

Staðalpungi íslenskra áa – tengsl lífpunga, holdastiga og þroskastigs

Jóhannes Sveinbjörnsson og Eyjólfur Kristinn Örnólfsson



Landbúnaðarháskóli Íslands, 2024.

Rit Lbhí nr. 172

ISSN 1670-5785

ISBN 978-9935-512-48-2

Verkefnið var styrkt af: Þróunarsjóði sauðfjárræktar

Höfundar: Jóhannes Sveinbjörnsson og Eyjólfur K. Örnólfsson

Ljósmynd á forsíðu: Eyjólfur K. Örnólfsson

Landbúnaðarháskóli Íslands starfar á sviði sjálfbærrar auðlindanýtingar, búvísinda, umhverfisvísinda, skipulagsfræði og matvælaframleiðslu á norðurslóðum. Fagfólk skólans nýtur akademísks frelsis og hefur sjálfðæmi 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.

Ágrip

Markmið rannsóknarinnar var að ákvarða fullorðinsþunga íslenskra áa. Gögn um holdastig (HS) og lífpunga (LP) sem náðu yfir 22 framleiðsluár á fjárbúinu að Hesti voru greind tölfraðilega, út frá hinu línulega samhengi $LP = a + b \cdot HS$ fyrir ær á mismunandi aldursárum. Ærnar náðu að jafnaði fullum þroska á fimmta aldursári. Fullorðinsþungi fyrir íslenskar ær, staðlaður að holdastigi 3, reyndist vera $70,4 \pm 3,4$ kg. Hjá fullþroskuðum íslenskum ám þarf um 8,5 kg lífpunga til að auka hold um sem nemur einu holdastigi.

Í ritinu er farið ítarlega yfir erlendar rannsóknir sem tengjast viðfangsefninu. Það var gert bæði til að geta betur mótað aðferðir verkefnisins í ljósi reynslu annarra og einnig til að bera saman niðurstöður. Til að geta notað mælingar á lífpunga og holdastigum á öllum þeim sex mælingatímum innan framleiðsluársins sem gagnasafnið hafði að geyma, var lífpungi á meðgöngu leiðréttur fyrir þunga fangs með aðferðum sem lýst er í ritinu. Megin niðurstöður verkefnisins byggja á gagnasafni með samfelldum gögnum fyrir 1266 ær frá tveggja til fimm vetra aldurs. Þessi samfella í gagnasafninu, þar með talið geta til að nota mælingar á meðgöngu með fangleiðréttingu, var forsenda fyrir því að hægt væri að einangra breytileika milli gripa frá breytileika innan gripa. Það var ekki einungis mikilvægt til að bæta nákvæmni í mati á staðalþunga og lífpunga á hvert holdastig fyrir íslenskar ær almennt, heldur skilaði greiningin einnig mati á stöðluðum fullorðinsþunga einstakra gripa í gagnasafninu. Greiningin gefur möguleika á rannsóknum sem tengja fullorðinsþunga við aðra mikilvæga eiginleika í kynbótastarfi. Við þetta skapast einnig möguleikar á að greina aðgreind áhrif fullorðinsþunga, þroskastigs og holda á framleiðslugetu áanna.

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	1
1.1	Mælikvarðar á holdafar - holdastigun.....	1
1.2	Þróun staðlaðs holdastigakvarða fyrir sauðfé	2
1.3	Samband lífpunga og holdastiga, fullorðinsþungi, staðalþungi, þroskastig, fóðurþarfir.....	4
1.4	Fyrri rannsóknir á staðalþunga og/eða fullorðinsþunga sauðfjár.....	6
2	Efni og aðferðir.....	9
2.1	Gagnaskrárnar	9
2.2	Tölfræðileg úrvinnsla.....	10
2.3	Fangleiðréttur lífpungi	11
2.4	Grunnærskrár – umfang og bein meðaltöl	11
3	Úrvinnsla og niðurstöður.....	12
3.1	Við hvaða aldur eru ærnar fullþroskaðar?	12
3.2	Afmörkun gagnasafns.....	16
3.3	Gagnasafn fyrir 2-5 vetra ær – lýsing á gögnum	17
3.4	Leiðrétting fyrir áhrifum fóstura og fylgju á lífpunga	18
3.5	Aðhvarf þunga á holdastig – gagnasafn með samfelld gögn frá 2-5 vetra aldurs	20
3.6	Greiningar á staðalþunga einstakra gripa.....	22
4	Umræður.....	27
5	Ályktanir.....	29
6	Þakkir.....	30
7	Heimildaskrá.....	31

1 Inngangur

Vexti og þroska einstakra líkamshluta í hlutfalli við skrokkinn í heild (Hammond, 1932; Huxley, 1932), má lýsa stærðfræðilega með líkingum sem gilda almennt fyrir búfé af flokki spendýra, kvarðað í hlutfalli við þunga fullþroskaðrar skepnu (Brody, 1945). Þessar reglur voru fyrst prófaðar fyrir sauðfé af McClelland o.fl. (1976) og er nú vel staðfest að mynstur fitu- og próteinsöfnunar hjá sauðfé er merkilega líkt milli ólíkra sauðfjárkynja, kvarðað út frá fullorðinsþunga (Oddy & Sainz, 2002). Vöxtur skrokks hjá mjög ungri skepnu inniheldur gjarnan prótein og fitu í hlutfallinu 2:1, en hjá skepnu sem nálgast fullan þroska getur hlutfallið verið 1:7. Orkuinnihald er rúmlega tvöfalt hærra í hverju kg fitu en próteins, og með hverju kg próteinvaxtar fylgja um 3,5 kg af vatni og steinefnum. Þess vegna er orkuinnihald vaxtar gjarnan 2,5 sinnum hærra hjá næstum fullþroska skepnu samanborið við mjög unga skepnu, og öfugt fyrir próteininnihald vaxtarins (CSIRO, 1990).

1.1 Mælikvarðar á holdafar - holdastigun

Jafnvel þótt að gripur hafi náð fullum þroska er ekki hægt að reikna með að lífþungi eða hlutföll fitu og próteins í skrokknun haldist stöðug. Fitubirgðir á og í skrokknun minnka á tímabilum þegar orkujafnvægi er neikvætt, gjarnan í lok meðgöngu og fyrri hluta mjaltaskeiðs, en aukast þegar orkujafnvægi er jákvætt, svo sem á síðari hluta mjaltaskeiðs og geldstöðu. Það er mjög mikilvægt fyrir góða fóðuráætlanagerð að hafa aðferðir til að mæla þessa hringrás orkubirgða á líkamanum. Lífþungi einn og sér segir ekki alla söguna, einkum vegna breytileika í innihaldi meltingarfæra og vegna áhrifa fósturþroska.

Mat á holdum búfjár á sér langa sögu víða um heim. Hérlandis voru til mörg orð í málinu um þetta, eins og eftirfarandi lýsing, rituð fyrir rúmri öld, ber með sér:

„Þó að fé væri komið á hús og gjöf, var samt hert að því með beit eftir megni og dregið við það gjöf, sem mest mátti. Það þótti gott lag á ám lambfullum, ef þær voru brúsléttar í miðgöu, en *brúslétt* er það kallað, ef ekki finnast skörð í brúnina á bringukollinum. Ef finnst til skarðs við fremstu bringuteinana, er kindin *farin að skarða*, en þó má enn nokkuð af draga, þangað til fleiri skörð komu. Þegar þrjú eða fjögur skörð eru komin hvorumegin í bringuna, sögðu menn samt, að skepnan væri *bjórhál*, ef skinnið lék laust við teinana, og þótti það gott útlit á sumarmálum. Þá var þeim ekki vorkennt að fæða lamb sitt að vorinu. Ef öll skörðin fundust báðu megin á bringunni og voru orðin djúp, var skepnan *komin á merg* (þ: hékk í að vera mergjuð) eða *bláskarðaði* (*bláhnótadi* segja Húnvetningar enn) en *merglaus* var sá sauður, sem ekki kom niður standandi við að falla niður úr fangi manns. Ef skepnan horaðist meira, varð hún reisa (þ: gat ekki staðið upp). Þessar voru nú kröfur bestu búmanna á 18. öld, og eru þær ekki harðar eftir vorrar tíðar mælikvarða.“

(Jónas Jónsson, Íslenskir þjóðhættir, bls. 163-164)

Gömlu aðferðirnar til mats á holdum voru greinilega nákvæmar og miðuðust við það að lágmarki að halda lífi í ánni og einu lambi hennar. Með breyttum tímum, meira og betra fóðri og kynbótum breyttust kröfurnar.

Víða um heim voru aðferðir við mat á holdafari gripa ekki betur skilgreindar en svo lengst af að erfitt var að bera þær saman milli matsaðila, þær byggðust aðallega á sjónrænu mati. Einn af göllunum við sjónrænt mat er að eftir því sem ástand hjarðar í heild breytist til hins betra eða verra, breytist viðmiðun bóndans um hvað er heppilegt ástand.

1.2 Þróun staðlaðs holdastigakvarða fyrir sauðfé

Jefferies (1961) gerði tillögu að holdastigunarkerfi fyrir sauðfé. Kvarði kerfisins var með sex þrepum sem voru skilgreind út frá sérstökum líffræðilegum einkennum sem hægt er að meta með þreifingu á tilteknu svæði á hryggnum. Russel o.fl. (1969) þróuðu þetta kerfi áfram, skilgreindu betur og gerðu prófanir á aðferðinni. Þær prófanir leiddu í ljós að holdastig sögðu betur en lífpungi til um fituhlutfall í skrokki. Enn fremur var sýnt fram á að samræmi var gott í endurteknu mati holdastiga bæði hjá einstökum matsmönnum og milli matsmanna. Í kjölfarið voru gerðar margar rannsóknir á áhrifum holdafars á mismunandi tímum framleiðsluferils á einstaka framleiðslueiginleika eins og frjósemi og mjólkurframleiðslu. Með þessum rannsóknum þróaðist smám saman notkun holdastigunar til að stýra fóðrun og meðferð gripa. Ærnar í rannsókn Russel o.fl. (1969) voru af Svarthöfðakyni (Scottish Blackface); hjá þeim var eftirfarandi samhengi milli lífpunga (LP) og holdastiga (HS):

$$LP, \text{ kg} = 10,56 \cdot HS + 33,29 \pm 4,87$$

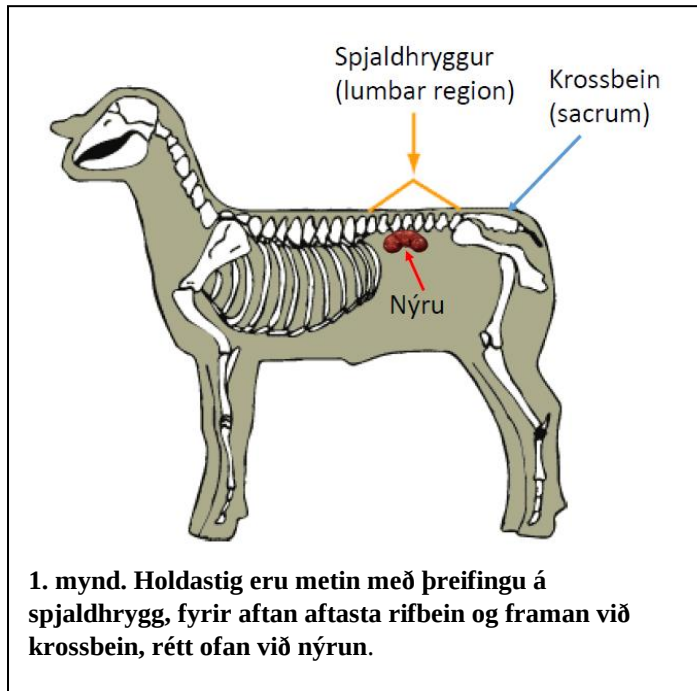
Margar líkingar á sama formi hafa verið settar fram síðan, sem hver og ein á við kindur af tilteknu fjárkyni á skilgreindum aldri. Stuðlarnir í líkingunum eru m.a. háðir þáttum eins og stærð fullvaxinna gripa og fitudreifingu í skrokknunum. Holdastigunarkvarði Russel o.fl. (1969) metur yfirborðsfitu og gefur líka vísbendingar um samanlagða þykkt vöðva og innanvöðvafitu á því svæði sem þreifað er. Teixeira o.fl. (1989) skoðuðu hvernig holdastig sögðu til um fituinnihald á mismunandi stöðum og í skrokknunum í heild. Auk fyrirnefnds kvarða Russel og félaga var notuð aðferð sem byggði á þreifingu vefja kringum dindil. Meðalaldur 52 ára af Rasa Aragonesa kyni í tilrauninni var 10 ár. Þeim var skipt í 13 fjögurra ára hópa, og holdastigaðar með báðum aðferðum. Ánum var slátrað og samsetning skrokksins að meðtöldum innri líffærum rannsökuð og tengd holdastigum og lífpunga. Af breytileika í heildarþunga fitu í skrokki skýrðu holdastig 90% en lífpungi 84%. Að bæta lífpunga við sem skýribreytu ásamt holdastigi bætti ekki spá um fitumagn miðað við það sem náðist með holdastigunum einum, rétt eins og í rannsókn Russel og félaga. Fylgni holdastiga var mjög há (0.84-0.94) við alla flokka fitubirgða, hvort heldur var innnyflafita, innanvöðvafita eða yfirborðsfita. Allra hæst var fylgni holdastiga (0.95) við heildarfitumagn. Með hækkandi holdastigum hækkar hlutfall yfirborðsfitu (e. subcutaneous fat), nýrnamörs (e. kidney fat), grindarholsfitu (e. pelvic fat) og garmörs (e. omental fat) af heildarfitumagni en hlutfall millivöðvafitu (e. intermuscular fat) og netjumörs (e. mesenteric fat) lækkar. Þetta er í góðu samræmi við lífeðlisfræðileg grundvallarlögmál um þroskaröð vefja (Hammond o.fl., 1983). Niðurstöðurnar bentu til að yfirborðsfitan væri allra síðust í þroska, og að holdastig væru betri mælikvarði á heildarfitumagn skrokks heldur en fita í kringum dindil, sem þó getur verið góður viðbótar mælikvarði fyrir viss fjárkyn ef mikill breytileiki er í holdafari (Teixeira o.fl., 1989).

Þegar Jefferies (1961) lagði drög að holdastigunarkvarðanum sem Russel o.fl. (1969) þróuðu áfram, voru meginrökin fyrir því að nota spjaldhrygginn til holdastigunar þau að þetta er einn seinþroskaðasti parturinn á vaxandi skepnu, er síðastur til að safna fitu og fyrstur til að missa hana. Sigurgeir Þorgeirsson (1983) segir svona frá þyngdarhlutföllum vefja á vaxandi kind:

„Eftir því sem kindin vex, breytast jafnframt þyngdarhlutföll í skrokknunum. Þetta gerist á tvönnan hátt: Í fyrsta lagi þyngjast þeir hlutar meira en meðaltalið, sem mestri fitu safna, vegna þess hve hún er síðþroska, en minna þeir skrokklutar, sem mest hafa af beinum. Á hinn bóginn eiga sér stað ákveðnar hlutfallabreytingar innan hvers vefs, sem stafa af misjafnlega örum vexti, eftir því hvar er í skrokknunum.”

