Rit LbhÍ nr. 182

Erfðastuðlar staðalþunga og fæðingarþunga og erfðafylgni þeirra við skrokkeiginleika í íslensku fé

Jón Hjalti Eiríksson, Eyjólfur Kristinn Örnólfsson
og Jóhannes Sveinbjörnsson

Landbúnaðarháskóli Íslands
Agricultural University of Iceland

2025

Landbúnaðarháskóli Íslands, 2025.
Rit LbhÍ nr. 182
ISSN 1670-5785
ISBN 978-9935-512-64-2

Verkefnið var styrkt af Matvælasjóði

Höfundar: Jón Hjalti Eiríksson, Eyjólfur Kristinn Örnólfsson og Jóhannes Sveinbjörnsson

Forsíðumyndir: 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 Kynbótastarfið á Hesti 3
3 Gögn 4
4 Erfðastuðlar 6
4.1 Líkön 6
4.2 Dreifniliðir og arfgengi 8
4.3 Erfðafylgni 9
5 Úrvalssvörun 10
6 Áhrif á kynbótastarf íslenska sauðfjárstofnsins 14
7 Ályktanir 16
8 Heimildir 17

Samantekt

Ræktunarmarkmið fyrir íslenskt fé leggja áherslu á hraðan vöxt lamba, þykka vöðva og hóflega fitu á skrokkum sláturlamba. Flestar rannsóknir á erfðum líkamsþyngdar og vaxtarlags íslensks sauðfjár hafa miðað við haustlömb, enda eru þau mikilvægasta söluvara sauðfjárbúa. Þyngd fullorðins fjár og lamba við fæðingu eru þó mikilvægir eiginleikar vegna fóðurþarfa og umhirðu fjárins og geta mögulega orðið fyrir óbeinu úrvali vegna erfðafylgni við eiginleika sem valið er fyrir. Í þessu verkefni voru gögn sem var safnað á tilraunabúi Landbúnaðarháskóla Íslands á Hesti frá árunum 1999 til 2022 notuð til að meta arfgengi, erfðafylgni og úrvalssvörun fyrir fullorðinsþunga áa staðlaðan að meðalholdum (staðalþunga), fæðingarþunga lamba, haustþunga, ómmælingar og flokkun í sláturhúsi. Staðalþungi reyndist hafa hátt arfgengi, 0,65 og fyrir fæðingarþunga reyndist arfgengi beinna áhrifa 0,15 og mæðraáhrifa 0,30. Erfðafylgni og úrvalssvörun í hjörðinni bendir til þess að val fyrir haustþunga geti leitt til hækkandi staðalþunga og fæðingarþunga en val fyrir bakvöðvaþykkt og gerð geti haft öfug áhrif. Erfðaframför í fjárstofninum á Hesti hvað varðar minni fitu, betri gerð og þykkari vöðva hefur haldið áfram eftir aldamót en eftir árið 2010 hefur úrvalssvörun í þeim eiginleikum minnkað en úrvalssvörun fyrir meiri þunga á öllum aldri hefur aukist.

1 Inngangur

Stærð fjár á mismunandi aldri og þroskaferli þess skiptir miklu máli bæði varðandi fóðrun fjárins og afurðir. Á Íslandi er stærstur hluti framleiðslu sauðfjárræktarinnar lambakjöt sem fæst með slátrun lamba á aldrinum 3-6 mánaða. Mikill þungi og hagstæð vefjahlutföll á þeim aldri eru því mikilvægir þættir fyrir framleiðsluna. Þungi á öðrum tímum getur þó skipt máli fyrir aðra þætti búskaparins, einkum fóðurþörf en einnig varðandi meðhöndlun fjárins og rýmisþarfir í fjárhúsum. Kynbótastarf í íslensku sauðfé hefur lengi lagt mikla áherslu á þétta byggingu, þungar kindur miðað við legglengd þannig að kindurnar verði þykkholda og hlutfallslega kjötmiklar samhliða vali fyrir auknum afurðum (Halldór Pálsson, 1983). Núgildandi ræktunarmarkmið eru enn með áherslu á þéttholda og bollangt fé, með þykka vöðva, hóflega fitu og létt bein (Fagráð í sauðfjárrækt, 2019).

Staðalþungi íslenskra áa, skilgreindur sem þungi fullvaxta fullorðinna áa staðlaður að holdastigi 3,0, var metinn sem 70,4±3,4 kg (Jóhannes Sveinbjörnsson & Eyjólfur Kristinn Örnólfsson, 2024). Hann gefur nákvæma mynd af því hve stórar ær hafa eiginleika til að verða óháð fóðrunarástandi og framleiðslustöðu. Fóðuröflun í ær er stór hluti kostnaðar sauðfjárframleiðslunnar og fóðurþörfin er m.a. háð stærð ánna sem gerir stærðina mikilvæga breytu fyrir rekstur búsins. Þannig er ekki æskilegt að kynbótastarfið stuðli að því að ærnar stækki nema að því fylgi örugglega meiri eða betri afurðir sem skila tekjum til að mæta kostnaði við aukna fóðurþörf.

Með svipuðum hætti gæti fæðingarþungi lamba haft áhrif á rekstur búa. Hærri fæðingarþungi leiðir til meiri afurða (Sveinbjörnsson o.fl., 2021), en eykur á sama tíma álag á ærnar og fóðurþörf þeirra. Fæðingarþungi lamba er einnig tengdur þörf á burðarhjálp hjá íslensku fé þannig að þyngri lömb þurfa að jafnaði meiri burðarhjálp (Eygló Gunnlaugsdóttir, 2011; Pálína Pálsdóttir, 2018). Aftur á móti tengist fæðingarþungi lifun lamba samkvæmt erlendum rannsóknum þar sem léttari lömb eru líklegri til að deyja (Riggio o.fl., 2008) og í einhverjum tilfellum þyngstu lömbin líka (Everett-Hincks & Dodds, 2008).

Hlutföll vöðva, fitu og beina í skrokki sauðfjár í vexti eru háð þroskastigi, þ.e. því hlutfalli staðalþunga sem kindin hefur náð á hverjum tíma. Bein og vöðvar vaxa hlutfallslega hraðar snemma í þroskaferlinu á meðan vöxtur fituvefja eykst eftir því sem þær nálgast sinn staðalþunga (CSIRO, 1990; Friggens o.fl., 1997; Thorgeirsson & Thorsteinsson, 1989). Miðað við þessa forgangsröðun gæti val fyrir betri holdfyllingu við fastan þunga í raun verið val fyrir bráðari þroska og lægri staðalþunga á meðan val fyrir minni fitu gæti leitt til seinni þroska og hærri staðalþunga.

Þegar EUROP kjötmat var tekið upp á landinu bentu greiningar á gögnum til erfðafylgni á milli fitumats og gerðarmats upp á 0,48, þannig að feit lömb fengu frekar hátt gerðarmat og öfugt (Sigbjörn Óli Sævarsson, 1999). Stefán Sch. Thorsteinsson (2002) kennir því um að magrir skrokkar séu að ósekju dæmdir niður vegna lítillar fyllingar í framparti. Hvað sem því líður bentu niðurstöður Eiríkssonar og Sigurdssonar (2017) til að þessi erfðafylgni minnkaði með tímanum, mögulega vísbendingar um að samhliða val fyrir minni fitu og bættri gerð hafi dregið úr fylgninni þarna á milli með því að draga fram arfgerðir sem sameina þétta byggingu og litla fitu. Slíkt val gæti líka haft áhrif á tengingu vals fyrir skrokkeiginleika og staðalþunga.

Þekking á erfðasambandi haustþunga, vöðva- og fituþykktar, kjötmats við fullorðinsþunga og fæðingarþunga er þannig mikilvægt, bæði til að vita hvaða áhrif val okkar hefur á fóðurþarfir og sauðburð, og til að skilja hvaða vaxtalífeðlisfræðilegu breytingar verða á fénu í kjölfar úrvals með mismunandi áherslur.

Markmið þessa verkefnis voru, 1) að meta arfgengi staðalþunga og fæðingarþunga hjá íslensku fé 2) meta erfðafylgni staðalþunga og fæðingarþunga haustþunga og eiginleika sem tengjast vefjahlutföllum og 3) meta úrvalssvörun ræktunarstarfsins á tilraunafjárbúi LbhÍ á Hesti síðasta aldarfjórðung.

