árunum 2015-2023 úr gagnagrunni Bændasamtaka Íslands. Til að takmarka umfang var matið takmarkað við bú sem voru með yfir 4000 gildar lífþungatölur á lömbum og lífþunga skráðan öll 9 árin sem gögnin náðu yfir. Fyrir lömb sem eru með fleiri en eina lífþungatölu að hausti var fyrsta vigtun notuð.

Gögnin voru hreinsuð þannig að þungatölur voru teknar með ef vigtunar- og sláturaldur var innan 80-200 daga, ef þungatölurnar voru minna en fjórum staðalfrávikum frá meðaltalinu, ef kyn er skráð sem hrútur eða gimbur, ef þau gengu undir sem ein- tví- eða þrílembingar, eða ein- eða tvílembingar undir gemsum og með móður eða undirgöngumóður 1-10 vetra gamlar. Jafnframt voru fallþungaupplýsingar ekki teknar með nema slátrun væri í skráðu sláturhúsi og fallþungatölur voru ekki teknar með ef innan við 15 lömbum á búinu var slátrað þann dag. Með sama hætti voru lífþungatölur ekki teknar með ef innan við 15 lömb voru vigtuð þann daginn á búinu. Eftir hreinsun náðu gögnin til 1.317.797 lamba á 190 búum. Til að auðvelda útreikninga var gögnunum skipt í þrennt eftir búum af handahófi þannig að 63 bú eru í gagnasafni eitt, 63 í gagnasafni tvö og 64 bú í gagnasafni þrjú.

Fyrir hvert gagnasafn röktum við alla þekkta ætt í fimm kynslóðir. 10 hópar fyrir óþekkta foreldra voru stofnaðir og byggðu á kyni og ártali.

Eftir prófun á nokkrum líkönum varð niðurstaðanað nota þetta líkan:

$$\mathbf{y}_f = \mathbf{X}\mathbf{b}_f + \mathbf{Z}_\mathrm{s}\mathbf{s}_f + \mathbf{Z}_m\mathbf{m}_{pe_f} + \mathbf{Z}_m\mathbf{a}_{m_f} + \mathbf{Z}_i\mathbf{a}_{i_f} + \mathbf{e}_f$$

$$\mathbf{y}_l = \mathbf{X}\mathbf{b}_l + \mathbf{Z}_\mathrm{s}\mathbf{s}_l + \mathbf{Z}_m\mathbf{m}_{pe_l} + \mathbf{Z}_m\mathbf{a}_{m_l} + \mathbf{Z}_i\mathbf{a}_{i_l} + \mathbf{e}_l$$

þar sem $\mathbf{y}_f$ og $\mathbf{y}_l$ eru vigrar með fallþunga og lífþunga í þessari röð, $\mathbf{X}$ er kerfisfylki sem tengir mælingar við föst hrif, $\mathbf{b}$ er vigur með föstum hrifum sem eru kyn (hrútur/gimbur), samsetning aldur móður og fjölda lamba sem gekk undir, bú-ár og aðhvarf á aldur lamba innan bú-ár hópa; $\mathbf{s}$ eru slembihrif vigtardags innan búa með dreifnistrúktúrinn

$\begin{bmatrix}\mathbf{s}_f \\ \mathbf{s}_l\end{bmatrix} \sim \mathrm{N}(\mathbf{0}, \mathbf{I} \otimes \begin{bmatrix}\sigma^2_{s_f} & \sigma_{s_{f,l}} \\ \sigma_{s_{f,l}} & \sigma^2_{s_l}\end{bmatrix})$,þar sem $\mathbf{I}$ einingarfylki og $\otimes$ táknar Kronecker margfeldi, $\mathbf{m}_{\mathrm{pe}}$ eru varanleg umhverfisáhrif móður með dreifnistrúktúrinn $\begin{bmatrix}\mathbf{m}_{pe_f} \\ \mathbf{m}_{pe_l}\end{bmatrix} \sim \mathrm{N}(\mathbf{0}, \mathbf{I} \otimes \begin{bmatrix}\sigma^2_{pe_f} & \sigma_{pe_{f,l}} \\ \sigma_{pe_{f,l}} & \sigma^2_{pe_l}\end{bmatrix})$, $\mathbf{a}_\mathrm{m}$ eru samleggjandi erfðaáhrif móður, $\mathbf{a}_\mathrm{i}$ eru samleggjandi erfðaáhrif einstaklingins, en gert er ráð fyrir fylgni á milli eiginleika og á milli erfðaáhrifa móður og erfðaáhrifa einstaklingsins samkvæmt $\begin{bmatrix}\mathbf{a}_{i_f} \\ \mathbf{a}_{m_f} \\ \mathbf{a}_{i_l} \\ \mathbf{a}_{m_l}\end{bmatrix} \sim N(0, \mathbf{A} \otimes \mathbf{G})$, þar sem $\mathbf{G} =$