(Sigurgeir Þorgeirsson 1983, bls. 459-460)

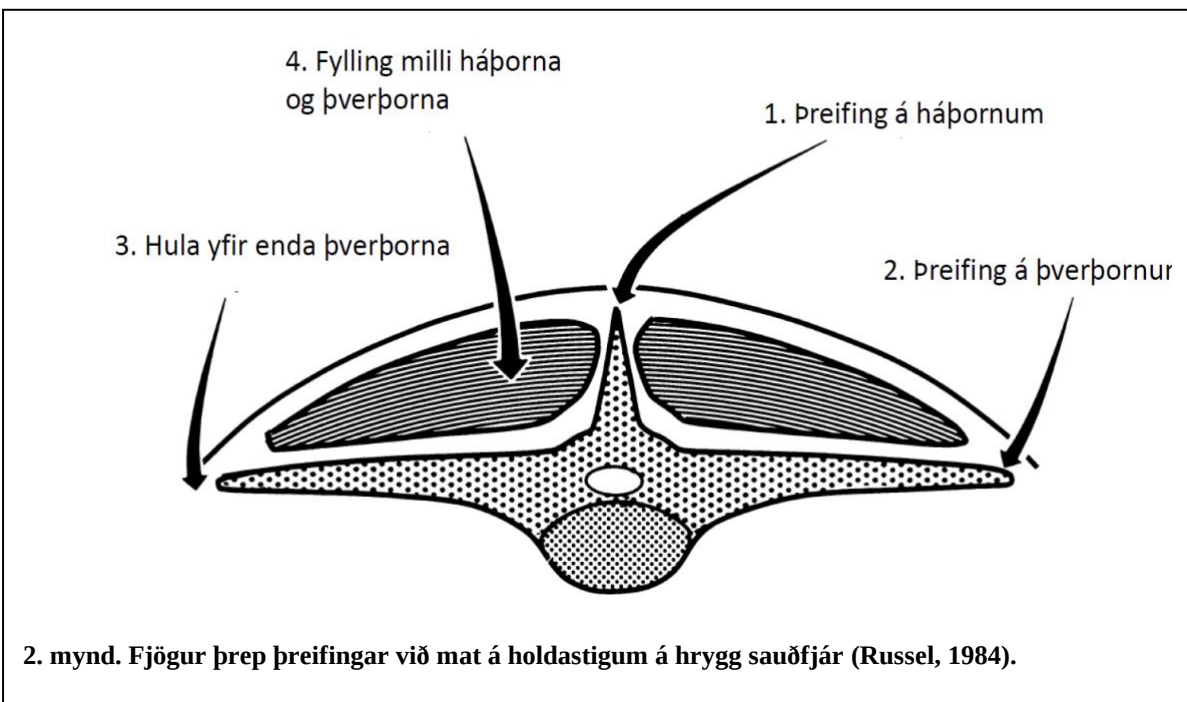
Í rannsókn Sigurgeirs, sem náði til vaxandi gripa frá fæðingu til 74 vikna aldurs, minnkaði hlutdeild framparts og læra í skrokknum með vaxandi þroska, en hlutdeild hryggsins og þó sérstaklega síðu og huppa fóru vaxandi, en þessir síðast töldu skrokkpartar eru fituríkir.



Fitusöfnun á hrygg er því fylgt vel eftir með fitusöfnun á síðum og huppum, sem rennir stoðum undir það að nota bakholdin sem mælikvarða á heildarfitumagn í líkamanum. Yfirfærsla niðurstaðna í þessu tilliti frá vaxandi gripum yfir á meira og minna fullþroskaða er þó ekki sjálfgefin, eins og nánar verður rætt síðar.

Delfa o.fl. (1989) krufðu spjaldhryggi áнна úr rannsókn Teixeira o.fl. (1989) í vöðva, bein, yfirborðsfitu og millivöðvafitu. Einnig voru tekin mál sem glöggir lesendur þekkja úr íslenskum afkvæmarannsóknum og ýmsum rannsóknaverkefnum, það er breidd (A) og dýpt (B) bakvöðva og

þykkt bakfitu (C). Niðurstöðurnar sýndu að bæði dýpt vöðvans (B) og þykkt fitunnar (C) höfðu háa fylgni við holdastig og uxu með vaxandi holdastigi, sem staðfesti að niðurstöður holdastigunar með þreifingu á spjaldhrygg eru háðar bæði þykkt bakvöðvans og



yfirborðsfitunnar. Jafnframt leiddu krufningar niðurstöður í ljós afar háa fylgni (0.97) bæði heildarfitu í spjaldhrygg og yfirborðsfitu spjaldhryggjar við heildarfitumagn í skrokknum.

1. tafla. Skilgreining á holdastigun sauðfjár (Russel, 1984).

Holdastig	Lýsing
0	Kindin mjög horuð og að dauða komin. Ekkert nema skinn og bein greinanleg.
1	Háþorn greinileg og hvöss; þverþorn líka hvöss, fingur ganga auðveldlega undir endana og hægt er að greina milli þorna. Bakvöðvi þunnur og svo til ekkert fitulag undir húð.
2	Háþorn greinileg, en slétt átaks og einstök háþorn finnast aðeins sem finar ójöfnur; þverþorn slétt og ávöl og fingur ganga undir enda með litlu átaki. Bakvöðvi í meðallagi þykkur með litlu fitulagi undir húð.
3	Háþorn skaga aðeins lítillega uppúr, eru slétt og ávöl og einstök háþorn finnast aðeins með þrýstingi; þverþorn slétt og vel fyllt og þétt átak þarf til að finna fyrir endum. Bakvöðvi vel fylltur með fitulagi í meðallagi undir húð.
4	Háþorn finnast aðeins með þrýstingi sem hörð lína milli fituhulinna vöðvasvæða; þverþorn finnast ekki. Bakvöðvi vel fylltur með þykku fitulagi undir húð.
5	Háþorn finnast ekki, jafnvel með léttum þrýstingi og dæld er í fitulag þar sem háþorn mundu venjulega finnast; þverþorn finnast ekki. Bakvöðvi er mjög vel fylltur með mjög þykku fitulagi undir húð. Fitukeppir finnast á mölum og dindli.

Holdastigunarkvarðinn sem hér er lýst hefur verið notaður á fjárræktarbúinu á Hesti í áratugi en lítið hjá íslenskum sauðfjárbændum almennt. Í nýlegu verkefni sem Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins stóð fyrir var þó sýnt fram á hagnýta þýðingu þess að nota holdastig ásamt vigtunum til að fylgjast með fódrun áa og þá ekki síst þroska yngri ána (Eyþór Einarsson o.fl., 2020).

1.3 Samband lífpunga og holdastiga, fullorðinsþungi, staðalþungi, þroskastig, fódurþarfir

Sambandið milli lífpunga og holdastiga er margrannsakað, og lífpungabreyting sem þarf til að framkalla breytingu sem nemur einu holdastigi er gjarnan á bilinu 5-10 kg eftir fjárkynjum, lífeðlisfræðilegri stöðu og fleiri þáttum. Skýringarnar á því hversu breytilegt þetta samhengi er, eru einna helst breytileikinn í: 1) stærð gripa; 2) holdafari; 3) staðalþunga; 4) fitudreifingu á skrokknum (Kenyon o.fl., 2014). Kind sem er stór en mögur getur verið jafnþung og kind sem er smá en feit. Kind sem ekki er búin að ná fullum þroska getur skorað hátt á holdastigaskalanum þó hún sé ekki mjög þung. Með öðrum orðum: ungar ær, sem ekki eru búnar að ná fullum þroska þurfa færri kg fyrir hvert holdastig en eldri ær, sem hafa náð fullum þroska.

Við mat á fódurþörfum gripa til vaxtar er lykilatriði að þekkja samsetningu vaxtarins. Fituvefur þroskast seinna en vöðvavefur, sem aftur þroskast seinna en bein- og taugavefur. Þroskaröðun vefjaflokka og skrokkhluta mótast af þörfum skepnunnar fyrir þá (Hammond o.fl., 1983). Með vaxandi þroska fer hlutfall fitu í hverju kg vaxtarauka af þessum ástæðum hækkandi en hlutfall próteins lækkandi. Afleiðing af þessu er að orkuþarfir á hvert kg vaxtarauka fara vaxandi en próteinþarfir minnkandi með vaxandi þroska.

Stærð gripa eða beinagrindar þeirra (e. frame size) er hægt að mæla með skrokkmálum á föllum og/eða á lifandi dýrum, svo sem hæð á herðar, lengd skrokks, lengd útlíma o.s.frv. (Hammond o.fl., 1983).

Staðalþungi er hugtak sem tengir stærð gripa (beinagrindar), lífpunga og holdastig. Staðalþunginn er skilgreindur af CSIRO (1990) fyrir mismunandi sauðfjár- og nautgripakyn, karl- og kvendýr og geldinga, sem þungi grips þegar þroska beinagrindar er lokið og “tómur skrokkur” inniheldur 25% fitu, sem samsvarar holdastigi 3 hjá sauðfé.

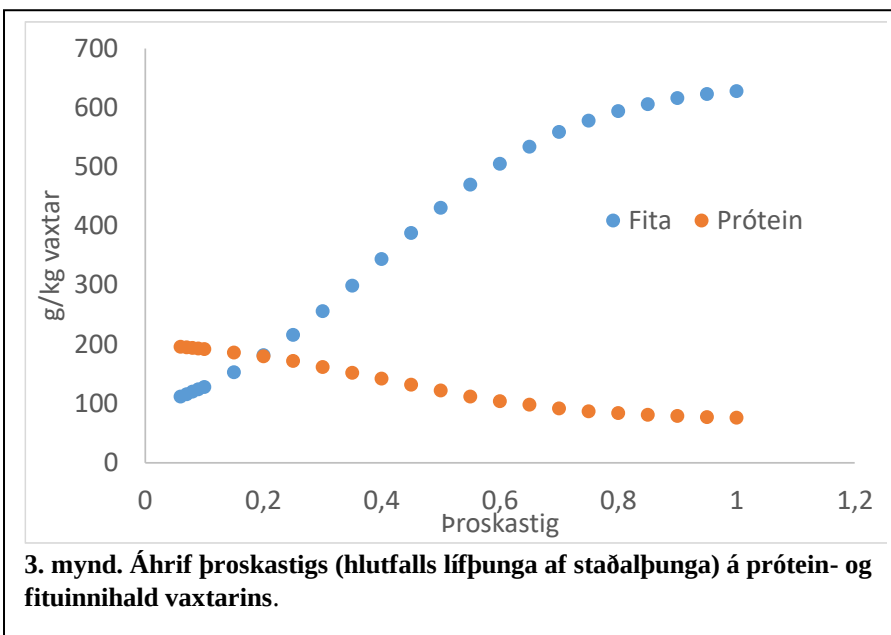
Þroskastig er hlutfall lífpunga skepnu af staðalpunga hennar. Dæmi: Lamb sem er með staðalpunga 74 kg en er í dag 37 kg telst hafa náð 50% af fullum þroska. Ef lambið hefði staðalpunga 100 kg en væri 37 kg þá er það búið að ná 37% af fullum þroska. Þessi tvö dæmi gætu mögulega átt við annars vegar gimbur og hins vegar hrút. Allavega er 37 kg hrútur kominn styttra í þroska (þroskastigið lægra) en 37 kg gimbur, því staðalpungi hrúta er hærri en gimbra. Staðalpungi er líka breytilegur eftir fjárkynjum, hann er almennt hærri hjá sérhæfðum kjötkynjum en hjá þeim kynjum þar sem meiri áhersla er á mjólk eða ull, þó að þetta sé ekki algilt. Staðalpungi er raunar breytilegur milli einstaklinga, en meiri áhersla er yfirleitt lögð á að skilgreina meðal staðalpunga fyrir einstaka hópa (fjárkyn, hrútar/ær) heldur en einstaklinga innan hjarðar, sem þó getur verið mjög hagnýtt og verður komið að síðar.

Það að þekkja staðalpunga fjárkynja hefur geysilega mikla hagnýta þýðingu:

Í fyrsta lagi er vitneskjan um samhengi lífpunga og holdastiga hjá fullþroskuðum gripum verðmæt. Hve mörg kg af fitu (og þá hve mikil orka) er eitt holdastig?

Í öðru lagi til að skilgreina þroskastig vaxandi gripa á hverjum tíma.

Í þriðja lagi: Ef staðalpungi er þekktur ásamt núverandi þunga/þroskastigi og ætluðum vaxtarhraða má reikna út prótein- fitu- og orkuinnihald skrokksins í heild eða tiltekins vaxtarauka, þetta er lykilatriði í að ákvarða fóðurþarfir. Fóðurþarfaútreikningar fyrir íslenskt



sauðfé í vexti (Jóhannes Sveinbjörnsson & Bragi L. Ólafsson, 1999) byggja á þessum lögmálum, þar eru hagnýttar aðferðir CSIRO (1990). Þær byggja á því að fyrir tiltekið hlutfall lífpunga af staðalpunga, þ.e. við ákveðið þroskastig skepnu er fita og prótein, og þar með líka orka, í hverju kg vaxtarauka þekkt

stærð, metin með vel skilgreindum líkingum. Á 3. mynd má sjá hvernig innihald hvers kg af vaxtarauka breytist eftir því sem þroska kindar vindur fram. Hjá kind sem er hálfþroskuð (þroskastig 0,5 eða 50%) má búast við að hvert kg sem bætist við innihaldi 431 g af fitu og 122 g af próteini, orkuinnihaldið í þessu kg vaxtarauka mætti búast við að væri 19,8 MJ. Þegar kindin er búin að ná þremur fjórðu hlutum af þroska sínum (þroskastig 0,75 eða 75%) má búast við að hvert kg sem bætist við innihaldi 578 g af fitu og 87 g af próteini, orkuinnihaldið í þessu kg vaxtarauka mætti búast við að væri 24,8 MJ. Ef kind hefur staðalpunga 60 kg má búast við að fyrrnefnda dæmið eigi við um 30 kg kind og það síðarnefnda um 45 kg kind. Ef kindin hefur hins vegar staðalpunga 80 kg myndi fyrra dæmið eiga við um 40 kg kind og það síðara um 60 kg kind.

Dæmi um niðurstöðu með tilliti til fódurþarfa: Hrútur sem er 40 kg og vex um 200 g/dag þarf 1,09 FE_m og 100 g AAT á dag, en gimbur sem er 40 kg og vex um 200 g/dag þarf 1,27 FE_m og 91 g AAT á dag. Til að ná þessum vexti á sem hagkvæmastan hátt þarf fódur hrútsins að innihalda $100/1,09 = 92$ g AAT fyrir hverja FE_m; en fódur gimbrarinnar þarf að innihalda $91/1,27 = 72$ g AAT fyrir hverja FE_m. Þessi munur á hlutfallslegum próteinþörfum er vegna þess að 40 kg hrútur er kominn styttra í þroska en 40 kg gimbur.

Stundum er talað um fullorðinsþunga gripa (*e. mature weight*) fremur en staðalþungann. Staðalþunginn miðar við ákveðið fitustig eins og áður hefur verið útskýrt en fullorðinsþunginn er aðeins opnara hugtak m.t.t. fitustigs eins og rætt verður hér á eftir. Hér er einnig rétt að nefna að þegar þroskastig er reiknað sem hlutfall lífþunga skepnu af staðalþunga hennar, er réttara að staðla núverandi lífþunga að sama holdastigi (3) eins og staðalþungann, áður en þetta hlutfall er reiknað. Það getur þó verið eilítið snúið fyrir lömb í örum vexti, sem hafa hátt hlutfall vöðva og fitu á móti beinum og því metin með há holdastig, svo gögnin bjóða varla upp á stöðlun að holdastigi 3. Hins vegar er sjálfsagt að gera þetta fyrir ær á öðrum vetri og eldri.

1.4 Fyrri rannsóknir á staðalþunga og/eða fullorðinsþunga sauðfjár

Í mörgum tilvikum hefur mat á staðalþunga eða fullorðinsþunga verið byggt á óbeinu mati út frá aðgengilegum upplýsingum um ólík fjárkyn. Það virðist t.d. hafa verið raunin í ýmsum af helstu ritum um fódurþarfir sauðfjár (CSIRO, 1990; AFRC, 1993; NRC, 2007). Sami háttur var hafður á við þróun fódurmats fyrir sauðfé hérlandis (Jóhannes Sveinbjörnsson & Bragi L. Ólafsson, 1999), þar var ákveðið að miða í bili við að staðalþungi íslenskra áa væri 65 kg, sauða 75 kg og hrúta 95 kg. Helstu ástæður fyrir því að óbeint mat á fullorðinsþunga hefur verið látið nægja eru skortur á heildstæðum gögnum og greiningum sem taka fullt mið af lífeðlisfræðilegum lögmálum og eðli mismunandi framleiðslukerfa.

Eitt af því sem gerir það nokkra áskorun að meta fullorðinsþunga eða staðalþunga fullþroskaðs sauðfjár er að ekki er mjög augljóst hvernig á að ákvarða hvenær gripurinn er fullþroskaður. Það væri auðveldara ef næring sauðfjár væri alltaf þannig að hún væri ekki takmarkandi á vöxt. Þá væri breytileiki í því hvenær á ævinni fullum þroska er náð líklega minni en raunin er í mörgum framleiðslukerfum fyrir sauðfé þar sem gjarnan eru innbyggð löng tímabil þar sem hver gripur nær ekki að uppfylla næringarþarfir til vaxtar. Ástæður þess geta verið léleg næring og/eða að afkvæmi eru í forgangi um næringu áður en móðirin hefur náð fullum þroska. Markmið flestra íslenskra sauðfjárbænda er að veturgamlar ær gangi með og mjólki einu lambi, og tvævetur tveimur lömbum. Þetta þýðir að það tekur ærnar lengri tíma að ná fullum þroska en ef þær ættu náðugri daga á sínum fyrstu árum. Í mörgum tilvikum mætti þó einfaldlega nýta geldstöðutímabilin betur til að ná upp þroska, sem skilar sér svo í meiri afurðum. Um þetta voru skýrar vísbendingar í fyrri rannsóknum á gögnum Hestbúsins (Jóhannes Sveinbjörnsson o.fl. 2018 a & b; Sveinbjörnsson o.fl., 2021) og í verkefni RML um frjósemi og fódun sauðfjár (Eyþór Einarsson o.fl., 2020).