2 Kynbótastarfið á Hesti

Árið 1957 voru teknar upp afkvæmarannsóknir á tilraunafjárbúinu á Hesti í Borgarfirði til að bera saman hálfbræðrahópa undan hrútum. Afkvæmum hrútanna var slátrað og nákvæmar mælingar á skrokkunum notaðar til að velja fyrir þéttu vaxtarlagi, þar sem markmiðið var að rækta fram kindur sem gæfu holdmikla skrokka með stuttan legg, en þó þunga (Stefán Sch. Thorsteinsson, 2002). Fyrstu áratugina var ekki gerður mikill greinarmunur á því hvort holdin sem féð safnaði væru vöðvar eða fita, hvort tveggja þótti fyrirtaks matur. Um 1980 fóru neytendur aftur á móti að kalla eftir fituminna lambakjöti og þá var áherslum í ræktunarstarfi búsins breytt til að takast á við það. Meginþáttagreining á erfðafylgnifylki ýmissa skrokkmála á búinu (Árnason & Thorsteinsson, 1982) dró fram á fyrsta meginþætti mun á annarsvegar bráðþroska fé, með stuttan og léttan legg og mikla tilhneigingu til holda- og fitusöfnunar, og hinsvegar háfættu fé, seinþroska sem er seint til holdasöfnunar en fitulítið sem sláturlömb. Annar meginþátturinn aftur á móti tengdist stuttum og þykkum legg, þykkum bakvöðva og lítilli fitu á móti hinu gagnstæða (Árnason & Thorsteinsson, 1982). Þar virtist vera kominn fram sá munur sem mest var um vert að velja fyrir. Næstu tvo áratugi voru valdir kerfisbundið hrútar sem sameinuðu stuttan legg, þykka vöðva og litla fitu (Stefán Sch. Thorsteinsson, 2002).

Miðað við uppgjör gagna úr afkvæmarannsóknunum á Hesti frá 1958 til 1996 (Stefán Sch. Thorsteinsson, 2002) skiluðu rannsóknirnar og það val sem fór fram á grundvelli þeirra sér í erfðaframförum í þeim þáttum sem valið var fyrir á hverjum tíma. Sérstaklega varð árangurinn í flatarmáli bakvöðva og minnkandi fitu mælanlegur eftir að ómsjá til mælinga á vöðva- og fituþykkt í lifandi lömbum komst í notkun um 1990 (Stefán Sch. Thorsteinsson, 2002).

Þær nákvæmu mælingar sem gerðar voru í afkvæmarannsóknunum á Hesti voru með þeim hætti að erfitt var fyrir almenna bændur að taka þær upp. Aftur á móti gáfu ómmælingar á bakvöðvaþykkt og fitu yfir bakvöðva á lömbum um allt land, EUROP kjötmatið sem tekið var upp 1998, og afkvæmarannsóknir á grunni hvors tveggja öðrum sauðfjárbúum verkfæri til að ná árangri í sömu veru. Það hefur greinilega skilað erfðaframför í átt að þykkari bakvöðva, minnkaðri fitu yfir bakvöðva, hærri gerðarflokkun og lækkuðum fituflokki miðað við þyngd á búum víða um land (Eiríksson & Sigurdsson, 2017).

Með almennari ómmælingum, betra kjötmati, afkvæmarannsóknum og BLUP kynbótamati sem kom flest fram á síðasta áratug síðustu aldar fengu önnur bú betri tæki til úrvals sem minnkaði forskot búsins á Hesti í vaxtarlagsræktuninni. Jafnframt hætti að vera til staðar mannafli og

fjármagn til að stunda nákvæmar mælingar á skrokkum í stórum stíl á Hestbúinu. Þar hefur þó verið haldið áfram með afkvæmarannsóknir sem byggja á ómmælingum lamba og sláturniðurstöðum.

Síðustu árin hafa verið á Hesti að jafnaði um um það bil 425 fullorðnar ær og 125 gimbrar settar á að hausti. Ræktunarstarfið eftir aldamótin 2000 hefur verið unnið þannig að afkvæmarannsóknin er grunnurinn. Afkvæmarannsóknirnar hafa farið þannig fram að öll lömb sem komin eru heim um miðjan september og eru yfir 30 kg á fæti eru ómmæld og stiguð fyrir frampart og læri af starfsmönnum búsins. Hrútlömbum er slátrað í lok september fyrir uppgjör afkvæmarannsóknarinnar. Í sláturhúsi eru öllum lömbum gefin stig fyrir frampart og afturpart, að auki er breidd og dýpt brjóstkassa mæld og fituþykkt á síðu mæld á skrokkum hrútlamba í afkvæmarannsókn.

Upp úr síðustu aldamótum var farið að taka veturgamla hrúta úr afkvæmarannsóknum á Hesti beint á sæðingastöð. Með því verklagi eru sigurvegarar afkvæmarannsókna ekki notaðir frekar á Hesti þannig að áherslan í afkvæmarannsóknunum hefur færst á að búið þjóni ræktunarstarfi í landinu í heild. Þá verður líflambaval meginþáttur í kynbótastarfinu innan bús auk þess sem sæðingar og val á sæðingahrútum verður mikilvægur þáttur, þar sem hrútar fæddir á búinu geta líka komið inn.

Árin 2001-2010 var horft mikið í að auka vöðvavöxt og minnka fitu í ræktunarstarfi búsins líkt og á síðustu áratugum síðustu aldar (Stefán Sch. Thorsteinsson, 2002) og voru helstu úrvalsskilyrði við val á ásetningi þykkur og breiður bakvöðvi (3,5-5 í einkunn fyrir lögun bakvöðva) í ómmælingu, lítil fituþykkt í ómmælingu og á síðu, mikill þungi miðað við stærð, mikil frjósemi og góð mjólkurlagni (byggt á ætternisupplýsingum). Eftir 2010 hefur verið horft meira á að aukinn vöðvavöxtur sé með hæfilegri fitusöfnun (frekar en sem minnstri) þar sem úrvalsskilyrðin eru þykkur og breiður bakvöðvi (4-5 í lögun), mikill þungi miðað við stærð, aukin frjósemi og góð mjólkurlagni, góður lífdómur frá ráðunautum og að fita í ómmælingu og á síðu jafngildi því að líklegt sé að lambið færi í fituflokk 3 í sláturhúsi.

3 Gögn

Gögn fyrir verkefnið byggðu á skráningum frá á Hesti. Mat á staðalþunga 2.618 áa sem voru fæddar árin 1999 til 2017 var til grundvallar, byggt á vinnu Jóhannesar Sveinbjörnssonar og Eyjólfs Kristins Örnólfssonar (2024). Staðalþunginn byggir á reglulegum vigtunum á ám, leiðrétt fyrir holdastigi, þroskastigi og meðgöngu eins og nánar er lýst í riti Jóhannesar og Eyjólfs. Fyrir lömbin var unnið með gögn um 20.937 lömb sem fæddust á tilraunabúinu árin 2001 til 2022 úr reglulegri gagnasöfnun búsins. Þau gögn innihéldu fæðingarþunga, haustþunga, ómmælingar á bakvöðvaþykkt og þykkt fitu yfir bakvöðva í haustlömbum og sláturupplýsingar (fallþunga og EUROP flokkun) þeirra lamba sem var slátrað auk bakgrunnsupplýsinga svo sem um foreldra, kyn og fjölda í burði.