$\begin{bmatrix} \sigma^2_{a_f} & \sigma_{a_f,m_l} & \sigma_{a_f,a_l} & \sigma_{a_f,m_l} \\ \sigma_{a_f,m_f} & \sigma^2_{m_f} & \sigma_{m_f,a_l} & \sigma_{m_f,m_l} \\ \sigma_{a_f,a_l} & \sigma_{m_f,a_l} & \sigma^2_{a_l} & \sigma_{a_l,m_l} \\ \sigma_{a_f,m_l} & \sigma_{m_l,m_f} & \sigma_{a_l,m_l} & \sigma^2_{m_l} \end{bmatrix}$, og $\mathbf{A}$ er skyldleikafylki byggt á ættartölu, $\mathbf{Z}_s$, $\mathbf{Z}_m$ og $\mathbf{Z}_l$ eru kerfisfylki sem tengja slembihrif við mælingar og $\mathbf{e}_f$ og $\mathbf{e}_l$ eru normaldreifð skekkja með dreifnistrúktúr $\begin{bmatrix} \mathbf{e}_f \\ \mathbf{e}_l \end{bmatrix} \sim N\left(0, \mathbf{I} \otimes \begin{bmatrix} \sigma^2_{e_f} & \sigma_{e_{f,l}} \\ \sigma_{e_{f,l}} & \sigma^2_{e_l} \end{bmatrix}\right)$.

Erfðastuðlar voru metnir með sama líkani fyrir hvert gagnasafn með AI-REML algríminu í 6. útgáfu DMU forritapakkans (Madsen & Jensen, 2018).

Tafla 20. Erfðadreifni beinna áhrifa (σ^2_a), erfðadreifni mæðraáhrifa (σ^2_m) dreifni varanlegra umhverfisáhrifa mæðra (σ^2_{pe}), dreifni bú-vigtardags (σ^2_s), dreifniliður skekkju (σ^2_e), arfgengi beinna áhrifa (h^2_b) og arfgengi mæðraáhrifa (h^2_m) fyrir fallþunga og lífþunga.

	σ^2_a	σ^2_m	σ^2_{pe}	σ^2_s	σ^2_e	h^2_b	h^2_m
Gagnasafn 1							
Fallþungi	0,76	0,67	0,65	1,23	3,07	0,150	0,132
Lífþungi	3,24	2,46	0,65	3,38	13,49	0,165	0,125
Gagnasafn 2							
Fallþungi	0,81	0,71	0,67	1,45	3,15	0,153	0,135
Lífþungi	3,69	2,64	2,72	3,40	13,97	0,160	0,115
Gagnasafn 3							
Fallþungi	0,84	0,69	0,67	1,51	3,13	0,161	0,132
Lífþungi	3,51	2,59	2,62	3,91	13,72	0,158	0,116