Meðal álitamála sem koma upp þegar meta á fullorðinsþunga staðlaðan að ákveðnu holdastigi (=staðalþungi) er við hvaða holdastig á að staðla þungann. Þetta getur oltið á mismunandi tilgangi með notkun staðalþungans. Ef tilgangurinn er að ná betri árangri í eldi sláturlamba með því að uppfylla fódurþarfir miðað við vaxtarkúrfur fundnar við aðstæður þar sem næring er ekki takmarkandi þáttur, virðist rökrétt að staðla fullorðinsþungann við holdastig á efri hluta skalans (Friggens o.fl., 1997; Zygoiannis o.fl., 1997a & 1997b). Ef hins vegar áskoranirnar snúast

meira um vöxt, þroska og meðferð á í framleiðslukerfum með ósamfelldum vexti eins og gerist hérlandis, hefur niðurstaðan verið að staðla fullorðinsþunga við holdastig nær miðjum skala t.d. 2,5 (Cannas & Boe, 2003) eða 3 (CSIRO, 1990).

Zygyiannis o.fl. (1997b) notuðu upplýsingar um holdastig, lífpunga og aldur á til að meta fullorðinsþunga. Í rannsókninni voru þrjú grísk mjólkurfjarkyn; stórt, miðlungs og smávaxið. Gögnum var safnað á nokkrum búum á tveggja vikna tímabili að loknu mjaltaskeiði. Heildarfjöldi á af hverju fjarkyni var á bilinu 225 til 301. Fyrir hvern aldurshóp og fjarkyn var reiknað aðhvarf lífpunga á holdastig. Marktæk áhrif voru af aldri á lífpunga við holdastig 3 alveg upp í ær á fjórða ári, en milli þeirra og eldri aldurshópa var ekki marktækur munur hvað þetta varðar. Því voru öll gögn fyrir ærnar frá fjórða aldursári og eldri notuð til að reikna aðhvarf lífpunga á holdastig fyrir „fullþroskaðar“ ær af hverju fjarkynjanna þriggja. Línulegt aðhvarf reyndist lýsa þessu samhengi best í öllum tilvikum, log-línulegt eða annarrar gráðu bætti engu við, sem var í samræmi við eldri rannsóknir (Russel o.fl., 1969; Guerra o.fl., 1972). Undantekning er þó rannsókn Teixeira o.fl. (1989) með 52 ær, nokkuð jafnt dreifðar yfir holdastigaskalann á bilinu frá 1,25 til 4,50. Þar reyndist þurfa meiri lífpunga á hvert holdastig á efri enda skalans. Rannsóknin sýndi líka að heildarfitumagn jókst meira við hvert holdastig á hærri enda skalans, og síðar komust Morel o.fl. (2016) að svipaðri niðurstöðu. Hins vegar, þegar holdastigunarskalinn var upprunalega þróaður fyrir sauðfé voru birtar niðurstöður fyrir 276 ær á holdastigabilinu 1,00-3,50 sem sýndu línulegt samhengi heildarfitumagns við annars vegar holdastig og hins vegar lífpunga (Russel o.fl., 1969). Byggt á tiltækum rannsóknum virðist óhætt að gera ráð fyrir að samhengi lífpunga og holdastiga sé línulegt á þeim hluta holdastigaskalans sem mestur hluti gagna lendir á fyrir fullorðnar ær í framleiðslukerfum á borð við það íslenska. Hins vegar, þó að aðilar sem eru vel þjálfaðir í holdastigun, sýni að jafnaði gott samræmi við endurtekið mat (Kenyon o.fl., 2014), má aldrei gleyma því að holdastigun byggir á huglægu mati.

Friggens o.fl. (1997) greindu fullorðinsþunga hjá fjarkynjunum Scottish Blackface, Welsh Mountain og Shetland, með tilraun sem var sett upp þannig að næring væri ekki takmarkandi á vöxt. Notað var kögglað gæðafóður frá því lömb voru vanin undan og fram að slátrun. Slátrað var við fimm þroskastig frá því lömbin (hrútar og gimbrar) voru tekin undan mæðrum sínum við 8 vikna aldur og fram undir fullan þroska, eins og hann hafði verið áætlaður gróflega fyrir fram. Vöxtur var mældur frá 8 til 48 vikna aldurs, og Gomphertz vaxtarlíkingar notaðar til að finna fullorðinsþunga út frá þessum gögnum, þó vöxturinn hafi ekki verið mældur nægilega lengi til að nálgast hann. Þessar aðferðir henta trúlega betur til að greina þroskaferil sláturlamba heldur en fullorðinsþunga fjár sem alið er í hefðbundnari framleiðslukerfum. Fyrir Scottish Blackface fjarkynið er metinn fullorðinsþungi úr öðrum rannsóknum aðeins að meðaltali 81% af því sem hann er í þessari. Hinar rannsóknirnar voru gerðar við praktískar aðstæður þar sem næring var ekki ótakmörkuð og féð náði ekki fullum þroska fyrr en um 4 ára aldur. Rannsókn Friggens o.fl. (1997) bar ágætlega saman við eldri rannsóknir um að fullorðinsþungi hrúta er u.þ.b. 1,3 x fullorðinsþungi áa.

Markmið rannsóknar McHugh o.fl. (2019) var að finna út meðal lífpungaaukningu fyrir hvert holdastig á skalanum 1 til 5 og ákvarða áhrif mjaltaskeiðs (aldurs), tíma innan framleiðsluárs og fjarkyns á þetta samhengi. Fjarkynin sem voru með í þessari rannsókn voru Belclare, Charollais, Suffolk, Texel, Venden og svo blendingar af ýmsu tagi sem meðhöndlaðir voru sem einn hópur í uppgjöri. Gögnin komu frá tveimur rannsóknastöðvum og 16 öðrum búum sem tóku þátt í sameiginlegu kynbótaprógrammi hjá Sheep Ireland. Þungi ána á meðgöngu var

áður en kom til tölfraðigreininga leiðréttur fyrir áhrifum fóstura og fylgju samkvæmt formúlum Wheeler o.fl. (1971) sem byggja á gögnum um Merino-fé. Gögnin sem endanlega voru notuð innihéldu 19033 skráningar á þunga og holdastigum frá samtals 7556 ám. Við tölfraðigreiningu var notað blandað líkan þar sem lífpungi er línulegt fall af holdastigum auk slembiáhrifa mjaltaskeiðs. Fylgni milli holdastiga og lífpunga í öllum gögnunum var 0,48, sem segir að 23% af breytileika í lífpunga skýrist af breytileika í holdastigum. Þegar öll föst hrif höfðu verið tekin inn í líkanið var fylgnin enn svipuð eða 0,47. Fyrri rannsóknir höfðu margar hverjar sýnt mun hærri fylgni. Aðhvarfsstuðull blandaðs líkans fyrir allt gagnasafnið sýndi að eitt holdastig jafngildi 4,82 kg lífpunga. Aðhvarfsstuðullinn er í lægri kantinum miðað við aðrar niðurstöður, en hann hækkaði í 7,25 ef aðeins var notað línulegt líkan.

Áhrif mjaltaskeiðs á sambandið milli holdastiga og lífpunga voru marktæk í rannsókn McHugh o.fl. (2019) og telja höfundar þetta ekkert hafa verið rannsakað áður, en geta þess þó að Sezenler o.fl. (2011) hafi fundið marktæk áhrif af aldri á ána; Zygoyiannis o.fl. (1997b) gerðu það raunar líka. Þetta leiðir hugann að því að það getur verið álitamál hvort flokka eigi gögn í svona greiningum út frá aldri, mjaltaskeiði eða hvorutveggja. Mögulega eiga til dæmis íslenskar ær sem ekki ganga með lambi veturgamlar að meðhöndlast sem sérstakur hópur á móti þeim sem ganga með lambi veturgamlar. Í rannsókn McHugh o.fl. (2019) er ekki getið um aldur ána, en út frá vigtartölum má gera ráð fyrir að þær hafi ekki átt lamb veturgamlar. Bæði þungi og holdastig fóru hækkanði fram til þriðja eða fjórða mjaltaskeiðs, en fóru eftir það lækkanði. Aðhvarfsstuðullinn hækkaði með hverju mjaltaskeiði, þannig að fleiri kg (4,23-5,82) fylgdu hverju holdastigi. Innan framleiðsluárs var líka marktækur breytileiki í þessum stuðli, frá 4,07 við fang upp í 6,87 eftir fráfærur. Milli fjárkynja var munurinn á þann veg að aðhvarfsstuðullinn var 5,15 og 6,36 í hinum smávaxnari Texel og Belclare, upp í 6,94 og 8,67 í hinum stórvaxnari Suffolk og Charollais.

Semakula o.fl. (2020) benda á að það að nota skýringarhlutfall (R^2) eitt og sér til að meta hversu vel tölfraðilíkon falla að gögnum sé ekki nægilega öflug leið til að meta gæði líkananna, vegna þess að með því séu ekki metin frávik spágilda frá mældum gildum. Einnig er bent á að ýmsar fyrri rannsóknir hafi verið með gögn um holdastig á full þröngu bili til að spágildi byggð á þeim gætu virkað á víðara bili. Rétt eins og McHugh o.fl. (2019) benda Semakula o.fl. (2020) á að leiðréttingarstuðlar fyrir áhrifum holda á lífpunga hjá sauðfé byggji á full veikum grunni, komi ýmist úr rannsóknum með of fáum gripum eða einungis á mælingu á einum tímapunkti. Betra væri að rannsaka samhengi holdastiga og lífpunga með því að nota endurteknar mælingar á sömu einstaklingum yfir lengri tíma. Rannsókn Semakula o.fl. (2020) var því lögð upp með það markmið að 1) ákvarða eðli sambandsins milli lífpunga og holdastiga bæði út frá skýringarhlutfalli og spáskekkju; 2) ákvarða meðal lífpungabreytingu á holdastig, á skalanum 1 til 5 með 0.5 stiga bili; og 3) að finna út hvort þetta samhengi væri háð stöðu innan framleiðsluársins, fjölda fóstura sem ærin gengur með og tíma (aldri ána). Gögnin komu frá tveimur stórum nýsjálenskum búum með Romney ám. Aldurshópar ána voru skilgreindir sem 8-18; 19-30; 31-42; 43-54; 55-66; og ≥ 67 mánaða. Í yngsta aldursflokki voru ærnar tæplega 12 þúsund en svo smá fækkaði þeim, niður í tæplega 1500 í elsta aldursflokki. Þetta miðast við þann tímapunkt innan ársins þegar fjöldi mælinga var mestur, sem var fyrir fengitið. Heldur stærri hluti ána var tvílembdur en einlembdur, nokkur hluti geldur. Notað var blandað líkan með slembiáhrifum “búsára” og einstakra gripa, en ýmsar útfærslur prófaðar. Aldursflokkur, tími innan framleiðsluárs og fjöldi fóstura höfðu marktæk áhrif á lífpunga og einnig á fylgnina milli lífpunga og holdastiga. Sú fylgni var veik rétt fyrir burð, aðeins 0,02 en sterkust við fósturtalningu 0,69. Báðir hlutar aðhvarfsformúlunnar, fastinn og hallastuðullinn voru

marktækt háðir flokkunarbreytunum þremur. Hallastuðullinn var að hækka fram á eða yfir miðjan aldur áнна, aðeins mismunandi eftir því um hvaða tímabil var að ræða. Lífbunginn hækkaði með aldri áнна; lítið þó eftir 43-54 mánaða aldur. Holdastig lækkuðu með aldri, náðu þó jafnvægi eftir 55 mánaða aldur, ekki var marktækur munur milli tveggja elstu aldurshópanna. Lífbungi á hvert holdastig hækkaði með aldri alveg upp í elsta aldurshóp, en það verður þó að hafa í huga að færri gripir eru á bak við meðaltöl eftir því sem aldurinn hækkar í þessu gagnasafni.

Fullorðinsþungi hefur ekki bara áhrif á viðhaldsþarfir, heldur er þetta eiginleiki sem hefur erfðafylgni við fóðurát, metanlosun, fóðurnýtingu, vefjahlutföll og kjötgæði (Rose o.fl., 2023). Vegna þess að jákvætt samhengi er milli lífbunga og holdastiga, er viss hætt á því að kynbætur í því skyni að draga úr lífbunga muni hampa gripum með lítil hold. Slíkt getur haft slæmar afleiðingar bæði fyrir heilsufar og afurðir gripa. Mikilvægt er því að leiðrétta þunga fyrir áhrifum holda þegar verið er að nota fullorðinsþunga sem eiginleika til að velja eftir í kynbótastarfi. Hagkvæmur fullorðinsþungi veltur á ýmsum þáttum eins og eðli framleiðslukerfisins og verði mismunandi aðfanga og afurða.

Eins og rakið var hér að framan hafa nýlegar rannsóknir (McHugh o.fl., 2019; Semakula o.fl., 2020) á samhengi lífbunga og holdastiga hjá sauðfé sýnt skýrt fram á mikilvægi þess að nota gagnasöfn sem eru ekki einungis með mörgum einstaklingum, heldur ekki síður með endurteknum mælingum á sömu gripum á mismunandi aldri og tímapunktum í hinu árlega framleiðsluferli. Áhrif meðgöngu á lífbunga eru of mikil til að láta sem þau skipti ekki máli. Hins vegar má nota gögn um lífbunga og holdastig á meðgöngu í svona rannsóknum ef lífbunginn er leiðréttur fyrir þunga fóstra og fylgju (McHugh o.fl., 2019; Semakula o.fl., 2021).

Meginmarkmið rannsóknarinnar sem skýrt er frá hér á eftir var að skilgreina staðalþunga við holdastig 3 fyrir íslenskar ær í hefðbundnu íslensku framleiðslukerfi. Í fyrsta lagi fyrir fjárkynið almennt, til að geta skilgreint fóðurþarfir á réttari hátt en áður. Í öðru lagi fyrir einstaka gripi innan hjarðar, til að nota í áframhaldandi rannsóknum. Auk þessa var lagt upp með að skilgreina þroskastig hvers árgangs við tiltekinn aldur. Aðferðir við greiningarnar þróuðust svo þannig að bæði staðalþungi og þroskastig við tiltekinn aldur voru skilgreind fyrir hvern einstakling í gagnasafninu, sem gefur enn meiri möguleika á áframhaldandi rannsóknum.

2 Efni og aðferðir

2.1 Gagnaskrárnar

Gögn frá tilraunabúi LbhÍ á Hesti í Borgarfirði voru notuð í verkefninu. Þar er haustrúningur við upphaf innifóðrunar í nóvember og snoðrúningur fyrri hluta mars. Sæðingar og tilhleyplingar eru í desember og sauðburður að mestu í maí. Fósturtalning var að jafnaði framkvæmd seinni hluta febrúar. Fóðrun er fyrst og fremst rúlluhey eftir átlyst og reynt að fóðra með þeim heygæðum sem best passa við fóðurþarfir á hverjum tíma. Til viðbótar er svo stöðugur aðgangur að steinefnum og kjarnfóðurgjöf sem nam 100-300g á hverja á síðustu 3-6 vikur meðgöngunnar. Beitt er á ræktað land og önnur heimalönd út júní og aftur að loknum smalamenskum um miðjan september, en yfir hásumarið er féð á afrétti og öðrum úthaga.

Microsoft Excel var notað til að vinna gagnaskrár og búa undir tölfræðiúrvinnslu. Byggt var á ærskrá með sömu upplýsingum og lýst var í riti LbhÍ nr. 110; hér kölluð **ærskrá A**, nema hvað nú var skráin aukin þannig að hún inniheldur upplýsingar framleiðsluáranna 2001-2022. Í henni eru allar upplýsingar um ána fyrir hvert framleiðsluár í einni línu, þar á meðal:

- Einkvæmt númer ærinnar og fæðingarár hennar.
- Framleiðsluár og aldur ærinnar á viðkomandi framleiðsluári.
- Fjöldi fæddra lamba hjá hverri á, og fjöldi lamba sem ærin skilar að hausti (kallað „gengin lömb“ hér eftir)
- Þungi og holdastig á u.þ.b. fimm vikna fresti frá október til aprílloka. Holdastigun var framkvæmd samkvæmt skala Russel o.fl. (1969) á bilinu 0-5 með 0,25 stiga nákvæmni.