Gögnin voru hreinsuð þannig að mælingar voru aðeins teknar með ef faðir gripsins (ær með staðalþunga eða lambs með mælingar) var þekktur. Til þess að gögn um lömbin væru tekin með þurfti upplýsingar um í hvernig burði lömbin fæddust (einlembingar, tvílembingar,

fleirlembingar) og hvernig þau gengu undir. Ef móðir var skráð meira en 49% af forystukyni var lömbunum hennar sleppt úr útreikningum. Eftir hreinsun voru 2.501 ær með reiknaðan staðalþunga, ómmælingar á 17.542 lömbum, 20.314 lömb með fæðingarþunga, 19.969 með haustþunga og 15.559 með sláturupplýsingar. EUROP skrokkmatinu var varpað á línulegan skala þannig að gerðarflokkarnir voru samkvæmt E=14, U=11, R=8, O=5 og P=2 og fituflokkarnir 1=2, 2=5, 3=8, 3+=9, 4=11 og 5=14. Meðaltöl og staðalfrávik eiginleikanna koma fram í töflu 1. Lömbin eru að jafnaði 3,8 kg við fæðingu og 38,3 kg við fyrstu haustvigt þegar þau eru tekin undan. Þá eru gimbrar að jafnaði 35,6 kg og því búnar að búnar að ná 50,3% af staðalþunga sínum að meðaltali. Til að forðast flokkabreytur með mjög fáum einstaklingum og til að taka að einhverju marki tillit til samhengis aldurs móður og fjölda lamba voru flokkabreytur til leiðréttingar endurskilgreindar. Fyrir leiðréttingu á fæðingarþunga fyrir fjölda lamba í burði voru 5 flokkar, gemsa einlembingar, gemsa tví- eða þrílembingar, einlembingar undan ám, tvílembingar undan ám, og þrí- eða fjórlembingar undan ám. Ellefu flokkar samsettir úr fjölda í burði og hvernig lambið gekk undir voru skilgreindir. Þeim flokkum er lýst í töflu 2 ásamt fjölda í hverjum flokki. Fyrir aldur blóðmóður og aldur fósturmóður voru lömb 6 ára og eldri áa sameinuð í einn flokk, annars einn flokkur fyrir hvert aldursár.

Ættin var rakin frá kindum með gögn til ársins 1990 úr ættarskrá íslenska sauðfjárstofnsins úr gagnagrunni Bændasamtaka Íslands. Samtals voru 29.306 kindur í ættarskránni.

Tafla 1. Fjöldi, meðaltöl og staðalfrávik eiginleika í gagnasafninu.

Eiginleiki	Fjöldi mælinga	Meðaltal	Staðalfrávik
Staðalþungi	2.501	70,8 kg	5,9 kg
Fæðingarþungi	20.314	3,8 kg	0,7 kg
Aldur við haustvigt	17.541	139,3 dagar	8,3 dagar
Haustþungi	17.541	38,3 kg	5,3 kg
Ómvöðvi	17.541	27,7 mm	3,25 mm
Ómfita	17.541	2,74 mm	0,87 mm
Fallþungi	15.559	16,0 kg	2,2 kg
Gerð (EUROP)	15.559	9,59	1,95
Fita (EUROP)	15.559	5,98	1,72

Tafla 2. Skilgreiningar flokka fyrir samsetningu burðar og hvernig lambið gekk undir ásamt fjölda í hverjum flokki.

Lýsing	Fjöldi
Gengur eitt undir gemsa – fætt gemsa einlembingur eða undan fullorðinni á	1368
Gemsatvílembingur gengur undir sem slíkur	104
Gemsatvílembingur gengur einn undir gemsa	767
Gemsalamb, gengur undir á sem tvílembingur	440
Einlembingur sem gengur einn undir á	463
Einlembingur sem gengur undir sem tvílembingur	872
Tvílembingur sem gengur undir sem einlembingur	1083
Tvílembingur sem gengur undir sem tvílembingur	12493
Þrí- eða fjórlembingur sem gengur undir sem einlembingur	188
Þrí- eða fjórlembingur sem gengur undir sem tvílembingur	1983
Lamb sem gengur undir sem þrílembingur	208

4 Erfðastuðlar

Erfðastuðlar voru metnir fyrir staðalþunga, þykkt bakvöðva og fitu yfir bakvöðva, gerð og fitustig skrokka, fæðingarþyngd og haustþyngd (þyngd við ómmælingu). Ómmælingar og flokkun í sláturhúsi var metið við fastan þunga.

4.1 Líkön

Líkanið fyrir erfðastuðlamat staðalþunga var frekar einfalt þar sem við útreikning staðalþungans var leiðrétt fyrir helstu umhverfisþáttum (Jóhannes Sveinbjörnsson & Eyjólfur Kristinn Örnólfsson, 2024). Líkanið var

$$y_{ij} = ar_j + a_i + e_i$$

þar sem y_{ij} er staðalþungi ær i, ar_j eru föst hrif fæðingarárs j, a_i eru samleggjandi erfðaáhrif einstaklingsins (kynbótagildið), og e_i eru normaldreifðar leifar. Fyrir fæðingarþunga er líkanið sem var notað

$$y_{ijklmn} = ar_j + kyn_k + aldm_l + burd_n + s_{mk} + v_m + u_m + a_i + e_i$$

þar sem y_{ijklmn} er fæðingarþungi lambs i, kyn_k eru föst hrif kyns k, $aldm_l$ eru föst hrif aldursflokks móður l, $burd_n$ eru föst hrif fyrir fjölda í burði n, s_{mk} eru er slembiþáttur fyrir sameiginleg umhverfisáhrif á systkinahóp undan á m, á ári k, v_m er slembiþáttur fyrir áhrif

móður önnur en erfðatengd (varanleg umhverfisáhrif) og u_m eru samleggjandi erfðaáhrif móður. Önnur tákn eru eins og í fyrra líkani.

Líkanið fyrir lífþunga að hausti var svipað og fyrir fæðingarþunga nema í þeim tilfellum sem lamb er vanið undir fósturmóður er miðað við þau áhrif sem tengjast fóstrunni. Þannig var líkanið

$$y_{ijkfop} = \beta_1 * d + ar_j + kyn_k + aldfm_o + bg_p + s_{fk} + v_f + u_f + a_i + e_i$$

þar sem y_{ijklfo} er lífþunginn, β_1 er aðhvarfstuðull á aldur við vigtun, d er aldur við vigtun, $aldfm_o$ eru föst hrif aldursflokks undirgöngumóður o, bg_p eru áhrif burðar-gekk samsetningar p, s_{fk} er slembiþáttur fyrir sameiginleg umhverfisáhrif á systkinahóp sem gengur undir á f, á ári k, v_f er slembiþáttur fyrir áhrif undirgöngumóður önnur en erfðatengd (varanleg umhverfisáhrif) og u_f eru samleggjandi erfðaáhrif undirgöngumóður. Fyrir þungaleiðréttar ómmælingar hafa áhrif tengd móðurinni lítil áhrif (sjá t.d. Einarsson o.fl. 2015 og Eiríksson & Sigurdsson 2017) og því var líkanið

$$y_{ijk} = \beta_1 d + \beta_2 r + \beta_3 r^2 + ar_k + kyn_j + a_i + e_i$$

þar sem y_{ijk} er þykkt bakvöðva eða þykkt fitu yfir bakvöðva, r er haustþungi lambsins og β_2 og β_3 eru aðhvarfsstuðlar. Fyrir skrokkmatseignleika var líkanið

$$y_{ijk} = \beta_1 d + \beta_2 w + \beta_3 w^2 + ar_k + kyn_j + a_i + e_i$$

þar sem y_{ijk} er skrokkmat (holdfylling eða fita), og w er fallþungi lambsins.

Í öllum líkönum var gert ráð fyrir að samleggjandi erfðaþætti $a \sim N(0, \mathbf{A}\sigma_a^2)$, þar sem $\mathbf{A}$ er skyldleikafylki byggt á ættartölu og σ_a^2 er dreifni samleggjandi erfða. Sameiginleg umhverfisáhrif systkina eða fóstursystkina var gert ráð fyrir að fylgdu $s \sim N(0, \mathbf{I}\sigma_s^2)$. Varanleg umhverfisáhrif (undirgöngu)mæðra var gert ráð fyrir að fylgdu $v \sim N(0, \mathbf{I}\sigma_v^2)$ og samleggjandi erfðaáhrif (undirgöngu)mæðra $u \sim N(0, \mathbf{A}\sigma_u^2)$. Gert var ráð fyrir að skekkja væri óháð milli mælinga en með fylgni á milli eiginleika og fylgdi normaldreifingu, þ.e. $e \sim N(0, \mathbf{I}\sigma_e^2)$. Fyrir samleggjandi erfðaáhrif var gert ráð fyrir fylgni á milli eiginleika og á milli beinna áhrifa og mæðraáhrifa. Einnig var gert ráð fyrir mögulegri fylgni varanlegra umhverfisáhrifa mæðra á milli fæðingarþunga og haustþunga og fylgni skekkju á milli allra eiginleika sem voru reiknaðir í sömu keyrslu. Ekki var gert ráð fyrir mögulegri fylgni sameiginlegra umhverfisáhrifa á systkini á milli fæðingarþunga og haustþunga.