4.3 Niðurstöður og umræður

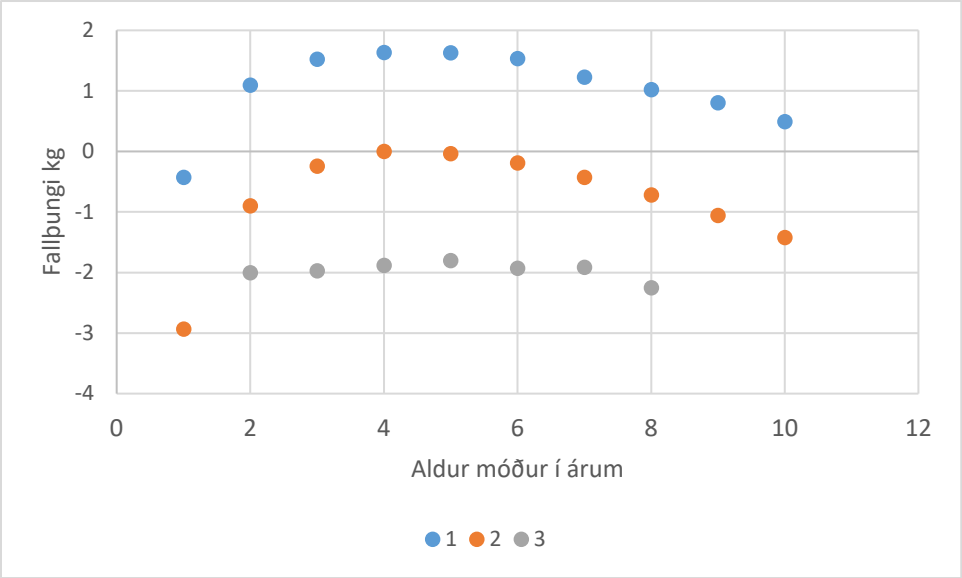
Niðurstöður erfðastuðlamats fyrir þungaeiginleika koma fram í töflu 20. Niðurstöðurnar eru mjög svipaðar á milli gagnasafna og staðalskekkja á metnum gildum er lág. Arfgengi beinna áhrifa á fallþunga liggja á bilinu 0,15 til 0,16 og lífþungans um 0,16. Arfgegni mæðraáhrifa fyrir eiginleikana er lægra, um 0,13 fyrir fallþungann og 0,12 fyrir lífþunga. Samanborið við matið á erfðastuðlum fallþunga sem kemur fram í kafla 3.6 er arfgengi mæðraáhrifa metið hærra hér en þar en mjög svipað fyrir beinu áhrifin. Samanburður við niðurstöður Elsu Albertsdóttur og fleiri frá 2018 sýnir, líkt og með matið á fallþunga í kafla 3.6, að hér fást nokkru lægri arfgengitölur bæði fyrir fallþunga og lífþunga. Jafnframt er bæði arfgengi beinna áhrifa og mæðraáhrifa sem voru metin hér lægri en flestar niðurstöður sem Eythórsdottir (2012) tók saman úr nokkrum innlendum rannsóknum. Gagnasafnið sem hér liggur að baki er aftur á móti stærra en í flestum öðrum rannsóknum og nær því sem notað er í kynbótamatsútreikningum þannig að erfðastuðlarnir sem voru metnir hér eru líklegir til að henta við þá.

Erfðafylgni eiginleikanna kemur fram í töflu 21. Lítillega neikvæð erfðafylgni er á milli beinna áhrifa og mæðraáhrifa fyrir fallþungann líkt og í erfðastuðlunum fyrir fallþunga sem sýndir eru í kafla 3.6. Erfðafylgni beinna hrifa og mæðrahrifa er nálægt núlli eða lítilega neikvæð fyrir lífþunga. Mæðraáhrif á fallþunga annarsvegar og lífþunga hinsvegar eru mjög nærri því að vera sami eiginleikinn með metna erfðafylgni 0,97 til 0,98. Erfðafylgni beinu áhrifanna er lægri, nærri 0,8, sem bendir til þess að munur á kjötprósentu ráðist mun frekar af erfðaeiginleikum lambsins sjálfs en móður þess.

Niðurstöður um mat á föstum hrifum sem koma út úr erfðastuðlamatinu gefa upplýsingar um áhrif umhverfisþátta. Hrútlömb eru að jafnaði með 1,1 kg þyngra fall en gimbrar og 3,1-3,2 kg þyngri á fæti. Mynd 3 sýnir áhrif aldurs móður og fjölda lamba sem ganga undir á fallþunga í gagnasafni 1. Fjögurra vetra ær eiga að jafnaði þyngstu einlembingana og tvílembingana en niðurstöður fyrir þrílembinga eru ekki jafn afgerandi enda færri í hverjum hópi. Niðurstöðurnar eru mjög svipaðar fyrir hin gagnasöfnin og sama mynstur kemur upp fyrir lífþungann. Sveinbjörnsson o.fl. (2021) fengu svipuð áhrif af aldir mæðra með gögnum frá Hestbúinu.

Tafla 21. Erfðafylgni fallþunga og lífþunga, mæðraáhrifa og beinna áhrifa fyrir þrjá hluta af skýrsluhaldsgögnum.

	Fallþ. bein	**Fallþ. mæðra**	**Lífþ. bein**
Gagnasafn 1			
Fallþ. mæðra	-0,11(0,02)		
Lífþ. bein	0,79(0,01)	-0,04(0,02)	
Lífþ. mæðra	-0,09(0,02)	0,97(0,00)	-0,04(0,02)
Gagnasafn 2			
Fallþ. mæðra	-0,05(0,02)		
Lífþ. bein	0,82(0,01)	-0,01(0,02)	
Lífþ. mæðra	-0,05(0,02)	0,98(0,00)	-0,00(0,02)
Gagnasafn 3			
Fallþ. mæðra	-0,10(0,02)		
Lífþ. bein	0,80(0,01)	-0,04(0,02)	
Lífþ. mæðra	-0,07(0,02)	0,97(0,00)	-0,05(0,02)



Mynd 3. Frávik fallþunga frá tvílembingum fjögurra vetra áa eftir aldri móður sem lambið gengur undir og fjölda lamba sem ganga undir miðað við gagnasafn 1.