Tímamarktarinn á hinum árlega framleiðsluferli þar sem vigtun og holdastigun átti sér stað voru nánar til tekið: Hausti (18. október), fyrir fang (1. desember), eftir fang (4. janúar), snemm-meðganga (10. febrúar), eftir snoðrúning (15. mars) og síð-meðganga (20. apríl). Heiti þessara tímamarkta eru til auðkennis fremur en að skilgreina þá mjög nákvæmlega. Í töflunum hér á eftir verður þó vísað til mánaðanna. Dagsetningarnar höfðu breytileika sem nam 1-2 dögum í hvora átt milli ára.

Önnur grunnútfærsla af ærskránni (**ærskrá B**) var gerð þar sem er ein lína fyrir hverja þunga- og holdafærslu, þ.e. ekki allar hafðar í sömu línu fyrir hvert framleiðsluár. Að öðru leyti eru í henni sambærilegar upplýsingar og í ærskrá A.

Þriðja grunnútfærslan af gagnaskránni (**ærskrá C**) var sambærileg við ærskrá B nema hvað hún náði eingöngu yfir ær sem voru með samfelld gögn frá 1 til 6 vetra.

Fjórdða grunnútfærsla ærskrárinnar (**ærskrá D**) var sambærileg við ærskrá B nema hvað hún innihélt fósturleiðréttan lífpunga, sjá skýringar hér á eftir.

2.2 Tölfræðileg úrvinnsla

Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd í SAS Enterprise Guide 7.11 (©2015, SAS Institute, Cary, NC, USA). Helstu greiningarrútnur sem voru notaðar eru:

- a) PROC GLM var notað fyrir einfaldar fervikagreiningar og útreikninga á minnstu kvaðrata meðaltölum.
- b) Línulegt aðhvarf var notað til að reikna samhengið $FLP = a + b \times HS$; þar sem FLP er fangleiðréttur lífpungi og HS er holdastig, a er fasti (skurðpunktur við Y-ás) og b hallastuðull í aðhvarfsgreiningunni.
- c) Blandað líkan (PROC MIXED) þar sem við línulega aðhvarfið bætast slembiáhrif einstakra gripa.

Nánari lýsing á gögnum og greiningaraðferðum bætist svo við í rökréttri framvindu í kaflanum um úrvinnslu og niðurstöður hér á eftir.

Bókstafamerkingum með hástæðu lettri (superscript) á talnagildum í töflum er samkvæmtheðbundinni aðferð ætlað að gera grein fyrir hvaða meðaltöl eru marktækt frábrugðin hvert öðru. Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$). Meðaltal^a er minna en Meðaltal^b sem er aftur minna en

Meðaltal^c. Meðaltal^{ab} liggur á milli Meðaltals^a og Meðaltals^b en er hvorki marktækt frábrugðið Meðaltali^a né Meðaltali^b.

2.3 Fangleiðréttur lífpungi

Til þess að geta fundið fangleiðréttan lífpunga (fLÞ) þurfti að draga áætlaðan þunga fangs frá mældum lífpunga (LÞ). Þungi fangsins á hverjum tíma fyrir hverja á var reiknaður með formúlum sem Robinson o.fl. (1977) fundu út frá greiningum á gögnum fyrir ær sem voru blendingar af Finnish Landrace og Dorset Horn. Þessi kyn eru mun líkari íslenska fjárkyninu m.t.t. lengdar meðgöngu, frjósemi og fullorðinsþunga (Robinson o.fl., 1977; Anderson o.fl., 1981; Dýrmundsson & Ólafsson, 1989) heldur en önnur kyn í sambærilegum rannsóknum, til dæmis Merino kynið (Wheeler o.fl., 1971) sem er smærri, hefur minni frjósemi og lengri meðgöngutíma. Í gagnasafninu voru allar upplýsingar sem nauðsynlegar voru til að setja inn í formúlur Robinson o.fl. (1977); fang- eða burðardagur, fjöldi fóstara og lífpungi ærinnar nálægt fangdegi, desembervigtun í þessu tilfelli.

2.4 Grunnærskrár – umfang og bein meðaltöl

Í 2. töflu er yfirlit um umfang gagnasafnsins í heild, en auk þess sem þarna kemur fram má geta þess að til eru vigtanir í september á lambgimbrum og einhverju af ám einnig á vissu árabili, gögn sem verða ekki notuð í þessu verkefni. Í október og desember hefur ekki tíðkast að holdastiga lambgimbrar, það skýrir að minna er af holdastiga- en lífpungagögnum í þeim mánuðum. Einnig vantar holdastigagögn fyrir lambgimbrar í janúar árin 2002, 2011 og 2012. Að öðru leyti eru nánast fullar upplýsingar um þunga og holdastig allra heimtra og lifandi áa fyrir mánuðina frá október og fram í apríl þessi 22 ár sem gagnasafnið nær til. Það er því úr töluverðu að moða til úrvinnslu. Hér verður gerð nokkru nánari grein fyrir heildargögnunum áður en kemur til frekari úrvinnslu á völdum hlutum þeirra.

2. tafla. Fjöldi færslna í gagnasafni alls (grunnærskrár A, B og D) 2001-2022 fyrir lífpunga og holdastig á mismunandi tímapunktum frá hausti fram á vor eftir aldri áa.

Aldur áa	Lífpungi, fjöldi áa						Holdastig, fjöldi áa					
	okt	des	jan	feb	mars	apríl	okt	des	jan	feb	mars	apríl
1	3067	3361	3347	3344	3277	3293	0	294	2861	3344	3276	3293
2	2926	2696	2996	2992	2885	2855	2919	2697	2996	2992	2884	2855
3	2470	2296	2506	2503	2473	2318	2367	2295	2506	2503	2475	2318
4	2032	1888	2053	2055	2022	1914	1935	1888	2053	2055	2022	1914
5	1581	1485	1599	1599	1580	1500	1520	1485	1598	1599	1580	1501
6	1093	1039	1107	1107	1096	1020	1041	1039	1107	1108	1097	1020
7	577	545	585	584	575	539	550	543	585	584	575	540
8	185	181	190	188	188	178	181	181	190	188	188	178
9	33	30	34	35	34	33	32	30	34	35	34	33
10	7	7	7	7	5	6	7	7	7	7	5	6
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
Samtals	13973	13529	14426	14416	14137	13658	10554	10460	13939	14417	14137	13659

Í 3. töflu eru bein meðaltöl fyrir lífbunga og holdastig hvers aldurshóps á mismunandi tímamarkum frá hausti fram á vor, byggt á þeim fjölda mælinga sem sjá má í 2. töflu hér á undan. Nokkur atriði má benda á út frá þessum tveimur töflum sem eru grunnur að ákvörðun um frekari tölfræðilega úrvinnslu gagnanna í þessu verkefni:

1. Þessi beinu meðaltöl sýna að lífbungi ánnar á hverjum tímamarki innan framleiðsluársins hækkar um fimmtán til tuttugu kg frá ári 1 til 2; um tvö til fimm kg milli ára 2 og 3; um tvö til fjögur kg milli ára 3 og 4; um eitt til eitt og hálft kg milli ára 4 og 5, og um hálft kg milli ára 5 og 6, eftir það fer meðalþunginn frekar niður en upp á við.
2. Holdastig áa eru hæst á fyrsta vetri, lækka um 0,3–0,5 stig milli árs 1 og 2; og svipuð lækkun verður milli ára 2 og 3. Eftir það er lækkun holdastiga með hverju ári mun hægari, en þó heldur hún áfram eftir að hámarks lífbunga er náð við 5-6 vetra aldur.
3. Milli 6 og 7 vetra aldurs fækkar ánum bak við hvert meðaltal um helming, og eftir það fækkar áfram hratt.

3. tafla. Bein meðaltöl fyrir lífbunga og holdastig á mismunandi tímamarkum frá hausti fram á vor eftir aldri áa, fjöldi mælinga á bak við hvert meðaltal er í 2. töflu.

Aldur áa	Lífbungi, kg						Holdastig					
	okt	des	jan	feb	mars	apríl	okt	des	jan	feb	mars	apríl
1	41,7	44,3	46,0	49,2	53,4	59,1	.	4,21	4,16	4,26	4,29	4,02
2	61,6	64,1	64,1	66,2	69,1	73,6	3,72	3,81	3,82	3,82	3,83	3,64
3	63,2	67,2	68,6	70,7	73,8	78,5	3,15	3,36	3,50	3,54	3,64	3,47
4	65,8	70,8	72,1	74,3	77,6	82,1	3,05	3,30	3,44	3,49	3,62	3,45
5	66,9	71,8	73,5	75,7	78,9	83,3	2,96	3,21	3,33	3,39	3,50	3,36
6	67,3	72,2	74,0	76,2	79,5	83,9	2,85	3,05	3,20	3,26	3,39	3,23
7	66,8	72,0	73,3	75,6	78,7	82,8	2,75	2,92	3,03	3,09	3,22	3,06
8	66,8	71,6	72,5	74,7	78,1	81,6	2,76	2,84	2,98	3,03	3,12	2,95
9	66,3	69,4	71,2	74,0	77,1	81,6	2,76	2,70	2,83	2,94	3,07	2,89
10	64,1	66,6	66,5	71,0	72,6	79,4	2,57	2,75	2,68	2,86	3,00	2,67

3 Úrvinnsla og niðurstöður

Þar sem tilgangur þessa verkefnis er ekki síst að nota gagnasafn Hestbúsins til að skilgreina staðalþunga íslenskra áa eins vel og kostur er, skiptir máli að velja gögnin sem notuð eru til frekari úrvinnslu mjög vel, og sömuleiðis aðferðirnar. Þetta var gert í skrefum og í eftirfarandi kafla eru því ekki eingöngu niðurstöður heldur líka nánari lýsing á gögnum og aðferðum fyrir hvert skref, þar með talið nokkur umræða um hvernig aðferðafræðin byggðist upp og hvers vegna. Ýmsu er bætt við til umhugsunar fyrir sambærilegar eða tengdar rannsóknir í framtíðinni. Millifyrirsagnir eiga að vera lýsandi fyrir hvert skref.

3.1 Við hvaða aldur eru ærnar fullþroskaðar?

Ljóst er að mat á staðalþunga þarf að miðast við ær sem hafa náð fullum þunga en eru ekki farnar að sýna mikil ellimerki. Ráða má af fyrri rannsóknum sem gerð hefur verið grein fyrir hér á undan að það sé ótvíræður kostur að geta rannsakað samhengi holdastiga og lífbunga með því að nota endurteknar mælingar á sömu einstaklingum yfir lengri tíma.

Þar sem ánum fækkar verulega eftir 6 vetra aldur, en þær eru að auka við þunga sinn alveg fram til 5-6 vetra aldurs, er nauðsynlegt að fá það á hreint hvenær þungi ána hættir að aukast milli ára. Fyrst var því gerð greining á þeim ám í gagnasafninu sem ná 7 vetra aldri og eru með samfelld gögn fyrir ár 3-7, en þegar var vitað að 1-2 vetra eru ærnar enn fjarri fullum þroska svo ekki var nauðsynlegt að hafa þau aldursár með í þessari greiningu. Gagnasafn með samfelldum gögnum fyrir 3-7 vetra ær innihélt alls 489 ær. Í 4. töflu eru minnstu kvaðrata meðaltöl fyrir þunga þessara áa eftir aldursárum og tímapunktum innan framleiðsluársins. Á þeim má sjá að þungi ána á hverjum tímapunkti innan framleiðsluársins hækkar með vaxandi aldri upp í ár 5 en ekki marktækt milli ára 5 og 6 og fer svo heldur niður á við milli ára 6 og 7, einkum ef horft er á seinni hluta vetrar.

4.tafla. Minnstu kvaðrata meðaltöl fyrir þunga þeirra áa í gagnasafninu sem ná 7 vetra aldri, eftir aldursárum (3-7) og tímapunktum innan framleiðsluársins

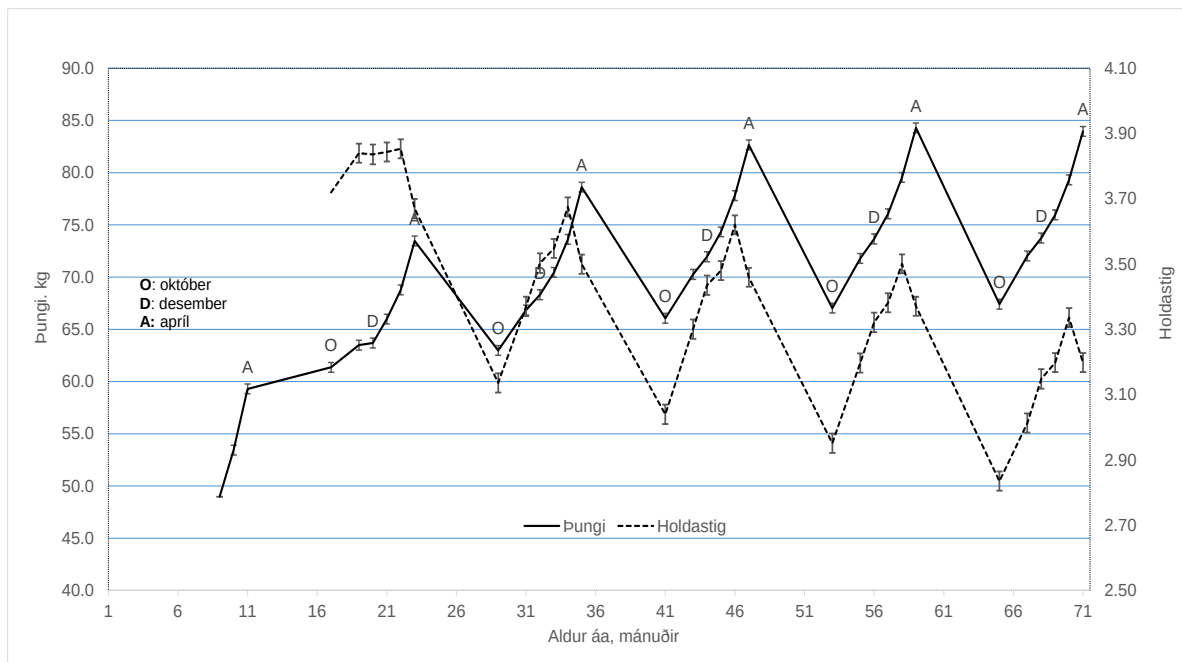
Aldur	okt	des	jan	feb	mars	apríl
3	62,9 ^a	66,7 ^a	68,3 ^a	70,4 ^a	73,3 ^a	78,2 ^a
4	65,7 ^b	70,4 ^b	71,9 ^b	74,2 ^b	77,6 ^b	82,6 ^b
5	67,4 ^c	72,1 ^c	73,9 ^c	76,2 ^c	79,7 ^c	84,6 ^c
6	67,8 ^c	72,7 ^c	74,6 ^c	77,1 ^c	80,9 ^c	85,7 ^c
7	66,9 ^c	71,8 ^c	73,0 ^{bc}	75,2 ^{bc}	78,4 ^b	82,6 ^b

^{a,b,c,...}) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$)

Mat á staðalþunga þarf að miðast við þann aldur ána þegar þær eru fullþroska, og þá er rökréttast að horfa á það hvenær þær hætta að þyngjast milli ára. Því yngri sem ærnar eru, því samfelldari gögn styðja við matið. Niðurstöðurnar í 4. töflu benda sterkt til þess að ærnar séu fullþroska á ári 5. Til þess að sannprófa það var gerð greining á gagnasafni áa með samfelld gögn til 6 ára aldurs (889 ær), samkvæmt eftirfarandi tölfræðilíkani:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

Þar sem Y_{ij} er háða breytan (lífþungi, holdastig eða hlutfallið lífþungi/holdastig), μ er heildarmeðaltal háðu breytunnar, α_i eru slembihrif grips, β_i eru föst hrif aldurs ærinnar í mánuðum og ε_{ij} er tilraunaskekkjan. Það að hafa slembihrif grips með í líkaninu kemur í veg fyrir ójafnvægi vegna mæligilda sem vantar fyrir einstaka gripi. Þetta hefur þó lítil áhrif á niðurstöður hér þar sem gögn eru mjög samfelld. En niðurstöður úr þessari greiningu eru birtar á 4. mynd.