Erfðastuðlar voru metnir í þremur fjölbreytukeyrslum þar sem ein keyrsla með öllum eiginleikum náði ekki samhvörfunarskilyrðinu í 200 umferðum. Í keyrslu I var staðal-, fæðingar- og haustþungi auk ómmælinga. Í keyrslu II voru staðalþungi, fæðingarþungi og skrokkmatseiginleikat. Í keyrslu III voru haustvigt, ómmælingar og skrokkmatseiginleikar. Erfðastuðlar voru metnir með AI-REML algríminu með dmuai forritinu úr DMU forritapakkanum (Madsen & Jensen, 2018).

4.2 Dreifniliðir og arfgengi

Dreifniliðir úr mati á erfðastuðlum koma fram í töflu 3. Arfgengi staðalþunga er hátt, 0,65±0,03 (± staðalskekkja) sem bendir til að sú stærð ráðist að mjög miklu leiti af erfðum. Við útreikning staðalþungans er búið að leiðrétta fyrir mörgum þáttum og byggir á mörgum mælingum fyrir hverja á (Jóhannes Sveinbjörnsson & Eyjólfur Kristinn Örnólfsson, 2024) sem skýrir þetta háa arfgengi, auk þess sem eiginleikinn ætti að öllu eðlilegu að ráðast að miklu leiti af eðli ærinnar frekar en umhverfi. Fullorðinsþungi kjötkynja var með arfgengið 0,29 samkvæmt samantekt Safari o.fl. (2005) en dæmi eru um að arfgengi fullorðinsþunga hafi verið metið töluvert hærra (Näsholm & Danell, 1996). Eðlilegt er að staðalþunginn sé með töluvert hærra arfgengi en fullorðinsþungi sem hefur ekki verið leiðréttur fyrir holdafari og byggir ekki á mörgum endurteknum mælingum.

Tafla 1. Erfðadreifni beinna áhrifa (σ_a^2), erfðadreifni mæðraáhrifa (σ_u^2), dreifni sameiginlegra umhverfisáhrifa systkina (σ_s^2), dreifni varanlegra umhverfisáhrifa mæðra (σ_v^2), dreifniliður skekkju (σ_e^2), arfgengi beinna áhrifa (h_b^2) og arfgengi mæðraáhrifa (h_m^2). Fyrir staðalþunga og fæðingarþunga eru gildin úr mati I. Staðalskekkja matsins er lágrituð.

	σ_a^2	σ_u^2	σ_s^2	σ_v^2	σ_e^2	h_b^2	h_m^2
Staðalþungi	24,9 $_{1,8}$				13,4 $_{1,1}$	0,65 $_{0,03}$	
Fæðingarþungi	0,05 $_{0,05}$	0,10 $_{0,08}$	0,006 $_{0,002}$	0,017 $_{0,004}$	0,157 $_{0,004}$	0,15 $_{0,02}$	0,30 $_{0,02}$
Haustþungi	3,3 $_{0,3}$	2,6 $_{0,4}$	6,0 $_{0,2}$	1,9 $_{0,3}$	10,0 $_{0,2}$	0,14 $_{0,01}$	0,11 $_{0,01}$
Ómvöðvi	2,8 $_{0,1}$				3,48 $_{0,08}$	0,44 $_{0,02}$	
Ómfita	0,24 $_{0,01}$				0,33 $_{0,08}$	0,42 $_{0,02}$	
Gerð	1,7 $_{0,1}$				1,40 $_{0,06}$	0,55 $_{0,02}$	
Fita	0,53 $_{0,04}$				1,24 $_{0,03}$	0,30 $_{0,02}$	

Arfgeng mæðraáhrif voru áhrifameiri fyrir fæðingarþunga en beinu áhrifin, arfgengi mæðraáhrifa á fæðingarþunga var 0,30±0,02 samanborið við 0,15±0,02 fyrir beinu áhrifin. Aftur á móti var arfgengi mæðraáhrifa heldur lægra en beinu áhrifanna fyrir haustþungann, 0,11±0,01 borið saman við 0,14±0,01. Minnkandi áhrif erfðaeiginleika mæðra og hlutfallslega meiri þáttur beinna áhrifa á lífþunga eftir því sem lömbin eldast er í samræmi við væntingar og niðurstöður úr erlendum rannsóknum (Näsholm & Danell, 1996; Safari et al., 2005). Arfgengi fæðingarþunga var svipað því sem kemur fram í samantekt Safari o.fl. (2005) á sex eldri rannsóknum á kjötkynjum, með sömu tölu fyrir beinu áhrifin en lítillega hærri fyrir mæðraáhrif, 0,30 borið saman við 0,24. Svipað mat fékkst einnig stórri nýsjálenskri rannsókn (Everett-Hincks o.fl., 2014). Metið arfgengi haustþunga var líka svipað og fráfæruþungi í erlendum rannsóknum (Safari o.fl., 2005) og svipað og kemur fram í samantekt á íslenskum rannsóknum (Eythórsdóttir, 2012).

Arfgengi ómmælinga var ríflega 0,4 fyrir bæði vöðvaþykkt og fituþykkt. Það eru svipaðar tölur og úr öðrum íslenskum rannsóknum (Einarsson o.fl., 2015; Eiríksson & Sigurdsson, 2017; Eythórsdóttir, 2012). Það sama er að segja um skrokkmatseiginleikana, arfgengi fitumatsins var

0,30±0,02 sem svipar til fyrri rannsókna en arfgengi gerðarmatsins, 0,55±0,02, var heldur hærra en í öðrum rannsóknum (Einarsson o.fl., 2015; Eiríksson & Sigurdsson, 2017; Sigbjörn Óli Sævarsson, 1999) og staðfestir enn mikil áhrif erfða á þann eiginleika.

4.3 Erfðafylgni

Í töflu 4 kemur fram erfðafylgni á milli eiginleikanna. Bein áhrif haustþunga voru með mesta erfðafylgni við staðalþungann, 0,68±0,05, en jákvæð fylgni var líka á milli staðalþunga og annarra þungaeiginleika. Bein áhrif á fæðingarþunga voru með erfðafylgni við bein áhrif á haustþunga upp á 0,36±0,07. Mæðraáhrif á fæðingarþunga voru með jákvæða erfðafylgni við bæði bein áhrif og mæðraáhrif á haustþunga, í báðum tilfellum var matið 0,36. Jákvæð erfðafylgni á milli þunga á mismunandi aldri er eðlileg og hefur komið fram í fjölda rannsókna á ýmsum fjárkynjum (Medrado o.fl., 2021; Näsholm & Danell, 1996; Safari o.fl., 2005). Erfðafylgni beinna áhrifa á fæðingarþunga og beinna áhrifa á haustþunga var raunar nokkru veikara en erlendar rannsóknir gefa til kynna; Safari o.fl. (2005) fengu erfðafylgnina 0,47 og Medrado o.fl. (2021) fengu 0,57 í samantekt á áður birtum niðurstöðum. Helstu áhrifaþættir aðrir en erfðaþætti sem hafa áhrif á fæðingarþunga og vöxt fram á haust hafa verið skoðaðir nákvæmlega (Sveinbjörnsson o.fl., 2021). Frekari rannsókn á erfðaþættinum sem liggur þar að baki væri æskileg.

Tafla 2. Erfðafylgni á milli eiginleika. Staðalskekkja matsins lágrituð.