Niðurstöðurnar um erfðastuðla þungaeiginleika koma lítið á óvart en ættu að bæta kynbótamatið fyrir þunga lamba. Sýnilegasta breytingin verður trúlega í mati á ásettum lömbum sem eru mjög þung sjálf, áhrif eigin mælingar hafa verið ofmetin með matinu eins og það hefur verið vegna ofmats á erfðadreifni þungaeiginleikanna.

5 Hagnýting og framtíðarmöguleikar

Endurbætur kynbótakerfisins og aðlögun að breyttum aðstæðum eru verkefni sem þarf stöðugt að vinna. Þær niðurstöður sem hér eru kynntar ættu að hjálpa til við að fá sem mestan ávinning af kynbótastarfi sauðfjárræktarinnar þannig að það skili sér í bættri afkomu sauðfjárbúa. Af þeim eiginleikum sem áhersla kynbótastarfsins hefur verið á var frjósemi ekki tekin með í þessum útreikningum. Svipað og með fallþungann sem var skoðaður hér er trúlega auðvelt að reikna auknar tekjur af fleiri lömbum. Aftur á móti fylgir aukinni frjósemi væntanlega meiri kostnaður líka, vegna aukinna fóðurþarfa, meiri líkum á burðarhjálp, sjúkdómum, þörf á mjólkurgjöf umfram lamba og möguleg tenging við endingu ánna (Eydís Ósk Jóhannesdóttir, 2024). Það krefðist sérstaks verkefnis að skoða hvort ástæða er til að velja fyrir frjósemi að kjörgildi frekar en einhliða val fyrir fleiri lömbum og hversu mikils virði aukin frjósemi er þegar tillit er tekið til erfðafylgni við aðra þætti.

Hér var gerð tilraun til að taka tillit til áhrifa erfðaframfara í framleiðslueiginleikum á fóðurþarfir vegna erfðafylgni við staðlaðan fullorðinsþunga og fæðingarþunga. Þó að þessar aðferðir geti gefið ágætis vísbendingar er einnig ljóst að fóðurþarfir fara eftir fleiri þáttum en bara þunganum og þar er trúlega einstaklingsbreytileiki og erfðaþáttur. Nákvæma gagnasöfnun þyrfti til að varpa betra ljósi á þetta.

Fyrir alla hópa sem valið er á milli er kynbótamat fyrir mæðraáhrif á fallþunga með frekar lágt öryggi (tafla 11). Möguleikar á erfðamengjaúrvali gætu breytt þeirri stöðu nokkuð (Lillehammer o.fl. 2020) og mögulega gert mögulegt að leggja meiri áherslu á mæðraeiginleikana í kynbótastarfinu.

6 Heimildir

Dekkers, J. C. M., & Gibson, J. P. (1998). Applying breeding objectives to dairy cattle improvement. *Journal of Dairy Science*, *82*(2), 19–35.

Einarsson, E., Eythórsdóttir, E., Smith, C. R., & Jónmundsson, J. V. (2014). The ability of video image analysis to predict lean meat yield and EUROP score of lamb carcasses. *Animal*, *8*(7), 1170–1177. https://doi.org/10.1017/S1751731114000962

Einarsson, E., Eythórsdóttir, E., Smith, C. R., & Jónmundsson, J. V. (2015). Genetic parameters for lamb carcass traits assessed by video image analysis, EUROP classification and in vivo measurements. *Icelandic Agricultural Sciences*, *28*, 3–14.

Eiríksson, J. H., & Sigurdsson, A. (2017). Sources of bias, genetic trend and changes in genetic correlation in carcass and ultrasound traits in the Icelandic sheep population. *Icelandic Agricultural Sciences*, *30*, 3–12. https://doi.org/10.16886/IAS.2017.01

Elsa Albertsdóttir, Emma Eyþórsdóttir, Eyjólfur Ingvi Bjarnason og Eyþór Einrsson. (2018). *Þróun kynbótamats fyrir þunga lamba*. Erindi á opnum fagráðsfundi í Bændahöllinni 2. mars 2018. https://www.youtube.com/watch?v=dVF8WWUlIFo

Eydís Ósk Jóhannesdóttir. 2024. *Áhrifaþættir og erfðastuðlar fyrir endingu íslenskra áa*. Óbirt BS-ritgerð. Hvanneyri: Landbúnaðarháskóli Íslands.