4.mynd. Minnstu kvaðrata meðaltöl ásamt öryggismörkum (95%) fyrir lífpunga og holdastig hjá 889 ám sem eru með samfelld gögn til 71 mánaða aldurs, þ.e. út 6. vetur þeirra.

Lítum fyrst á þungann: ef t.d. er horft á apríl (A) er engin marktæk breyting á þunga milli síðustu tveggja toppanna, þ.e. ára 5 og 6. Sama gildir ef horft er á október (O) eða desember (D), það er engin marktæk breyting á þunga milli ára 5 og 6 en hins vegar alltaf marktæk breyting milli ára fram að ári 5. Því má draga þá ályktun að ærnar séu að jafnaði að bæta við sig þunga fram á ár 5 en ekki eftir það. Staðfestir þetta það sem álykta má af 4. töflu hér að framan, en með stærra gagnasafni. Ef horft er hins vegar á þróun holdastiga á 4. mynd, má sjá að þau lækka, fyrir hvern punkt á framleiðsluárinu, með hverju ári. Þetta gerir það að verkum að fjöldi kg á bak við hvert holdastig hækkar. Ef við tökum sem dæmi janúar hvert æviár, er hlutfallið eins og 5. tafla sýnir:

5.tafla. Lífpungi (kg) á hvert holdastig í janúar eftir aldri áa með samfelld gögn til 6 vetra aldurs (889 ær).

Æviár	1	2	3	4	5	6
Kg per holdastig í jan	10,9 ^a	16,7 ^b	19,7 ^c	21,2 ^d	22,4 ^e	23,9 ^f

^{a,b,c,...}) Þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf eru marktækt frábrugðin tölfraðilega ($P < 0,05$)

Að hlutfallið haldi áfram að hækka með vaxandi lífaldri, líka eftir að ærnar eru hættar að bæta við sig lífpunga, staðfestir að ærnar verða holdskarpari með árunum, það finnst betur fyrir beinunum og mögulega er vaxandi hlutfall fitunnar innvortis en minni yfirborðsfita. Val á aldursári til mats á staðalþunga (lífpungi við holdastig 3) getur því ekki miðast við að umrætt hlutfall þunga og holdastiga sé hætt að hækka, heldur verður að miða við það ár þegar lífpungi er hættur að hækka. Sem er ár 5 í þessum greiningum.

Áður en sagt er skilið við gögn fyrir ær upp í 6 vetra aldur er rétt að líta aðeins nánar á greiningarnar á bak við það sem 4. mynd sýnir. Í 6. töflu má sjá að dreifniliður fyrir ær tekur til sín meira en helminginn af þeim breytileika sem hefði endað í tilraunaskekkju með línulegu líkani. Spáskekkja líkansins er lægst fyrir mælingar í desember og janúar. Að hausti getur breytileg vambarfylli eflaust skýrt háa skekkju í mælingum á lífpunga en þegar líður á vetur má gera ráð fyrir að áhrif fangsins auki skekkjuna. Minni spáskekkja í sambærilegri greiningu fyrir holdastig (7. tafla) rennir stoðum undir þessa tilgátu.

6. tafla. Áhrif aldurs á með samfelld gögn til 6 vetra aldurs (889 ær) á lífpunga eftir mánuðum innan framleiðsluárs. Minnstu kvaðrata meðaltöl, dreifnilið er skipt upp í blönduðu líkani milli einstaklingsáhrifa og tilraunaskekkju.

Aldur	október	desember	janúar	febrúar	mars	apríl
1	41,0 ^a	43,8 ^a	45,4 ^a	49,0 ^a	53,4 ^a	59,3 ^a
2	61,4 ^b	63,5 ^b	63,7 ^b	66,0 ^b	68,8 ^b	73,5 ^b
3	62,8 ^c	66,9 ^c	68,3 ^c	70,5 ^c	73,6 ^c	78,7 ^c
4	66,0 ^d	70,4 ^d	72,0 ^d	74,3 ^d	77,8 ^d	82,6 ^d
5	67,1 ^e	71,9 ^e	73,7 ^e	76,1 ^e	79,6 ^e	84,3 ^e
6	67,5 ^e	72,1 ^e	73,8 ^e	76,0 ^e	79,3 ^e	84,0 ^e
Dreifniliður – ær	16,9	22,7	25,2	28,3	31,7	33,9
Dreifniliður - skekkja	19,5	15,2	14,5	17,3	25,2	33,4
Spáskekkja (RMSE)	4,41	3,90	3,81	4,16	5,02	5,78
Staðalskekkja meðalt.	0,20	0,21	0,21	0,23	0,25	0,28

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$)

7. tafla. Áhrif aldurs á með samfelld gögn til 6 vetra aldurs (889 ær) á holdastig eftir mánuðum innan framleiðsluárs. Minnstu kvaðrata meðaltöl, dreifnilið er skipt upp í blönduðu líkani milli einstaklingsáhrifa og tilraunaskekkju.

Aldur	október	desember	janúar	febrúar	mars	apríl
1			4,18 ^a	4,28 ^a	4,30 ^a	4,07 ^a
2	3,72 ^a	3,85 ^a	3,84 ^b	3,84 ^b	3,85 ^b	3,67 ^b
3	3,13 ^b	3,37 ^b	3,50 ^c	3,55 ^c	3,67 ^c	3,50 ^c
4	3,03 ^c	3,31 ^c	3,44 ^d	3,48 ^d	3,62 ^d	3,45 ^d
5	2,95 ^d	3,20 ^d	3,32 ^e	3,38 ^e	3,50 ^e	3,37 ^e
6	2,84 ^e	3,02 ^e	3,15 ^f	3,20 ^f	3,34 ^f	3,20 ^f
Dreifniliður – ær	0,061	0,073	0,071	0,082	0,082	0,093
Dreifniliður - skekkja	0,144	0,104	0,105	0,106	0,113	0,131
Spáskekkja (RMSE)	0,38	0,32	0,32	0,32	0,34	0,36
Staðalskekkja meðalt.	0,016	0,015	0,014	0,015	0,015	0,016

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$)

8. tafla. Einfalt línulegt aðhvarf þunga á holdastig hjá ám með samfelld gögn til 6 vetra aldurs, einstaklingsáhrif ekki með í líkaninu.

	Október			Desember			Janúar			Febrúar		
	a	B	Adj R ²	a	b	Adj R ²	a	b	Adj R ²	a	b	Adj R ²
aldur	(SE)	(SE)	RMSE	(SE)	(SE)	RMSE	(SE)	(SE)	RMSE	(SE)	(SE)	RMSE
2	25,9 ^a (1,36)	9,53 ^C (0,363)	0,44 4,95	31,4 ^{ab} (1,58)	8,38 ^{BC} (0,407)	0,35 5,39	29,6 ^{ab} (1,50)	8,88 ^{BC} (0,389)	0,37 5,34	33,1 ^b (1,49)	8,55 ^{BC} (0,383)	0,36 5,45
3	43,3 ^{cd} (1,26)	6,25 ^{AB} (0,400)	0,23 5,22	43,7 ^{cd} (1,58)	6,82 ^{AB} (0,465)	0,21 5,61	42,6 ^{cd} (1,63)	7,34 ^{AB} (0,462)	0,22 5,61	39,9 ^c (1,63)	8,61 ^{BC} (0,455)	0,29 5,82
4	45,1 ^{cd} (1,461)	6,91 ^{AB} (0,475)	0,20 6,03	46,6 ^d (1,68)	7,22 ^{AB} (0,504)	0,20 5,76	45,8 ^{cd} (1,64)	7,62 ^B (0,475)	0,22 5,85	45,4 ^{cd} (1,64)	8,33 ^{BC} (0,468)	0,26 6,11
5	49,1 ^{de} (1,32)	6,10 ^{AB} (0,442)	0,18 5,66	49,2 ^{de} (1,83)	7,08 ^{AB} (0,567)	0,16 6,19	50,8 ^{de} (1,71)	6,87 ^{AB} (0,512)	0,17 6,28	48,0 ^d (1,70)	7,30 ^{BC} (0,500)	0,24 6,42
6	50,8 ^{de} (1,25)	5,87 ^{AB} (0,435)	0,17 5,80	54,5 ^e (1,57)	5,82 ^{AB} (0,517)	0,13 6,25	55,7 ^e (1,46)	5,74 ^A (0,458)	0,15 6,23	52,5 ^{de} (1,56)	7,34 ^{AB} (0,482)	0,21 6,43

a,b,c,...) og A,B,C,...) Innan töflunnar eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$); merkingarnar a,b,c,...) gilda fyrir fastann a og merkingarnar A,B,C,...) gilda fyrir hallastuðulinn b.

8. tafla sýnir línulegt aðhvarf þunga á holdastig fyrir mismunandi aldurshópa á fjórum tímapunktum innan framleiðsluársins, mars og apríl eru ekki með hér vegna þess að þá eru áhrif fósturþroska á þungann nokkuð augljóslega orðin það mikil að þetta samhengi verður merkingarlítið. Vegna fósturþroska er mögulega líka hæpið að hafa febrúar með í þessum samanburði. En samkvæmt þessum aðhvarfsgreiningum er a-stuðullinn (fastinn) lægri og b-stuðullinn (hallastuðullinn) hærri hjá tvævetlum heldur en hjá þrevelum. Og þó að stökkið verði svo minna milli árganga, er sú tilhneiging áfram að með hækkandi aldri stækkar fastinn a en hallastuðullinn b minnkar. Innan árs, þ.e. milli mánaða er heldur ekki fullur stöðugleiki í því hvert innbyrðis vægi fasta og hallastuðuls er.

3.2 Afmörkun gagnasafns

Út frá notkun holdastiga í fóðuráætlanagerð er ekki bara áhugavert að vita hve mörg kg fylgja hverju holdastigi, heldur fyrst og fremst hve mörg kg af fitu fylgja hverju holdastigi. Það eru nokkur atriði sem þarf að hafa í huga varðandi gögnin sem tengist þessu:

- Áhrif fósturþroskans eins og áður sagði, er hægt að leiðrétta lífþungann fyrir honum til að hafa sem mest gögn um hvern grip til að vinna með?
- Breytileg vambarfylli eftir því hvar gripurinn er staddur á framleiðsluárinu. Til að þessi breytileiki (afvega)leiði ekki greininguna í einhverja ákveðna átt er mikilvægt að hafa sem flesta mælipunkta innan framleiðsluársins.
- Þroskastig gripsins hefur líka áhrif, hjá ungum gripum sem eiga nokkuð í að ná fullum þroska en eru í vexti, er hlutfall vöðva á móti beinum að jafnaði hærri en hjá eldri gripum. Því má gera ráð fyrir að breytileiki í holdastigum hjá 1-2 vetra ám sé að mestu til kominn vegna breytileika í þessu hlutfalli heldur en hjá eldri ám.

Þegar hér er komið sögu í verkefninu er tímabært að ákveða hvaða útgáfa af gagnasafninu verði notuð til að skilgreina staðalþungann. Þrjú skilyrði eru mikilvæg:

- a) Samfelld gögn fyrir einstaka gripi yfir það aldursskeið sem unnið er með.
- b) Sem flestir gripir.
- c) Sem flestir mælipunktar innan hvers framleiðsluárs.

Til að ná þessu fram var tvennt gert:

- 1) Út frá a) og b) – ákveðið að nota gagnasafn með ám sem hafa samfelld gögn frá 2-5 vetra aldurs og að lágmarki 22 af 24 mögulegum mælingum.
- 2) Út frá c) – að leiðrétta þungagögn fyrir áhrifum fangs.

Nánar verður gerð grein fyrir hvoru af þessum atriðum hér á eftir.

3.3 Gagnasafn fyrir 2-5 vetra ær – lýsing á gögnum

Gagnasafnið nær til alls 1266 áa sem eru fæddar á árabílinu 1999 til 2017 og höfðu að minnsta kosti 22 af 24 mögulegum mælingum á lífpunga og holdastigum frá öðrum til fimmta veturs. Í

9.tafla. Fjöldi mælinga á lífpunga í febrúar eftir framleiðsluárum og aldri áa í gagnasafni áa sem höfðu samfelld gögn (lágmark 22 af 24 mögulegum mælingum) frá 2-5 ára.

Ár	2	3	4	5	Heild
2001	31				31
2002	74	31			105
2003	67	74	31		172
2004	73	67	74	31	245
2005	68	73	67	74	282
2006	58	68	73	67	266
2007	59	58	68	73	258
2008	68	59	58	68	253
2009	61	68	59	58	246
2010	74	61	68	59	262
2011	72	74	61	68	275
2012	89	72	74	61	296
2013	70	89	72	74	305
2014	73	70	89	72	304
2015	76	73	70	89	308
2016	76	76	73	70	295
2017	74	76	76	73	299
2018	53	74	76	76	279
2019	50	53	74	76	253
2020		50	53	74	177
2021			50	53	103
2022				50	50
Heild	1266	1266	1266	1266	

9. töflu er sýndur fjöldi mælinga eftir framleiðsluárum og aldursárum áanna. Fæstar, eða 31 ær í gagnasafninu eru úr árgangi fæddum 1999, en flestar eða 89 ær eru úr árgangi fæddum árið 2010. Í 10. töflu má sjá áhrif aldurs áa á lífpunga í hverjum mánuði innan framleiðsluársins, og 11. tafla sýnir það sama varðandi holdastigin.

Í 10. töflu og 11. töflu m.a. sjá eftirfarandi:

- Marktæka hækkun þunga og lækkun holdastiga með vaxandi aldri, fyrir hvern tímupunkt innan framleiðsluársins
- Slembihrif áa draga til sín verulegan hluta af skekkjunni. Spáskekkjan fyrir lífpunga er mest fyrir október og mars-apríl. Í október eru ærnar á beit en annars á innifóðrun. Þegar líður á veturinn fer þungi fósturs og fylgju að valda vaxandi skekkju auk þess að samhengi þunga og holdastiga skekkist mjög. Holdastig eru þarna almennt að lækka á meðan þungi hækkar verulega, vegna fósturvaxtarins.

10. tafla. Áhrif aldurs áa með samfelld gögn 2-5 vetra (1266 ær) á lífpunga eftir mánuðum innan framleiðsluárs. Minnstu kvaðrata meðaltöl, dreifnilið er skipt upp í blönduðu líkani milli einstaklingsáhrifa og tilraunaskekkju.

Aldur	október	desember	janúar	febrúar	mars	apríl
2	61,4 ^a	63,6 ^a	63,8 ^a	66,0 ^a	69,0 ^a	73,6 ^a
3	62,8 ^b	66,7 ^b	68,3 ^b	70,4 ^b	73,6 ^b	78,8 ^b
4	65,5 ^c	70,4 ^c	72,0 ^c	74,4 ^c	77,8 ^c	82,7 ^c
5	66,9 ^d	71,8 ^d	73,3 ^d	75,7 ^d	79,0 ^d	83,6 ^d
Dreifniliður –ær	23,7	32,7	34,0	37,6	44,4	46,2
Dreifniliður –skekkja	17,1	11,8	11,5	13,3	18,0	26,6
Spáskekkja (RMSE)	4,14	3,44	3,39	3,65	4,24	5,16
Staðalskekkja meðalt.	0,18	0,19	0,19	0,20	0,22	0,24

^{a,b,c,...}) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

11. tafla. Áhrif aldurs á með samfelld gögn 2-5 vetra (1266 ær) á holdastig eftir mánuðum innan framleiðsluárs. Minnstu kvaðrata meðaltöl, dreifnilið er skipt upp í blönduðu líkani milli einstaklingsáhrifa og tilraunaskekkju.