Eiginleiki	Staðalþ.	Fæðingarþ. bein	Fæðingarþ. mæðra	Haustþ. Bein	Haustþ. mæðra	Ómvöðvi	Ómfita
Fæð.þ. b.	0,26 $_{0,07}$						
Fæð.þ. m.	0,26 $_{0,04}$	-0,05 $_{0,06}$					
Haustþ. bein	0,68 $_{0,05}$	0,36 $_{0,07}$	0,36 $_{0,06}$				
Haustþ. m.	0,29 $_{0,06}$	-0,07 $_{0,09}$	0,36 $_{0,07}$	-0,01 $_{0,08}$			
Ómvöðvi	-0,54 $_{0,03}$	-0,09 $_{0,06}$	-0,17 $_{0,04}$	-0,56 $_{0,04}$	-0,17 $_{0,05}$		
Ómfita	-0,22 $_{0,04}$	-0,12 $_{0,06}$	-0,28 $_{0,04}$	-0,17 $_{0,05}$	-0,15 $_{0,05}$	0,10 $_{0,03}$	
Gerð	-0,29 $_{0,04}$	-0,06 $_{0,06}$	-0,41 $_{0,04}$	-0,38 $_{0,06}$	-0,45 $_{0,05}$	0,48 $_{0,03}$	0,10 $_{0,04}$
Fita	-0,08 $_{0,05}$	-0,10 $_{0,07}$	-0,34 $_{0,05}$	-0,05 $_{0,07}$	-0,42 $_{0,06}$	-0,01 $_{0,04}$	0,64 $_{0,03}$

Fyrir hvort tveggja fæðingarþunga og haustþunga var erfðafylgni beinna áhrifa og mæðraáhrifa metin veik eða engin. Með íslensk gögn hefur ítrekað fengist neikvæð erfðafylgni á milli beinna áhrifa og mæðraáhrifa á haustþunga lamba (Einarsson o.fl., 2015; Eythórsdóttir, 2012). Mat á erfðafylgni beinna áhrifa og mæðraáhrifa fyrir þunga er mjög breytilegt í erlendum rannsóknum og getur samsetning gagna haft mikil áhrif á niðurstöðuna (Safari o.fl., 2005). Þau gögn sem lágu fyrir ættu að henta nokkuð vel til að meta þessar stærðir því þau innhalda margar kynslóðir

áa þar sem mæður eru yfirleitt með eigin mælingar. Nýlegt mat á erfðafylgni beinna og mæðraáhrifa á bæði lífþunga og fallþunga með stóru gagnasafni frá íslenskum búum fékk svipaða niðurstöðu og kemur hér fram (Jón Hjalti Eiríksson o.fl., 2025).

Nokkur neikvæð erfðafylgni (-0,54±0,03) var á milli staðalþunga og þykktar bakvöðva með ómmælingu, þannig að þykkari bakvöðva í haustlömbum fylgdi lægri staðalþungi. Einnig var neikvæð erfðafylgni staðalþunga við ómfitu (-0,29±0,04) og við gerðarmat í sláturhúsi (-0,22±0,04). Það að einungis fékkst veik neikvæð erfðafylgni á milli staðalþunga og fitumats á skrokkum bendir til að val fyrir minni fitu sé ekki aðallega val fyrir seinum þroska og miklum staðalþunga, heldur séu áhrifin á vefjahlutföll öðruvísi. Þar getur haft áhrif hvenær í þroskaferli lambsins fitan er metin. Ómmælingarnar hér eru í lömbum sem náð hafa um helmingi staðalþunga og mögulegt að fitustig á eldri eða þyngri lömbum sé orðið meira tengt staðalþunga þeirra. Einnig gæti valið á fjárstofninum á Hesti hafa dregið fram erfðaáhrif á vefjahlutföll í haustlömbum sem byggir á öðrum áhrifum en mun á þroskastigi. Neikvæð erfðafylgni gerðar annars vegar og ómvöðva hins vegar við staðalþungann (-0,29 og -0,54) er aftur á móti hærri sem bendir til þess að val fyrir þykkum vöðvum sé að einhverju marki val fyrir bráðum þroska, þannig að við sama þunga að hausti séu best gerðu lömbin búin að ná hærra hlutfalli af lokaþyngd en önnur lömb. Leiðrétting staðalþungans fyrir holdastigi gæti þó átt þátt í neikvæðri erfðafylgni bakvöðvaþykktar við þungaeiginleika, þar á meðal staðalþunga.

Ómmælingar og skrokkmat í sláturhúsi var með neikvæða erfðafylgni við mæðraáhrif á fæðingarþunga, mest neikvæð fyrir gerð, -0,41±0,04. Samkvæmt því virðast kindur sem hafa eiginleika til að vera vöðvamiklar og til þess að gera feitar sem haustlömb hafa tilhneigingu til að eiga lítil lömb. Erfðafylgni haustþunga á fæti og gerðarmats skrokka var neikvæð, hvoru tveggja beinu áhrifin og mæðraáhrifin á þunga. Mæðraáhrif á haustþunga voru einnig með neikvæða erfðafylgni við fitumat á skrokkum. Þetta kann að skýrast að einhverju leiti af því að vöðvaeiginleikarnir eru hér þungaleiðréttir, þ.e., auknum þunga fylgir bæði aukin bakvöðvaþykkt og betri gerð en eins og þeir eiginleikar eru gerðir upp hérna er leiðrétt fyrir þunganum. Þannig getur þungum lömbum verið refsað í holdfyllingareiginleikunum ef þunganum fylgja ekki miklir vöðvar. Aðrar skýringar á neikvæðri fylgni þarna kunna að tengjast tengslum vöðvaþykktarinnar og þroskastigs.

Erfðafylgni gerðar og fitu (ekki í töflu) var 0,32±0,04. Það er mjög nærri því sem Eiríksson og Sigurdsson (2017) mátu fyrir tímabilið 2000 til 2013 með gögnum frá fleiri búum.

5 Úrvalssvörun

Fyrir mat á erfðaframför var kynbótamat sem kom úr erfðastuðlamati I og III notað. Fyrir eiginleika sem voru í báðum keyrslum voru niðurstöður úr keyrslu I notaðar. Erfðaframför var metin út frá meðal kynbótamati fæddra lamba hvert ár 2001 til 2022 fyrir eiginleika sem eru metnir í lömbum, 2001 til 2020 fyrir mæðraáhrif á þungaeiginleika og 2001 til 2017 fyrir staðalþunga. Árleg erfðaframför var metin sem hallatala aðhvarfs meðal kynbótamats árgangs á ártal.

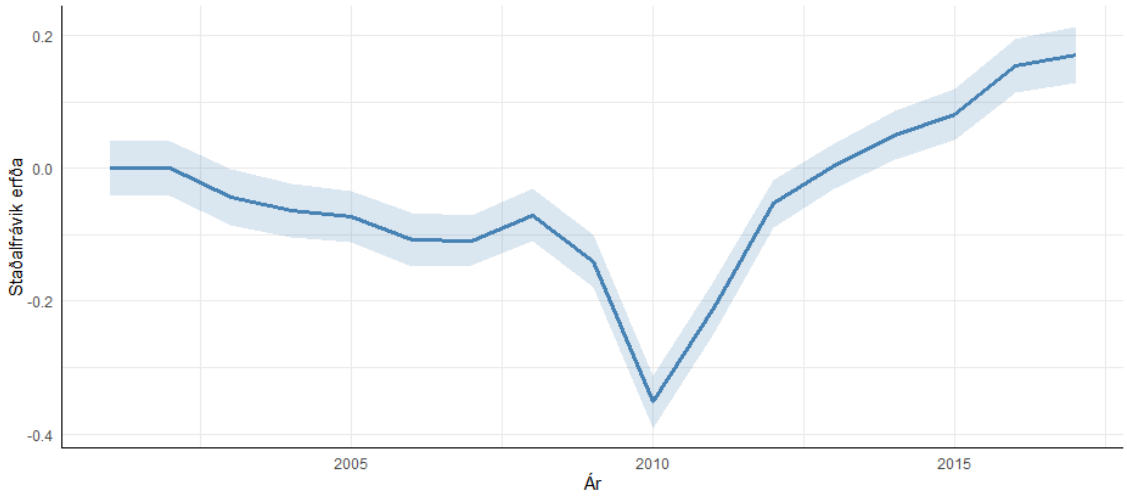
Í töflu 5 kemur fram árleg úrvalssvörun (erfðaframför/afturför) í formi aðhvarfsstuðla meðal kynbótamats árganga á ártal. Yfir allt tímabilið er ekki marktæk svörun fyrir staðalþunga en aðrir eiginleikar eru með hámarktæka úrvalssvörun. Í staðalfráviki erfða er mest úrvalssvörun fyrir þykkt bakvöðva samkvæmt ómmælingu, 0,073±0,008 af staðalfráviki erfða á ári sem skilar 1,46 staðalfrávikum á 20 árum. Í millimetrum er breytingin 0,11 mm á ári, 2,2 mm yfir 20 ára tímabil. Fyrir fæðingarþunga, haustþunga, ómfitu, gerðar- og fitumat í sláturhúsi er árleg úrvalssvörun 0,02-0,04 staðalfrávik erfða á ári. Fyrir fitueiginleikana er leitnin niður á við.