Eythórsdottir, E. (2012). Growth and carcass characteristics of Icelandic lambs – a review. *Icelandic Agricultural Sciences, 25,* 59-66.

Freer, M. & Dove, H.(ritstjórar). 2002. *Sheep Nutrition*. CABI

Jóhannes Sveinbjörnsson & Bragi L. Ólafsson. (1999). Orkuþarfir sauðfjár og nautgripa í vexti með hliðsjón af mjólkurfóðureiningakerfi. Ráðunautafundur 1999: 204-2017. Reykjavík: Bændasamtök Íslands o.fl.

Jóhannes Sveinbjörnsson & Eyjólfur Kristinn Örnólfsson. (2024). *Staðalþungi íslenskra áa—Tengsl lífþunga, holdastiga og þroskastigs* (172; Rit LbhÍ, p. 33). Landbúnaðarháskóli Íslands.

Jón Hjalti Eiríksson & Kári Gautason. (2019). *Hagrænt vægi eiginleika í nautgriparækt* (p. 109). Ráðgjafarmiðstöð Landbúnaðarins.

Lillehammer, M., Sonesson, A. K., Klemetsdal, G., Blichfeldt, T., & Meuwissen, T. H. E. (2020). Genomic selection strategies to improve maternal traits in Norwegian White Sheep. Journal of Animal Breeding and Genetics, 137(4), 384–394. https://doi.org/10.1111/jbg.12475

Madsen, P., & Jensen, J. (2018). *DMU, A package of analyzing multivariate mixed models. Ver. 6, rel 5.3.* https://dmu.ghpc.au.dk/dmu/DMU/Doc/Current/dmuv6_guide.5.3.pdf

María Þórunn Jónsdóttir. (2008). *Áhrif umhverfisþátta á niðurstöður kjötmats á lambakjöti* [BSc, Landbúnaðarháskóli Íslands]. https://skemman.is/bitstream/1946/10823/1/ahrif%20umhverfis%20a%20kjotmat%20María%20Þórunn%20Jónsdóttir.pdf

Simianer, H., Heise, J., Rensing, S., Pook, T., Geibel, J., & Reimer, C. (2023). How economic weights translate into genetic and phenotypic progress, and vice versa. *Genetics Selection Evolution*, *55*(1), 38. https://doi.org/10.1186/s12711-023-00807-0

Sveinbjörnsson, J., Eythórsdóttir, E., & Örnólfsson, E. K. (2021). Factors affecting birth weight and pre-weaning growth rate of lambs from the Icelandic sheep breed. *Small Ruminant Research*, *201*, 106420. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106420

Wellmann, R. (2023). Selection index theory for populations under directional and stabilizing selection. *Genetics Selection Evolution*, *55*(1), 10. https://doi.org/10.1186/s12711-023-00776-4

Wilton, J.W., Quinton, V.M. & Quinton, C.D. (2013). Optimizing animal genetic improvement. Centre for genetic improvement of livestock, University of Guelph.

Viðauki

Tafla V1 Hlutfallskipting kílóa lambakjöts í skrokkmatsflokka skipt eftir meðalfallþunga búa fyrir árin 2015 til 2022.

	<15kg	15-17kg	17-19kg	>19kg
P1	1,0%	0,2%	0,0%	0,0%
P2	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
P3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
O1	4,1%	1,0%	0,3%	0,1%
O2	13,5%	3,9%	1,1%	0,4%
O3	0,6%	0,1%	0,1%	0,0%
O3+	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
O4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
R1	2,1%	1,0%	0,4%	0,1%
R2	45,2%	37,4%	22,1%	10,5%
R3	14,6%	17,9%	16,5%	15,2%
R3+	1,4%	1,8%	2,3%	3,7%
R4	0,1%	0,1%	0,2%	0,4%
R5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
U1	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
U2	6,7%	11,1%	12,6%	9,3%
U3	6,9%	16,9%	26,7%	27,9%
U3+	1,7%	4,1%	8,2%	12,6%
U4	0,2%	0,5%	1,1%	2,4%
U5	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%
E1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
E2	0,4%	0,8%	1,1%	1,6%
E3	0,7%	2,1%	4,5%	8,4%
E3+	0,3%	0,9%	2,4%	5,6%
E4	0,1%	0,2%	0,5%	1,5%
E5	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%