Aldur	október	desember	janúar	febrúar	mars	apríl
2	3,73 ^d	3,85 ^d	3,84 ^d	3,85 ^d	3,86 ^d	3,68 ^c
3	3,13 ^c	3,35 ^c	3,50 ^c	3,53 ^c	3,65 ^c	3,49 ^b
4	3,02 ^b	3,28 ^b	3,42 ^b	3,48 ^b	3,62 ^b	3,47 ^b
5	2,93 ^a	3,17 ^a	3,28 ^a	3,35 ^a	3,47 ^a	3,33 ^a
Dreifniliður –ær	0,069	0,086	0,094	0,113	0,114	0,118
Dreifniliður –skekkja	0,141	0,101	0,097	0,095	0,099	0,113
Spáskekkja (RMSE)	0,38	0,32	0,31	0,31	0,31	0,34
Staðalskekkja meðalt.	0,013	0,013	0,012	0,013	0,013	0,014

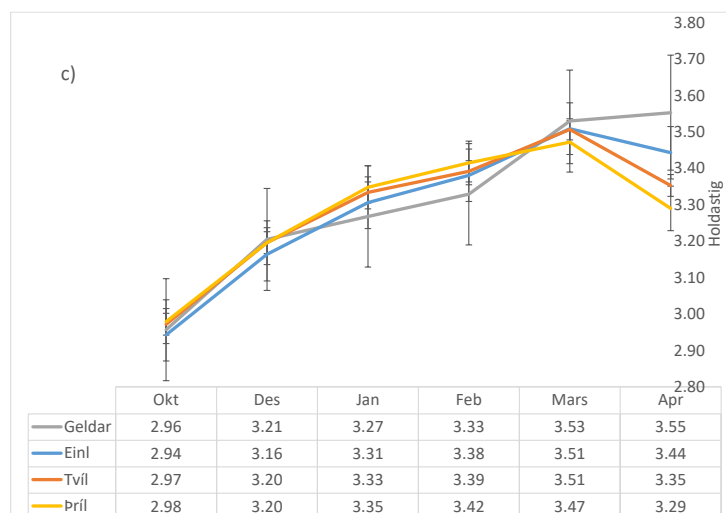
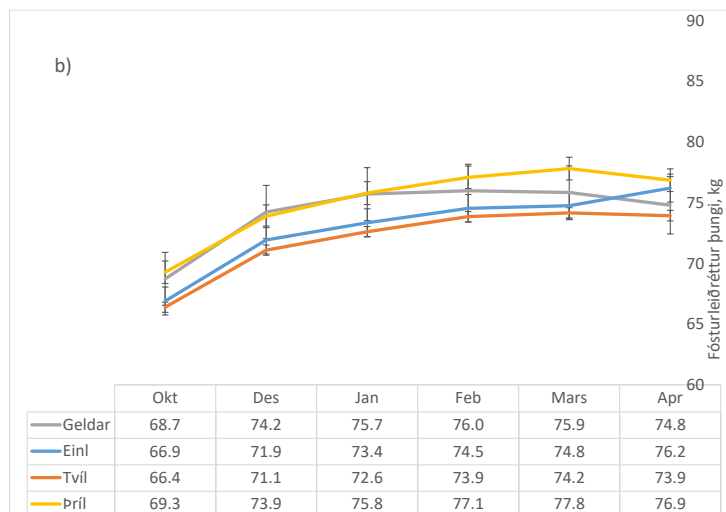
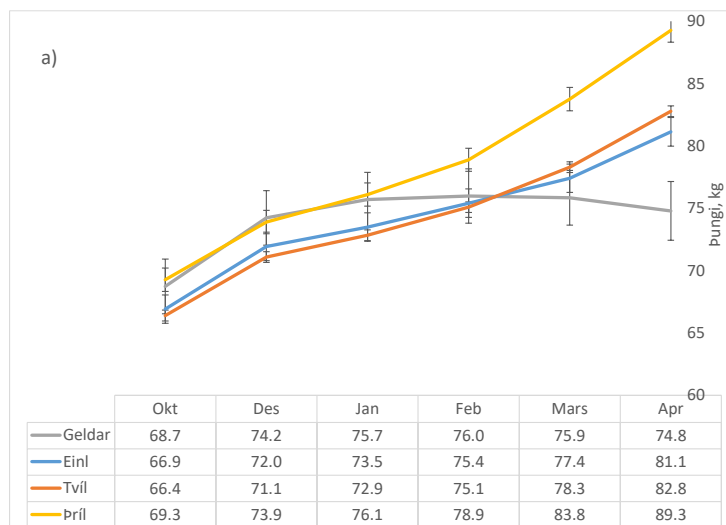
^{a,b,c,...}) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$)

3.4 Leiðrétting fyrir áhrifum fóstara og fylgju á lífpunga

Í ljósi atriða sem að framan voru rakin var skoðað hvort hægt væri að nýta sem flesta, helst alla mælipunkta innan framleiðsluársins, með því að leiðrétta lífpunga ána fyrir áhrifum fóstara og fylgju á hverjum tíma. Þetta var gert eins og lýst er í aðferðakafli hér að framan, með formúlum Robinson o.fl. (1977).

Á 5. mynd má sjá, fyrir allar 5 vetra ær í upprunalega gagnasafninu (1577 ær), þróun í þunga, fangleiðréttum þunga og holdastigum innan framleiðsluársins, fyrir geldar ær ($n=41$), einlembur ($n=206$), tvílembur ($n=1118$) og þrílembur ($n=212$). Á a-hluta myndarinnar er þunginn óleiðréttur og má þar sjá að þrílembdar ær og geldar ær eru þyngri framan af vetri heldur en einlembur og tvílembur. Þungi geldu ána breytist lítið seinni part vetrar á meðan þungi hinna vex því meir og hraðar sem fósturin eru fleiri. Á b- hluta myndarinnar, þar sem búið er að „fangleiðrétta“ þungann, má sjá að megnið af hinni raunverulegu þyngingu ána sjálfra á innistöðutímabilinu á sér stað fyrri hluta vetrar. Til dæmis þyngjast tvílembur um 5,5 kg frá okt til des, svo um 2,8 kg frá des til feb og standa svo nokkurn veginn í stað fram í apríl. Einlemburnar fylgja sömu þróun og tvílemburnar fram í febrúar en bæta við sig 1,7 kg frá feb til apríl.

Þrílembur fylgja tvílembunum í lögun leiðréttu þungakúrfunnar, eru alltaf ca 3 kg þyngri. Geldu ærnar þyngjast með líkum hætti og aðrar fram í janúar en ekki eftir það, slá aðeins af í lokin sem mögulega má rekja til léttari fóðrunar á þeim en öðrum ám eftir fósturtalningu. Á c-hluta myndarinnar má sjá þróun í holdastigum eftir frjósemi, sú þróun endurspeglar nokkuð vel það sem mátti lesa út úr b-hluta myndarinnar, þ.e. fósturleiðréttu þunganum. Hold aukast almennt með minnkandi hraða eftir því sem líður á vetur, en milli mars og apríl verður holdatap, nema hjá geldu ánum sem halda holdum þó að þær tapi um 1 kg í þunga á þessu tímabili.



5. mynd. Þróun í a) lífþunga, b) fangleiðréttum þunga og c) holdastigum 1577 áa á 5. vetri (212 þrílembur, 1118 tvílembur, 206 einlembur og 41 geldar). Minnstu kvaðrata meðaltöl ásamt 95% öryggismörkum.

12. tafla sýnir svo hve mörg kg af fangleiðréttum þunga fylgja hverju holdastigi hjá ám með mismunandi frjósemi á mismunandi tímapunktum framleiðsluferilsins. Almenna þróunin er sú að kg á hvert holdastig fækkar eftir því sem líður á vetur, en þó hækkar þetta hlutfall aftur milli mars og apríl, nema hjá geldu ánum. Rauði þráðurinn er að á meðan holdin fara vaxandi fækkar kg á hvert holdastig, en þegar holdin minnka hækkar hlutfallið. Þetta er ákveðið samræmi sem eru þá rök fyrir því að fangleiðréttunin gangi ágætlega upp.

12. tafla. Fangleiðréttur þungi, kg á hvert holdastig eftir mánuðum og fjölda fóstura hjá 1577 ám á 5.vetri. (212 þrílembur, 1118 tvílembur, 206 einlembur og 41 geldar). Minnstu kvaðrata meðaltöl.

	Geldar	Einl.	Tvíl.	Þríl.	Allar
Október	23,70 ^b	23,15 ^c	23,03 ^d	23,66 ^b	23,17 ^d
Desember	23,43 ^b	23,11 ^c	22,62 ^c	23,39 ^b	22,75 ^c
Janúar	23,41 ^b	22,57 ^b	22,15 ^b	22,91 ^a	22,34 ^b
Febrúar	23,07 ^b	22,44 ^b	22,15 ^b	22,87 ^a	22,61 ^{bc}
Mars	21,68 ^a	21,64 ^a	21,50 ^a	22,75 ^a	21,69 ^a
Apríl	21,38 ^a	22,70 ^b	22,47 ^c	23,75 ^b	22,61 ^{bc}
SEM	0,47	0,25	0,13	0,22	0,17

^{a,b,c,...}) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

3.5 Aðhvarf þunga á holdastig – gagnasafn með samfelld gögn frá 2-5 vetra aldurs

Hér að framan var sú niðurstaða fengin að skilgreining staðalþunga yrði að miðast við ær á 5. vetri þar sem marktæk þyngdaraukning var á milli aldursára fram að þeim aldri en ekki eftir það. Í framhaldi af því var lýst gagnasafni fyrir 1266 ær með samfelld gögn frá 2-5 vetra aldurs (9.-11. tafla). Ennfremur var gerð grein fyrir því hvernig þróun er í lífþunga, fangleiðréttum lífþunga og holdastigum hjá öllum ám (1577 talsins) á fimmta vetri í gagnasafninu (5. mynd og 12. tafla). Það dæmi sýnir að fangleiðréttun þungans virðist býsna raunhæf fyrir ær með mismunandi frjósemi. Með því að nota fangleiðréttan lífþunga er hægt að nota tvöfalt meiri gögn fyrir hverja á í framhaldinu en annars hefði verið raunin.

Í þeim greiningum sem hér koma næst er áfram unnið með gagnasafn þeirra 1266 áa sem eru með samfelld gögn frá 2 til 5 vetra aldurs í þeim tilgangi að greina:

a) hve mörg kg lífþunga inniheldur hvert holdastig?

b) hver er staðalþungi íslenskra áa (fullþroskaðar ær með holdastig 3)?

Þetta er hér gert með nokkrum mismunandi aðferðum, ekki síst til að sýna áhrif aðferðafræðinnar á niðurstöðuna.

Í 13. töflu er línulegt aðhvarf $LP = a + b \cdot HS$ á hverjum tímapunkti mælinga á æviferli áa með gögn frá 2 til 5 vetra aldurs (1266 ær). Fastinn a hefur þar almennt lægri gildi og hallastuðullinn b hærri gildi fyrir ær á 2. vetri heldur en eldri ær. Lífþungi við holdastig 3,00 er reiknað við hvern mælipunkt og má sjá að þær tölur hækka hratt milli ára 2 og 3 en hægur eftir það.

13. tafla. Línulegt aðhvarf fósturleiðrétts $Lb = a + b \cdot HS$ á hverjum tímapunkti mælinga á æviferli áa með gögn frá 2 til 5 vetra aldurs (1266 ær).

Tími innan árs	æviár	Aldur mán	a	b	R ²	Lb við HS 3,00
Október	2	17	28,1 ^a	8,93 ^B	0,41	54,9
Desember	2	19	31,7 ^{ab}	8,33 ^B	0,35	56,7
Janúar	2	20	30,4 ^{ab}	8,62 ^B	0,36	56,3
Febrúar	2	21	32,9 ^b	8,27 ^B	0,35	57,7
Mars	2	22	29,6 ^{ab}	9,18 ^B	0,37	57,1
Apríl	2	23	34,3 ^b	8,47 ^B	0,30	59,7
Október	3	29	42,6 ^c	6,46 ^A	0,23	62,0
Desember	3	31	42,9 ^{cd}	7,09 ^{AB}	0,22	64,2
Janúar	3	32	43,2 ^{cd}	7,12 ^{AB}	0,21	64,6
Febrúar	3	33	41,7 ^c	7,79 ^{AB}	0,25	65,1
Mars	3	34	37,0 ^{bc}	8,91 ^B	0,28	63,8
Apríl	3	35	37,3 ^{bc}	9,41 ^B	0,29	65,5
Október	4	41	45,7 ^{cd}	6,61 ^{AB}	0,22	65,5
Desember	4	43	47,8 ^d	6,93 ^{AB}	0,19	68,6
Janúar	4	44	47,9 ^d	6,95 ^{AB}	0,20	68,8
Febrúar	4	45	46,6 ^{cd}	7,64 ^{AB}	0,24	69,5
Mars	4	46	41,1 ^c	8,97 ^B	0,27	68,1
Apríl	4	47	44,6 ^{cd}	8,43 ^B	0,24	69,9
Október	5	53	47,7 ^d	6,57 ^A	0,21	67,4
Desember	5	55	48,5 ^d	7,31 ^{AB}	0,19	70,46
Janúar	5	56	50,4 ^d	6,92 ^{AB}	0,18	71,12
Febrúar	5	57	47,4 ^d	8,07 ^B	0,24	71,63
Mars	5	58	44,1 ^{cd}	8,88 ^B	0,27	70,70
Apríl	5	59	43,3 ^{cd}	9,42 ^B	0,29	71,54

a, b, c or ^{A, B, C} : Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

Í 14. töflu er sambærileg greining og í 13. töflu nema aðhvarfið er reiknað á alla mælipunkta innan árs sameiginlega. Meira af breytileikanum hjá eldri ánum lendir þá inni í hallatölunni og minna í fastanum heldur en ef horft er á aðhvarf fyrir einstaka mánuði í 13. töflu.

14. tafla. Línulegt aðhvarf fósturleiðrétts þunga á holdastig með sex mælingum innan hvers framleiðsluárs (okt, des, jan, feb, mars, apríl).

Ár	a (SE)	b (SE)	Lb við HS:				RMSE
			2,00	3,00	4,00		
2	31,6 ^a (0,53)	8,51 ^A (0,139)	48,6	57,1	65,7		5,8
3	38,2 ^b (0,53)	8,59 ^A (0,153)	55,4	64,0	72,5		6,1
4	42,2 ^c (0,53)	8,66 ^A (0,156)	59,5	68,1	76,8		6,4
5	43,6 ^c (0,53)	8,90 ^A (0,162)	61,4	70,3	79,2		6,8

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

Í 15. töflu er svo sambærileg greining og í 14. töflu nema með blönduðu líkani þar sem einstaklingsáhrif gripa eru greind eins og “viðbótar fasti” sem gerir það að verkum að “þroskaleysi” yngri áa kemur fram í þeirra eigin fasta en ekki í a-stuðlinum. 16. tafla er sambærileg við 15. töflu nema einungis með þeim þremur mælingum (okt, des, jan) þar sem áhrifa fangs á þunga gætir ekki. Með öðrum orðum, þau gögn sem hægt hefði verið að nota ef ekki hefði verið farið út í að nota fangleiðréttan þunga. Með þremur mælingum innan árs er

skekkja í mati aðhvarfsstuðlanna meiri og ekki næst að draga einstaklingsáhrifin út á sama hátt eins og ef sex mælingar innan árs eru notaðar.

15. tafla. Blandað líkan: Línulegt aðhvarf fósturleiðrétts þunga á holdastig og með einstaklingsáhrif mæðra sem slembihrif með sex mælingum innan hvers framleiðsluárs (okt, des, jan, feb, mars apr).

Ár	a (SE)	b (SE)	Lb við HS:			RMSE
			2,00	3,00	4,00	
2	43,6 ^{bc} (0,53)	5,37 ^A (0,134)	54,3	59,7	65,0	2,8
3	40,2 ^a (0,45)	8,00 ^B (0,123)	56,2	64,2	72,3	3,1
4	42,7 ^b (0,45)	8,49 ^C (0,124)	59,7	68,2	76,6	3,2
5	44,7 ^c (0,45)	8,56 ^C (0,130)	61,9	70,4	79,0	3,4

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

16. tafla. Blandað líkan: Línulegt aðhvarf fósturleiðrétts þunga á holdastig og með einstaklingsáhrif mæðra sem slembihrif með þremur mælingum innan hvers framleiðsluárs (okt, des, jan).

Ár	a (SE)	b (SE)	Lb við HS:			RMSE
			2,00	3,00	4,00	
2	36,9 ^a (0,68)	6,82 ^A (0,175)	50,5	57,4	64,2	2,4
3	38,6 ^{ab} (0,60)	8,21 ^B (0,175)	55,0	63,3	71,5	2,8
4	41,0 ^b (0,61)	8,72 ^B (0,183)	58,4	67,2	75,9	3,1
5	43,5 ^c (0,64)	8,64 ^B (0,199)	60,8	69,5	78,1	3,4

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

Greiningarnar í 15. töflu ættu samkvæmt framansögðu að gefa traustasta niðurstöðu, og hún er eftirfarandi:

- Staðalþungi fullþroskaðra íslenskra áa miðað við holdastig 3 er 70,4±3,4 kg.
- Um 8,5 kg lífpunga fylgja hverju holdastigi hjá fullþroskuðum íslenskum ám.