Tafla 3. Árleg úrvalssvörun lamba fæddra á Hesti frá 2001.

Eiginleiki	Í einingu	St.frv. erfða	Marktækni
Staðalþungi	0,04 kg $_{0,03}$	0,009 $_{0,006}$	EM
Fæðingarþ. bein	0,0046 kg $_{0,0005}$	0,023 $_{0,002}$	***
Fæðingarþ. mæðra	0,009 kg $_{0,002}$	0,027 $_{0,006}$	***
Haustþ. bein	0,04 kg $_{0,01}$	0,023 $_{0,006}$	**
Haustþ. mæðra	0,040 kg $_{0,004}$	0,024 $_{0,002}$	***
Ómvöðvi	0,11 mm $_{0,01}$	0,073 $_{0,008}$	***
Ómfita	-0,015 mm $_{0,002}$	-0,031 $_{0,005}$	***
Gerð	0,033 $_{0,006}$	0,025 $_{0,004}$	***
Fita	-0,026 $_{0,003}$	-0,037 $_{0,005}$	***

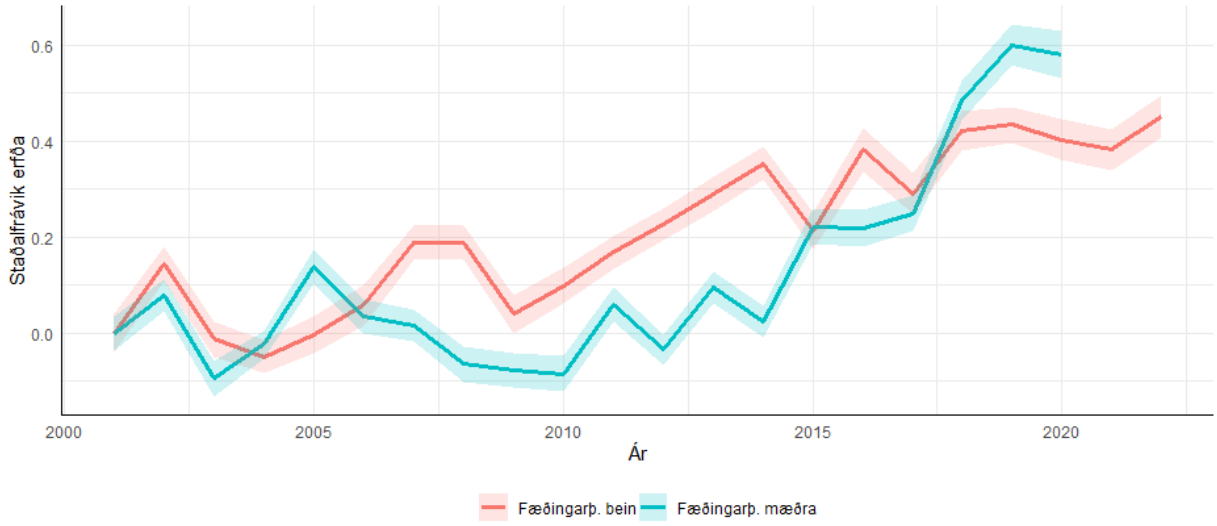
EM: ekki marktæk úrvalssvörun, * : p<0,05; ** : p< 0,01, *** : p<0,001

Á mynd 1 kemur fram kynbótamat fyrir staðalþunga eftir árgöngum frá 2001 til 2017. Þrátt fyrir að engin tölfræðilega marktæk úrvalssvörun hafi komið fram fyrir tímabilið í heild sýnir myndin ákveðna leitni. Fyrri hluta tímabilsins, til 2010 er staðalþunginn frekar á niðurleið og 2010 árgangurinn sker sig nokkuð úr með lágt kynbótamat fyrir staðalþunga. Aftur á móti stefnir staðalþunginn upp á við eftir það. Ekki eru þekktar neinar ákveðnar skýringar á miklu fráviki 2010 árgangsins

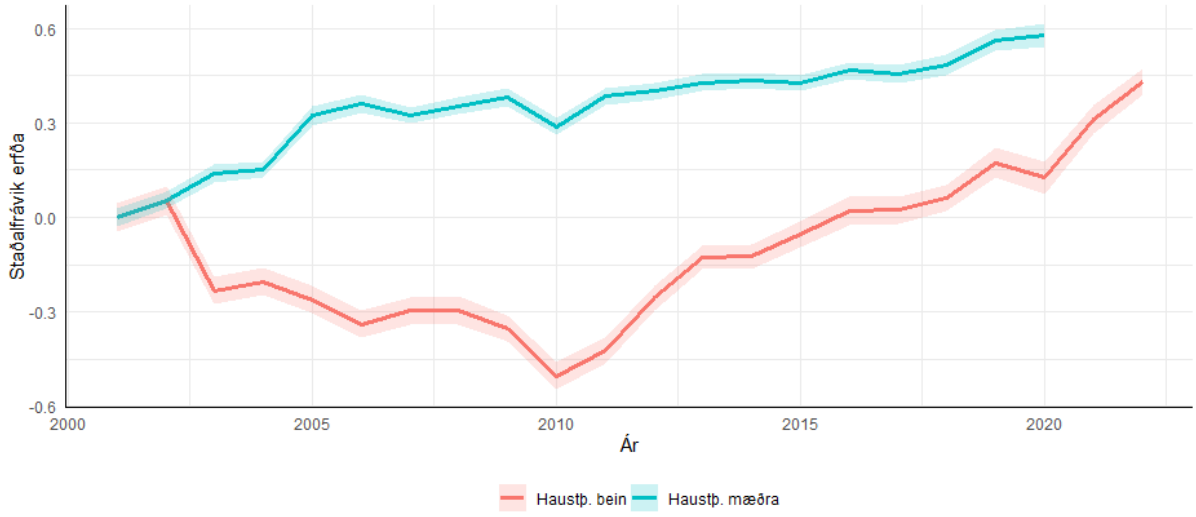


Mynd 1. Meðal kynbótamat lamba á Hesti fyrir staðalþunga eftir árgöngum. Skygging sýnir staðalskekkju meðaltalsins.

Fyrir fæðingarþunga er leitnin upp á við sterkari á seinni hluta tímabilsins (mynd 2). Fyrir bein áhrif á haustþunga (mynd 3) er líka mest framför á seinni hluta tímabilsins, og stefnan raunar frekar niður á við, fyrri hluta tímabilsins. Framför í mæðraáhrifum á haustþunga eru jafnari yfir allt tímabilið. Úrvalssvörunin fyrir þungaeiginleikana eru í megindráttum eins, með lítilli breytingu og jafnvel leitni niður á við á fyrri hluta tímabilsins sem var skoðað, en ákveðnari úrvalssvörun í átt til hækkandi þunga á seinni hluta tímabilsins.

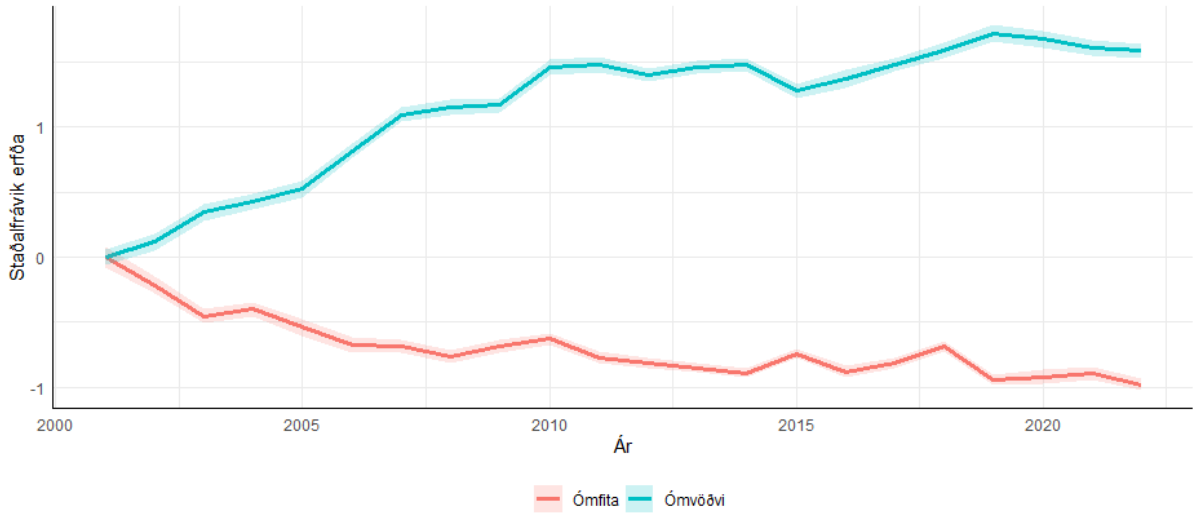


Mynd 2. Meðal kynbótamat lamba á Hesti fyrir fæðingarþunga eftir árgöngum. Skygging sýnir staðalskekkju meðaltalsins.

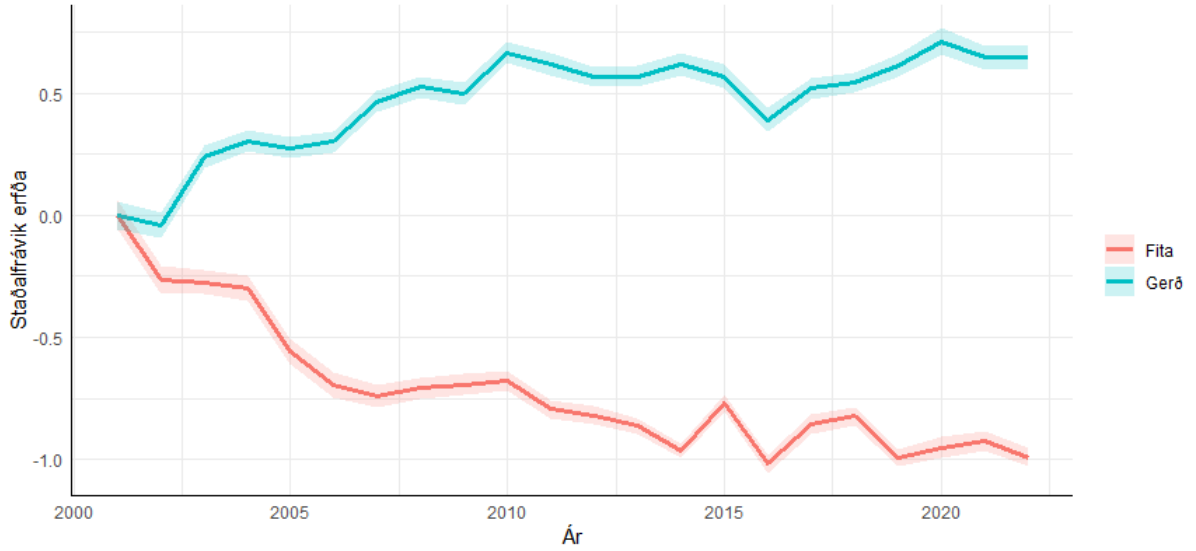


Mynd 3. Meðal kynbótamat lamba á Hesti fyrir haustþunga eftir árgöngum. Skygging sýnir staðalskekkju meðaltalsins.

Myndir 4 og 5 sýna úrvalssvörun fyrir ómmælingar annarsvegar og EUROP skrokkmat hinsvegar. Á báðum myndum sést skýr leitni að minni fitu og þykkari vöðvum/betri gerð. Í öllum þáttum virðist árangurinn vera meiri á fyrri hluta tímabilsins en á seinni hlutanum. Í uppgjöri Stefáns Sch. Thorsteinssonar (2002) fyrir árin 1978 til 1996 kom fram úrvalssvörun í flatarmáli bakvöðva og þykkt síðufitu. Hér voru ekki nákvæmlega sömu eiginleikar skoðaðir en þróun í átt að meiri vöðvum og minni fitu hefur haldið áfram í hjörðinni á Hesti árin 2001-2021.



Mynd 4. Meðal kynbótamat lamba á Hesti fyrir bakvöðvaþykkt samkvæmt ómmælingu og þykkt fitu yfir bakvöðva samkvæmt ómsjá eftir árgöngum. Skygging sýnir staðalskekkju meðaltalsins.



Mynd 5. Meðal kynbótamat lamba á Hesti fyrir fitu og holdfyllingu (gerð) skrokka eftir árgöngum. Skygging sýnir staðalskekkju meðaltalsins.

Úrvalssvörunin árin 2011 til 2021 bendir til þess að meiri áhersla hafi verið á þyngd lamba og áhersla á atriði tengd vefjahlutföllum við fastan þunga hafi minnkað. Úrvalssvörunin fyrir ómmælingar á öllu tímabilinu er minni en Eiríksson og Sigurdsson (2017) fengu fyrir mörg bú á árunum 2000 til 2013, 0,11 mm árleg aukning á bakvöðvaþykkt á Hesti 2001-2022 (tafla 5) samanborið við 0,147 mm í stofninum 2000-2013, og -0,016 mm á Hesti (tafla 5) samanborið við -0,024 mm í stofninum fyrir fituna. Mynd 4 sýnir þó að á fyrri hluta tímabilsins sem var til skoðunar hér, sem fellur saman við tímabilið sem Eiríksson og Sigurdsson (2017) skoðuðu, var meiri framför í þessum eiginleikum. Breyting á úrvalssvörun í fitu fellur vel saman við áherslubreytingar í hrútavali búsins sem hætti að velja stíft fyrir minnkandi fitu um árið 2010. Ástæður minnkaðra framfara í gerð og bakvöðvaþykkt eru ekki eins augljósar. Þó má nefna að árið 2007 var farið að birta kynbótamat með einstaklingslíkani fyrir frjósemi og mjólkurlagni fyrir allt skýrslufært fé (Árnason & Jónmundsson, 2008). Þannig komu fram öflugri tól til vals fyrir auknum þunga (vaxtarhraða) sem gætu hafa leitt til meiri áherslu á þá eiginleika. Annað atriði er að mikið af valinu fyrir eiginleika sem tengjast vöðvafyllingu fer fram eftir svipfari (ómmælingum og lambadómum) sem ekki er endilega þungaleiðrétt með kerfisbundnum hætti. Þar sem flest mat á vöðvafyllingu er mjög háð þunga þannig að þyngri lömb fá hærra mat getur val fyrir holdfyllingu án þungaleiðréttingar verið sterkt óbeint val fyrir þunga. Fyrir 2010 var samtímis valið fyrir minni fitu þar sem þungaleiðréttingaráhrif virka í hina áttina sem gæti hafa eytt þessum áhrifum á því tímabili.

6 Áhrif á kynbótastarf íslenska sauðfjárstofnsins

Niðurstöður þessa verkefnis sýna að staðalþungi áa hefur hátt arfgengi og er erfðalega tengdur eiginleikum sem valið er fyrir í kynbótastarfinu. Fæðingarþungi lamba er einnig arfgengur með mest áhrif tengd móðurinni frekar en lambinu sjálfu. Gögnum er ekki safnað um þessa

eiginleika kerfisbundið í íslensku fé nema á Hesti þó ær séu vegnar á einhverjum búum. Þannig er varla raunhæft að farið væri að velja fyrir þessum eiginleikum beint á búum um land allt. Það er aftur á móti hagnýtt fyrir kynbótastarfið að vita hvaða áhrif val fyrir skrokkeiginleikum á haustlömbum getur haft á féð á öðrum hlutum æviskeiðsins. Það hefur augljósan efnahagslegan ávinning fyrir bændur að auka vaxtarhraða lamba, og þannig geta annað hvort sent lömb fyrr í sláturhús eða við hærri þunga. Aftur á móti sýna bæði erfðafylgnitölurnar (tafla 4) og úrvalssvörunin (myndir 1-3) að val fyrir auknum þunga lamba á haustin getur leitt til hækkandi staðalþyngdar. Hluti þess ávinnings sem sauðfjárbændur ná með fljótari vexti lamba gæti þess vegna tapast aftur vegna meiri fóðurþarfar ánna. Svipað er hægt að segja um fæðingarþunga þó erfðafylgni fæðingarþunga og haustþunga hafi verið nokkuð lægri en erlendar rannsóknir gefa til kynna.