3.6 Greiningar á staðalþunga einstakra gripa

Greiningarnar í 13.-16. töflu voru sem fyrr sagði gerðar á gagnasafni með 1266 ám með samfelldar skrár á öðrum til fimmta vetri. Heildargagnasafninu með alls 3344 ám sem spanna fjölbreyttara árabil er lýst í 1. töflu. Það gagnasafn var notað til að meta samhengi holdastiga og fangleiðrétts lífpunga við mismunandi aldur fyrir einstaka gripi. Greiningin var gerð með blönduðu líkani, niðurstöðunni er lýst með líkingu 1.

Líking 1: $flLb = R_{ær} + 19,52(0,215) + 7,95(0,039) \cdot HS + 8,72(0,051) \cdot \text{ár} - 0,64(0,006) \cdot \text{ár}^2$

Þar sem $R_{ær}$ er slembi-fasti fyrir einstakar ær og ár er lífár ærinnar, í svigum er staðalskekkja aðhvarfsstuðlanna. Spáskekkjan (RMSE) er 3,67 kg með þessu líkani sem er heldur hærra en með blandaða líkaninu í 15. töflu enda byggir það síðarnefnda á samfelldum gögnum fyrir hvern grip og innan framleiðsluárs. Fyrir báðar útgáfur (5 vetra ær í 15. töflu og líking 1) má reikna lífpunga við holdastig 3 og tiltekinn aldur með því að setja inn $HS=3$ og slembi-fasti einstakra áa inn í líkingarnar. Það hefur hagnýta þýðingu að vita hvort niðurstöður fengnar út frá hinu stærra, en ósamfellda gagnasafni, gefa niðurstöður sem eru sambærilegar við það sem fæst með minna, samfellda gagnasafninu. Þessi hagnýta þýðing byggir á ávinningi af því að geta ákvarðað staðalþunga sem flestra gripa og þroskastig þeirra við mismunandi lífaldur. Slík gögn má nota til frekari rannsókna á:

a) aðgreindum áhrifum staðalþunga, þroskastigs og holda á afkastagetu áa (frjósemi, vaxtarhraða lamba).

b) erfðastuðlum staðalþunga, þ.e. arfgengi eiginleikans og erfðafylgni við aðra mikilvæga eiginleika.

Til að geta borið saman aðferðirnar tvær til að reikna staðalþunga einstakra gripa og þroskastig þeirra á tilteknum aldri, var reiknaður lífþungi við holdastig 3 og tiltekinn aldur með því að setja inn $HS=3$ og slembi-fasti einstakra áa inn í líkingarnar, annars vegar þær sem eru í 15. töflu og hins vegar líkingu 1. Niðurstöður svona fengnar voru bornar saman fyrir allar þær ær sem hafa gögn í minna gagnasafninu (17. tafla).

17. tafla. Samanburður á tvenns konar spágildum fyrir fangleiðréttan lífþunga (fILB) við holdastig 3,0 hjá einstökum gripum á mismunandi lífaldri, með línulegu aðhvarfi $Y = a + b \cdot X$, þar sem háða breytan Y er spágildi metið með Líkingu 1 en óháða breytan X er gildi fengið með líkingum fyrir hvert lífár í 15. töflu. Staðalskekkja aðhvarfsstuðla í svigum.

Ár	a (SE)	b (SE)	R ²	RMSE
2	5,1 ^a (0,77)	0,89 ^{ab} (0,013)	0,79	2,34
3	3,9 ^a (0,66)	0,93 ^b (0,010)	0,87	1,86
4	6,6 ^a (0,63)	0,90 ^b (0,009)	0,88	1,75
5	10,9 ^b (0,59)	0,85 ^a (0,008)	0,89	1,68

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega ($P < 0,05$)

Niðurstöðurnar í 17. töflu sýna fyrst og fremst mjög góða fylgni milli gilda sem fást með aðferðunum tveimur, aðeins slakari þó fyrir yngstu ærnar sem við mátti búast. Í 18. töflu má svo sjá tíðnidreifingu gilda fyrir metinn staðalþunga samkvæmt aðferðunum tveimur. Munurinn þar á milli er lítill, þó eru lægstu gildin færri með líkingu 1.

18. tafla. Tíðnidreifing fyrir metinn staðalþunga (5 vetra, holdastig 3) fyrir 1266 ær, með annars vegar blönduðu líkani í 15. töflu og hins vegar með Líkingu 1.

Staðalþungi kg	15. tafla	Líking 1
≤60,0	2,9%	0,6%
60,1-65,0	15,1%	12,5%
65,1-68,0	15,7%	16,7%
68,1-72,0	28,4%	29,9%
72,1-75,0	16,9%	19,0%
75,1-80,0	15,4%	16,9%
≥80,1	5,6%	4,4%

Notkun á líkingu 1 stækkar verulega þann hóp sem hægt er að reikna staðalþunga fyrir. Í framleiðslukerfi þar sem afurðakrafa er mikil og að mestu treyst á gróffóður eru ærnar þó misfljótar að ná fullum þroska og ekki endilega sjálfgefið að allar ær nái honum alltaf innan 5 ára, þó að niðurstöður fyrir gagnasafnið í heild sinni hafi gefið tilefni til að álykta að þannig væri það almennt. Til að kanna þetta aðeins nánar til undirbúnings fyrir rannsóknir framtíðarinnar, var gerður samanburður á þroska ána 1266 sem höfðu full gögn fyrir annan til fimmta vetur, eftir fæðingarárur (árgöngum), og fyrir hvert aldursár (19. tafla).

19. tafla. Fangleiðréttur lífbungi áa við HS=3 eftir árgöngum (fæðingarári) og aldri í gagnasafni (1266 ær), framleiðsluár auðkennd á hornalínunum.

Árg.	Fjöldi	2 vetra	3 vetra	4 vetra	5 vetra	Fram- leiðsluár ✓ 2004
1999	31	60,7 ^{bc}	63,1 ^b	67,3 ^{ab}	70,6 ^{bc}	✓ 2005
2000	74	58,4 ^{bc}	64,0 ^b	68,6 ^b	70,6 ^{bc}	✓ 2006
2001	67	59,7 ^{bc}	65,5 ^b	68,6 ^b	71,8 ^{bc}	✓ 2007
2002	73	62,4 ^{cd}	66,3 ^b	70,3 ^{bc}	73,8 ^c	✓ 2008
2003	68	59,7 ^{bc}	64,4 ^b	69,2 ^{bc}	70,0 ^{bc}	✓ 2009
2004	58	60,8 ^{bc}	66,6 ^b	68,7 ^b	71,5 ^{bc}	✓ 2010
2005	59	61,9 ^{cd}	65,1 ^b	68,6 ^b	73,3 ^c	✓ 2011
2006	68	60,9 ^c	64,8 ^b	70,5 ^{bc}	71,0 ^{bc}	✓ 2012
2007	61	59,2 ^{bc}	66,1 ^b	68,2 ^b	69,5 ^b	✓ 2013
2008	74	61,1 ^c	64,8 ^b	68,2 ^b	70,4 ^{bc}	✓ 2014
2009	72	61,5 ^{cd}	65,1 ^b	69,0 ^b	69,9 ^b	✓ 2015
2010	89	56,4 ^{ab}	61,5 ^{ab}	64,2 ^a	64,4 ^a	✓ 2016
2011	70	60,6 ^{bc}	63,5 ^b	65,0 ^{ab}	69,9 ^b	✓ 2017
2012	73	58,0 ^b	59,4 ^a	66,1 ^{ab}	71,7 ^{bc}	✓ 2018
2013	76	54,8 ^a	61,7 ^{ab}	68,8 ^b	70,3 ^{bc}	✓ 2019
2014	76	55,7 ^a	64,4 ^b	67,8 ^b	67,0 ^{ab}	✓ 2020
2015	74	60,9 ^c	65,0 ^b	66,3 ^{ab}	71,2 ^{bc}	✓ 2021
2016	53	64,3 ^d	65,5 ^b	72,3 ^c	73,5 ^c	✓ 2022
2017	50	60,7 ^{bc}	66,3 ^b	70,1 ^{bc}	71,1 ^{bc}	
Mt. /alls	1266	59,6	64,2	68,2	70,4	

a,b,c,...) Innan dálks eru þau gildi sem hafa ekki sama bókstaf marktækt frábrugðin tölfræðilega (P<0,05)

Úr 19. töflu má lesa að 14 af 19 árgöngum eru á bilinu 69-72kg við HS=3 á 5. ári, en frávikin frá þessu er auðveldara að skilja þegar ekki er bara horft á árganga heldur líka framleiðsluár. Framleiðsluárið 2015 sker sig þar úr, þar eru ær á öllum aldri léttari en önnur ár, og 5 vetra ærnar hafa greinilega ekki þroskast neitt frá árinu áður, sem er stærsta skýringin á því að árgangurinn 2010 nær ekki fullum þroska á 5. vetri. Það má vissulega velta upp þeirri spurningu hvort hefði átt að sleppa úr greiningunni árgöngum og framleiðsluárum sem sýna svona frávik, einkum þar sem er verið að nota þessi gögn til að ákvarða staðalþunga íslenskra áa. Það hefði ef til vill verið rétt ef frávikin hefðu fyrst og fremst verið niður á við og tilfellin fleiri en raun ber vitni. Hins vegar eru frávik í báðar áttir sem sýnir fyrst og fremst raunveruleikann í dæmigerðu íslensku framleiðslukerfi í sauðfjárrækt. Það er og í samræmi við framleiðslukerfi með sauðfé víða um heim, að það tekur oft langan tíma að ná fullum þroska og ekki endilega víst að hann náist. Það má í raun alveg eins setja spurningarmerki við þær rannsóknir á staðal-/fullorðinsþunga þar sem gripir eru aldir við kjöraðstæður hratt upp í fullan þroska. Það eru ekki aðstæður sem sauðfé býr almennt við, a.m.k. ekki „móðurlínan”, slíkar aðferðir passa betur ef rannsóknasurningarnar miðast fyrst og fremst við sláturgripaeldi, eins og vikið var að í inngangi.

Hinsvegar má líklega bæta mat á staðalþunga einstakra gripa með því að taka tillit til þessa breytileika. Besta leiðin til þess virðist vera að leiðrétta upp á við þá árganga sem augljóslega eru ekki búnir að ná fullum þroska 5 vetra. Til að skoða það aðeins var farið í gagnasafnið sem

innihélt mælingar samfelld frá 2-6 vetra aldurs. Notað var blandað líkan með slembihrifum á og reiknuð meðaltöl fósturleiðréttis þunga og holda fyrir hvern árgang við 5 og 6 vetra aldur. Eins og áður hefur komið fram (4. mynd) er engin breyting að meðaltali á þunga en aðeins lækkun á holdum (-0,17 að meðaltali) milli ára 5 og 6. Þetta var tekið með í reikninginn og gert ráð fyrir að hvert holdastig samsvaraði 8,5 kg þunga. Þessir útreikningar gáfu þá niðurstöðu að fyrir þá tvo árganga sem höfðu lægstan fósturleiðréttan þunga á við HS=3 við 5 vetra aldur hækkaði sú tala um 2,6 kg milli 5 og 6 vetra hjá árgangi 2010 og um 3,4 kg hjá árgangi 2014. Önnur frávík voru minni og var niðurstaðan að loka- meðal- staðalþungi (HS=3) fyrir hvern árgang væri samkvæmt 5 vetra dálknum í 19. töflu nema hvað árgangur 2010 hækkar í 67,0 kg og árgangur 2014 í hækkar í 70,4 kg.

Að þessu sögðu skal hér gerð grein fyrir þeirri aðferð sem notuð var til að reikna út staðalþunga einstakra gripa í árgöngum 1999-2017 vegna mögulegra útreikninga á erfðastuðlum staðalþunga:

1. Þegar gögn áa upp í 5 vetra aldur eru til staðar þá er notuð tala samkvæmt 15. töflu fyrir 5 vetra, slembihrif einstakra gripa sett inn og reiknað út úr aðhvarfslíkingunni miðað við holdastig 3.
2. Til þess að reikna þær ær sem ekki hafa lifað til 5 vetra aldurs yfir á staðalþunga við holdastig 3 og 5 vetra aldur, var fundinn stuðull sem leiðréttir þeirra hóp miðað við SRW3_5v hjá þeirra árgangi, sjá stuðla í 20. töflu.
3. Fyrir þær ær sem ekki höfðu gögn upp í 5 vetra aldur var fundið út hver var hæsti aldur þeirra í gagnasafninu sem þær höfðu gögn fyrir. Fyrir það aldursár var fundið út meðalholdastig og meðalfósturleiðréttur þungi fyrir þær mælingar sem til staðar voru það árið. Svo var þunginn leiðréttur upp eða niður með því að margfalda frávík í holdum (frá HS=3) með hallastuðlinum fyrir viðkomandi aldursár samkvæmt 15. töflu.
4. Svo er deilt upp í þungatöluna fyrir hvern grip samkvæmt lið 3 með viðeigandi hlutfalli í 20. töflu og fæst þá út staðalþungi (við holdastig 3; 5 vetra) fyrir viðkomandi kind.
5. Að síðustu er svo gerð leiðréttir á tveimur árgöngum (2010 og 2014) sem skáru sig marktækt frá öðrum, samanber 19. töflu og lýsingu hér að framan, þannig að allar niðurstöður um staðalþunga einstakra gripa, bæði samkvæmt lið 1 og lið 4 hér að framan eru margfaldaðar með 1,04 fyrir árgang 2010 (hlutfallið 67/64,4) og 1,05 fyrir árgang 2014 (hlutfallið 70,4/67,0).

Með þessu á að vera kominn eins réttur staðalþungi einstakra gripa og hægt er án þess að leiðréttu þann mun sem vissulega er milli árganga samkvæmt 18. töflu að t.d. heildarmeðaltalinu 70,4. Ef það væri gert væri verið að ganga út frá að það hefði ekki orðið nein breyting á meðal-staðalþunga fjárstofnsins á þessum tæpu tveimur áratugum. Niðurstaðan var sú að ekki væri hægt að draga þá ályktun, en láta þetta fara svona inn í mögulega útreikninga á erfðastuðlum.

Fyrir mögulegar rannsóknir á aðgreindum áhrifum staðalþunga, þroskastigs og holda á afkastagetu áa (frjósemi, vaxtarhraða lamba) er markvissara að nota eingöngu þau gögn sem eru samfelld frá 2 til 5 vetra aldurs ána, sbr. 1. lið hér að ofan.

Í 21. töflu má sjá samanburð á fjölda þeirra áa sem eru í gagnasöfnunum tveimur.

20. tafla. Hlutfall fangleiðréttis lífpunga við holdastig 3 eftir aldursárum og hvort ærin hefur gengið með lambi eða ekki gemlingsárið af fangleiðréttum lífpunga við holdastig 3 og 5 vetra aldur.

Árgangur	2 vetra		3 vetra		4 vetra	
	lamblaugar	með lambi	lamblaugar	með lambi	lamblaugar	með lambi
1999	0,880	0,856	0,905	0,892	0,947	0,955
2000	0,846	0,823	0,916	0,904	0,978	0,970
2001	0,840	0,831	0,911	0,913	0,956	0,956
2002	0,858	0,835	0,903	0,894	0,956	0,949
2003	0,875	0,843	0,926	0,917	0,986	0,990
2004	0,876	0,847	0,936	0,931	0,967	0,961
2005	0,875	0,840	0,920	0,883	0,949	0,934
2006	0,861	0,856	0,901	0,916	0,975	1,000
2007	0,899	0,849	0,966	0,951	0,993	0,981
2008	0,890	0,858	0,934	0,915	0,976	0,965
2009	0,897	0,867	0,933	0,930	0,987	0,989
2010	0,898	0,869	0,969	0,950	1,000	0,996
2011	0,895	0,859	0,913	0,908	0,928	0,931
2012	0,842	0,796	0,843	0,824	0,924	0,921
2013	0,806	0,777	0,890	0,876	0,975	0,979
2014	0,856	0,823	0,968	0,959	1,013	1,011
2015	0,885	0,846	0,919	0,912	0,940	0,930
2016	0,891	0,864	0,902	0,885	0,978	0,989
2017	0,897	0,849	0,953	0,931	0,996	0,985

21. tafla. Fjöldi áa í hverjum árgangi á bak við útreikninga á staðalpunga einstakra áa, minna gagnasafnið eru ær með samfelld gögn frá tveggja til fimm vetra aldurs og stærra gagnasafnið eru allar ær í árgöngum 1999 til 2017, til notkunar við mögulega útreikninga á erfðastuðlum.