Niðurstöðurnar sýndu úrvalssvörun í átt að aukinni fæðingarþyngd lamba á tilraunabúinu fyrir árin 2001 til 2021. Aukin fæðingarþyngd gæti leitt til meiri burðarvandamála samkvæmt íslenskum rannsóknum (Eygló Gunnlaugsdóttir, 2011; Pálína Pálsdóttir, 2018) en hvort þar er erfðasamband hefur ekki verið metið með íslenskum gögnum. Eins er mögulegt að sú tenging sé háð fullorðinsþunganum, þannig að stærri ær geti frekar borið stórum lömbum. Breytingar á fæðingarþyngd gætu einnig haft áhrif á lifun lamba en í rannsókn á skoskum svarthöfðaám var hærri fæðingarþungi tengdur aukinni lifun lamba (Riggio o.fl., 2008) en í nýsjálenskri rannsókn virtist bæði of lítill og of mikill fæðingarþungi draga úr lifun lamba (Everett-Hincks o.fl., 2014). Nánari rannsóknir á erfðaþætti á bak við burðarerfiðleika og lifun lamba er löngu tímabær í íslensku fé. Þó það séu trúlega eiginleikar með lágt arfgengi (Everett-Hincks o.fl., 2014; Medrado o.fl., 2021; Riggio o.fl., 2008) gætu möguleikar til kynbóta til dæmis fylgt erfðamengjaúrvali (Lillehammer o.fl., 2020; Meuwissen o.fl., 2001).

Erfðafylgni bæði gerðarflokkunar og bakvöðvaþykktar við þungaeiginleika var neikvæð (tafla 4) nema tengslin við bein áhrif á fæðingarþunga voru ekki marktækt frábrugðin núlli. Jafnframt var úrvalssvörun á beinum áhrifum á þunga (fæðingar-, haust- og staðal-) frekar neikvæð á fyrri hluta þess tímabils sem var skoðað, á sama tíma og mikil framför varð í vöðvaeiginleikum (Myndir 1 til 5). Þetta bendir allt til þess að val fyrir þungaleiðréttri bakvöðvaþykkt eða gerð, og þannig trúlega líka fyrir lærastigum sem hafa háa erfðafylgni við gerðina (Einarsson o.fl., 2015), geti minnkað þunga á öllum aldri. Aftur á móti er víða valið fyrir þyngri lömbum á ýmsum stigum sem vinnur á móti þessu, eins og hefur trúlega gerst á tilraunabúinu á Hesti eftir 2010. Í ræktunarmarkmiðum fyrir íslenskt fé (Fagráð í sauðfjárrækt, 2019) er áhersla á bætta gerðarflokkun og auknar afurðir en jafnframt tekið fram að ekki eigi að stuðla að auknum fullorðinsþunga ánna. Miðað við niðurstöðurnar hérna gæti val fyrir auknum afurðum leitt til hækkunar á fullorðinsþunga en á móti gæti val fyrir þykkari vöðvum eða betri gerð sláturlamba unnið í hina áttina. Þannig er hugsanlegt að hægt sé að ná jafnvægi í kynbótaáherslunum þannig að fullorðinsþunginn breytist lítið þrátt fyrir auknar afurðir eins og nettó árangur fyrir 2001 til 2017 á Hesti er nærri því að vera.

7 Ályktanir

Úrval fyrir hraðari vexti lamba eða meiri þunga á hausti getur leitt til óbeins úrvals fyrir fullorðinsþunga áa og fæðingarþyngd lamba. Þetta sýna bæði tölur um erfðafylgni og úrvalssvörun tilraunafjárbúsins á Hesti síðustu áratugi. Aftur á móti leiðir val fyrir þéttbyggðara fé með þykkari vöðva með ómmælingum og gerðarmati í sláturhúsi frekar til minni fullorðinsþunga sem getur unnið á móti áhrifum af vali fyrri þungum lömbum.

8 Heimildir

Árnason, T., & Jónmundsson, J. V. (2008). Multiple trait genetic evaluation of ewe traits in Icelandic sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *125*(6), 390–396. https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2008.00734.x

Árnason, Th., & Thorsteinsson, S. S. (1982). Genetic studies on carcass traits in Iceland twin ram lambs II. Analysis of principal components and construction of selection indices. *Livestock Production Science*, *8*, 507–517.

CSIRO. (1990). *Australian Agricultural Council: Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants.* INUFSL Working Party, Ruminants Subcommittee. CSIRO.

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. http://dx.doi.org/10.16886/IAS.2015.01

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

Everett-Hincks, J. M., & Dodds, K. G. (2008). Management of maternal-offspring behavior to improve lamb survival in easy care sheep systems. *Journal of Animal Science*, *86*(14 Suppl), E259-270. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0503

Everett-Hincks, J. M., Mathias-Davis, H. C., Greer, G. J., Auvray, B. A., & Dodds, K. G. (2014). Genetic parameters for lamb birth weight, survival and death risk traits. *Journal of Animal Science*, *92*(7), 2885–2895. https://doi.org/10.2527/jas.2013-7176

Eygló Gunnlaugsdóttir. (2011). *Tengsl vaxtarlags og burðarerfiðleika hjá sauðfé* [BSc, Landbúnaðarháskóli Íslands]. Skemman. http://hdl.handle.net/1946/9248

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

Fagráð í sauðfjárrækt (2019). *Ræktunarmarkmið*. https://www.rml.is/is/kynbotastarf/saudfjarraekt/raektunarmarkmid

Friggens, N. C., Shanks, M., Kyriazakis, I., Oldham, J. D., & McClelland, T. H. (1997). The growth and development of nine European sheep breeds. 1. British breeds: Scottish Blackface, Welsh Mountain and Shetland. *Animal Science*, *65*, 409–429.

Halldór Pálsson. (1983). Stefnur í sauðfjárrækt hér á landi. *Búnaðarritið*, *96*(1), 301–328.

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

Jón Hjalti Eiríksson, Anna Guðrún Þórðardóttir, Þórdís Þórarinsdóttir, Jóhannes Sveinbjörnsson og Eyþór Einarsson. (2025). *Ræktun fyrir hagkvæmri lambakjötsframleiðslu.* (Rit LbhÍ nr. 180, 30 bls.). Landbúnaðarháskóli Íslands.

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 Analysing Multivariate Mixed Models*.

Medrado, B. D., Pedrosa, V. B., & Pinto, L. F. B. (2021). Meta-analysis of genetic parameters for economic traits in sheep. *Livestock Science*, *247*, 104477. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104477

Meuwissen, T. H., Hayes, B. J., & Goddard, M. E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, *157*(4), 1819–1829.

Näsholm, A., & Danell, Ö. (1996). Genetic relationship of lamb weight, maternal ability, and mature ewe weight in Swedish finewool sheep. *Journal of Animal Science*, *74*, 329–339.

Pálína Pálsdóttir. (2018). *Burðarerfiðleikar sauðfjár* [BSc, Landbúnaðarháskóli Íslands]. Skemman. http://hdl.handle.net/1946/30675

Riggio, V., Finocchiaro, R., & Bishop, S. C. (2008). Genetic parameters for early lamb survival and growth in Scottish Blackface sheep. *Journal of Animal Science*, *86*(8), 1758–1764. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0132

Safari, E., Fogarty, N. M., & Gilmour, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, *92*(3), 271–289. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.09.003

Sigbjörn Óli Sævarsson. (1999). *Erfðastuðlar við mat á dilkakjöti—Samanburður á nýju og eldra kjötmati*. [BSc, Bændaskólinn á Hvanneyri].

Stefán Sch. Thorsteinsson. (2002). Rannsóknir og kynbætur sauðfjár fyrir bættu vaxtarlagi og betri kjötgæðum. Í *Ráðunautafundur 2002* (Árg. 25, bls. 149–167). Bændasamtök Íslands, Landbúnaðarháskólinn á Hvanneyri, Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.

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

Thorgeirsson, S., & Thorsteinsson, S. S. (1989). Growth, development and carcass characteristics. Í Ó. Dýrmundsson & S. Thorgeirsson (Ritstj.), *Reproduction, growth and nutrition in sheep*. Dr. Halldór Pálsson Memorial Publication, Agricultural Research Institute and Agricultural Society.