Árgangur	Minna	Stærra	Minna/stærra
1999	31	117	0,26
2000	74	134	0,55
2001	67	132	0,51
2002	73	126	0,58
2003	68	129	0,53
2004	58	130	0,45
2005	59	135	0,44
2006	68	157	0,43
2007	61	120	0,51
2008	74	138	0,54
2009	72	142	0,51
2010	89	166	0,54
2011	70	151	0,46
2012	73	167	0,44
2013	76	164	0,46
2014	76	141	0,54
2015	74	142	0,52
2016	53	139	0,38
2017	50	88	0,57
Samtals	1266	2618	0,48

4 Umræður

Megin tilgangur verkefnisins er að skilgreina fullorðinsþunga, eða nánar tiltekið staðalþunga við holdastig 3 fyrir íslenskar ær, til þess að geta ákvarðað orku- og próteinþarfir fjárins með nákvæmari hætti. Verkefnið var innblásið af fyrri verkefnum, svo sem rannsókn Zygoyiannis o.fl. (1997b) sem kynntu aðferð til að meta fullorðinsþunga fyrir mismunandi sauðfjárkyn, með því að greina hið línulega samband $LP = a + b \cdot HS$ fyrir ær á mismunandi aldri. Fullorðinsþunginn er fundinn sem lífpungi við ákveðið holdastig, miðað við a og b stuðla sem fundnir hafa verið fyrir aldurshóp sem hefur náð fullum þroska. Að meta b stuðulinn sem réttast er sérstaklega mikilvægt, því að hann segir til um hvað má búast við að mörg kg lífpunga fylgi hverju holdastigi. Ef þetta samhengi er þekkt, má reikna hvert holdastig sem ærnar bæta á sig eða taka af sér á mismunandi stigum framleiðsluferilsins yfir í orku, sem er afar mikilvægt fyrir góða fóðuráætlanagerð. Þetta atriði hefur verið í brennidepli í mörgum rannsóknum varðandi samhengi lífpunga og holdastiga hjá sauðfé, svo sem Cannas & Boe (2003), Macé o.fl. (2019), McHugh o.fl. (2019) og Semakula o.fl. (2020).

Mikilvæg spurning í þessu sambandi er: Hvenær er fullum þroska náð? Zygoyiannis o.fl. (1997b) greindu gögn fyrir ær af þremur grískum fjárkynjum og komust að þeirri niðurstöðu að fullum þroska væri náð við þriggja og hálfs árs aldur þar sem við hærri aldur varð ekki frekari hækkun á lífpunga stöðluðum að föstu holdastigi (3 eða 5). Í okkar rannsókn voru greind samfelld gögn fyrir 889 ær á öðru til sjötta ári (4. mynd) og þó ærnar bættu ekki við sig þunga eftir 5 vetra aldur, héldu þær áfram að tapa holdum. Þó að lífpungi á hvert holdastig hækkaði marktækt milli fimmta og sjötta árs var það vegna lækkaðra holdastiga en ekki vegna hækkaðs lífpunga. Því er rétt að draga þá ályktun að fullum þroska hafi verið náð á fimmta ári. Allar síðari greiningar í verkefninu eru byggðar á þeirri ályktun. Þær rannsóknir sem til eru benda til þess að íslenska fjárkynið safni heldur meiri fitu innvortis og minni á skrokkinn, og þá sérstaklega minni yfirborðsfitu heldur en ýmis sérhæfðari kjötkyn. Samkvæmt rannsóknum er þessi tilhneiging vaxandi með hækkandi aldri (Thorgeirsson & Thorsteinsson, 1989).

Eins og gert hefur verið í sumum fyrri rannsóknum (McHugh o.fl., 2019; Semakula o.fl., 2021), var lífpungi á á meðgöngu leiðréttur fyrir þunga fangs. Að nota fangleiðréttan lífpunga í stað þess að nota eingöngu mælingar utan þess tíma sem áhrifa meðgöngu á þunga gætir, fjölgar nothæfum mælingum úr þremur í sex á ári. Fyrir greiningar sem miðuðu að því að skilgreina staðalþunga við holdastig 3 fyrir íslenskar ær, voru notaðar slíkar mælingar fyrir 1266 ær, samfelldar frá öðrum til fimmta veturs. Þó aðrar rannsóknir hafi notað endurtekna mælingar á sömu ám, vitum við ekki til þess að áður hafi verið notaðar í þessum tilgangi svo samfelldar skrár yfir svo langt bil í ævi sömu gripa. Þetta gaf gott tækifæri til að einangra einstaklingsbreytileika frá tilraunaskekkjunni.

Greiningarnar leiddu til þeirrar niðurstöðu að staðalþungi fullþroskaðra íslenskra áa miðað við holdastig 3 er $70,4 \pm 3,4$ kg og um 8,5 kg lífpunga fylgja hverju holdastigi hjá fullþroskuðum íslenskum ám. Þá er eðlilegt að velta fyrir sér hvort þetta séu háar eða lágar tölur í samanburði við það sem fundist hefur fyrir önnur fjárkyn.

Fullorðinsþungi þriggja grískra fjárkynja var á bilinu 42-61 kg eða 56-80 kg eftir því hvort hann var staðlaður að holdastigi 3 eða 5 (Zygoyiannis o.fl., 1997b). Staðalþungi við holdastig 3 fyrir ær af mismunandi fjárkynjum í Ástralíu er 40-60 kg (CSIRO, 1990). Það eru lágar tölur miðað við fullorðinsþunga sem birtur er fyrir ær af algengum fjárkynjum í Bretlandi (AFRC, 1993) og Bandaríkjunum (NRC, 2007), þar sem íslenska fjárkynið myndi vera flokkað sem miðlungsstórt

kyn miðað við niðurstöðuna um 70 kg fullorðinsþunga. Hins vegar gerir skortur á stöðluðum aðferðum til að meta fullorðinsþunga það nokkuð snúið að bera fjárkyn saman í þessu tilliti. Aðferðina sem notuð var í þessu verkefni mætti nota víðar. Hún er byggð á lífeðlisfræðilegum lögmálum sem eru grundvallaratriði við ákvörðun fóðurþarfa og fóðuráætlanagerð. Tölfræðilegu aðferðirnar eru fremur einfaldar og auðvelt að endurtaka. Mikilvægt er að hafa samfelld gögn og vinna þau vel, slíkt ætti ekki að vera erfitt með nútíma tækni.

Dæmið um grísku fjárkynin þrjú hér að ofan sýnir að val á holdastigi til að staðla fullorðinsþungann að er mjög krítískt en eins og áður hefur verið rakið getur það val að nokkru leyti ráðist af því hver tilgangurinn er með notkun staðalþungans. Réttast væri líklega að birta fyrir fullþroska fé af hinum ýmsu fjárkynjum bæði a og b stuðlana fyrir líkinguna $LP = a + b \cdot HS$. Samkvæmt yfirlitsgrein Kenyon o.fl., (2014) og síðari rannsóknum (McHugh o.fl., 2019; Semakula o.fl., 2020) er verulegur breytileiki í niðurstöðum um hve mikinn lífþunga þarf til að auka hold um sem nemur einu holdastigi, en í flestum tilvikum eru það milli 5 og 10 kg. Það er munur milli áa og hrúta, milli fjárkynja og milli gripa. Skýringar á þessu geta verið munur á líkamsstærð, staðalþunga, fitudreifingu um líkamann og fleiru. Þetta er vel reifað af Kenyon o.fl. (2014) sem einnig benda á að flestar rannsóknir á samhengi lífþunga og holdastiga eru byggðar á breytileika milli gripa en ekki innan gripa. Skipulagðar tilraunir þar sem þetta samhengi hefur verið rannsakað hafa gjarnan falið í sér krufningu tilraunadýranna (Russel o.fl., 1969; Teixeira o.fl., 1989; Morel o.fl., 2016) svo möguleikar á að rannsaka samhengið með endurteknum mælingum á lífþunga og holdastigum innan grips hafa verið takmarkaðir. Í þessum tilgangi væri vissulega mögulegt að framkvæma tilraunir þar sem fullþroskaðir gripir væru fódraðir þannig að það mundi búa til breytileika innan grips í lífþunga og holdastigum. Önnur og kannski hagnýtari leið er að nota gagnagrunna fyrir hjarðir með endurteknum mælingum á **fósturleiðréttum** þunga fyrir hvern einstakling, eins og var gert í okkar rannsókn og einnig af McHugh o.fl. (2019). Í báðum þessum rannsóknum var umtalsverður munur á mati hallastuðulsins b eftir því hvar á framleiðsluferlinum var borið niður (13. tafla). Matið á hallastuðlinum verður traustara ef það byggir á sameinuðum gögnum frá mismunandi stigum framleiðsluferilisins (14. tafla) og tilraunaskekkjan verður minni ef einstaklingsbreytileikinn er einangraður (15. tafla).

Mat á hallastuðlinum b (8,56; 15. tafla), það er kg á hvert holdastig hjá íslenskum ám, er í hærri kantinum miðað við gildi fundin fyrir önnur kyn, en hefði orðið lægra (6,57-7,31) ef eingöngu hefði verið tekin einhver af gildunum utan meðgöngutímans fyrir ær á fimmta vetri í 13. töflu. Matið á hallastuðlinum fyrir ær á fimmta vetri er mjög svipað (8,56 eða 8,90; 15. tafla eða 14. tafla) eftir því hvort einstaklingsbreytileikinn er einangraður eða ekki. Hið sama á við um mat á staðalþunganum, það er svipað hvor aðferðin sem notuð er, en með blönduðu líkani þar sem einstaklingsbreytileikinn er einangraður verður spáskekkjan um helmingi minni. Hins vegar, fyrir ær sem ekki hafa náð fullum þroska, einkum tvævetlurnar, metur einfalda línulega líkanið hallastuðulinn svipaðan og fyrir fullþroskaðar ær, en blandaða líkanið metur hallastuðulinn lægri fyrir þær yngri, sem er rökréttara. Fyrir ær sem ekki hafa náð fullri stærð hlýtur að þurfa færri kg til að auka hold sem nemur einu holdastigi heldur en hjá fullþroskuðum ám. Fyrir framtíðar rannsóknir á sama sviði er rétt að hafa í huga þennan og aðra eiginleika blönduðu líkananna. Með vísan í niðurstöður verkefnisins mæla höfundar því eindregið með blönduðum líkönum fram yfir línuleg líkön. En til þess að blönduðu líkönin komi að fullu gagni er mikilvægt að hafa sem mest og heildstæðust gögn fyrir hvern grip, samanber fyrri umræðu.

Ef deilt er í hallastuðulinn (8,56) fyrir íslensku ærnar með staðalþunganum 70,4 kg fáum við út hlutfallið 0,122; sem er nálægt slíku hlutfalli fyrir hin ýmsu fjárkyn (0,129) og nautgripakyn (0,1285) sem birt var af Zygoyiannis o.fl. (1997b). Svipað hlutfall eða 0,13 var fundið fyrir ær af Churra kyni (Frutos o.fl., 1997). Hins vegar birtu van Burgel o.fl. (2011) hlutfallið 0,19 fyrir Merino ær samkvæmt samantekt úr nokkrum tilraunum, þar sem ærnar voru á síðari hluta meðgöngu og lífþungi þeirra ekki leiðréttur fyrir áhrifum fangs, sem að einhverjum hluta getur skýrt þessi háu gildi.

Að einangra breytileika milli gripa frá breytileika innan gripa er ekki einungis mikilvægt til að bæta nákvæmni í mati á staðalþunga og lífþunga á hvert holdastig fyrir tiltekið fjárkyn, heldur getur þetta líka verið mikilvægt gagnvart notkun í kynbótastarfi. Það er vel þekkt að fóðurþarfir gripa til viðhalds aukast með vaxandi stærð, en það gerir einnig átgetan sem getur í sumum tilvikum eytt út áhrifum aukinna viðhaldsþarfa m.t.t. framleiðni og fóðurnýtingar (Cannas o.fl., 2019). Einnig er áhugavert í þessu sambandi að samkvæmt lífeðlisfræðilegum lögmálum sem þegar hafa verið rædd ættu gripir með háan staðalþunga að vera magrari, með lægra þroskastig, við ákveðinn lífþunga heldur en gripir með lægri staðalþunga. Innan íslenska fjárkynsins var um árábil valið nokkuð stíft fyrir minni fitu á sláturskrokkum (Eiríksson & Sigurðsson, 2017), sem þýðir að hærri fallþunga þarf til að ná tilteknu fitustigi. Þetta gæti þýtt að jafnhliða vali gegn fitu sé verið að velja fyrir hækkanði fullorðinsþunga. Með því að meta staðalþunga fyrir einstaka gripi eins og gert var í þessu verkefni, ætti að vera mögulegt að reikna erfðastuðla sem tengja staðalþunga við aðra mikilvæga eiginleika í kynbótastarfi, byggt á gögnum frá Hestbúinu sem hefur miklar tengingar við kynbótastarfið í landinu.

Í fyrri rannsóknum hafa gögn frá Hestbúinu verið notuð í tölfræðilegar greiningar til þess að skilgreina áhrif ólíkra skýribreyta, m.a. aldurs ána, lífþunga og holdastiga, á frjósemi ána (Jóhannes Sveinbjörnsson o.fl., 2018b), fæðingarþunga og vaxtarhraða lamba (Jóhannes Sveinbjörnsson o.fl., 2018a; Sveinbjörnsson o.fl., 2021). Þessar þrjár skýribreytur sem hér eru nefndar eru að hluta til innbyrðis tengdar, eins og raunar má sjá á niðurstöðum þessa verkefnis sem hér hefur verið kynnt. Við lægri aldur/þroska er lífþungi lægri og færri kg þarf fyrir hvert stig í auknum holdum. Út frá greiningunum sem birtar eru í 16. töflu, að viðbættum slembiáhrifum einstakra gripa, er hægt að skilgreina lífþunga við holdastig 3 fyrir hvern grip á hverju aldursári frá 2 til 5 vetra. Ef deilt er upp í þau gildi með staðalþunganum (holdastig 3, 5 vetra) er komið mat á þroskastigi gripsins fyrir hvert lífár á þessu bili. Og þar með er orðið mögulegt að rannsaka aðgreind áhrif staðalþunga, þroskastigs, holdastiga og breytinga á holdastigum á mismunandi stigum framleiðsluferilsins á framleiðslueiginleika eins og frjósemi, fæðingarþunga og vaxtarhraða lamba. Fyrir slíkar rannsóknir virðist rökrétt að nota einungis gögn fyrir ær sem hafa samfelldar mælingar frá öðrum til fimmta veturs. Fyrir erfðarannsóknir m.t.t. staðalþunga má hins vegar að öllum líkindum einnig nota gögn um ær sem ekki hafa samfelldar mælingar, samanber aðferðir sem voru útskýrðar hér að framan.

5 Ályktanir

Staðalþungi íslenskra áa er metinn $70,4 \pm 3,4$ kg fyrir ær af íslenska fjárkyninu, byggt á gögnum Hestbúsins. Hjá fullþroskaðri á þarf um 8,5 kg lífþunga til að auka hold sem nemur einu holdastigi. Staðalþungi fyrir einstaka gripi var einnig metinn sem getur í framtíðinni nýst bæði vegna erfðarannsókna og rannsókna á áhrifum meðferðarþátta á afurðir.

6 Þakkir

Þróunarsjóði sauðfjárræktar er þakkað fyrir fjárhagslegan stuðning við verkefnið. Starfsfólk Hestbúsins fyrr og nú fær bestu þakkir fyrir sinn þátt í þeirri viðamiklu gagnaöflun sem þar hefur lengi átt sér stað og er forsenda þessa verkefnis.

7 Heimildaskrá

AFRC, 1993. *Energy and protein requirements of ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on responses to nutrients. CAB International, Wallingford, UK.

Anderson G. B., Bradford G. E. & Cupps, P. T., 1981. Length of Gestation in Ewes Carrying Lambs of 2 Different Breeds. *Theriogenology* 16(1):119-129. Doi: 10.1016/0093-691x(81)90120-5

Brody S., 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinholds, New York, 1023 bls.

Cannas A. & Boe, F., 2003. Prediction of the relationship between body weight and body condition score in sheep. *Italian Journal of Animal Science* 2:527-529. Doi:10.4081/ijas.2003.s1.527

Cannas A., Tedeschi L. O., Atzori A. S. & Lunesu M. F., 2019. How can nutrition models increase the production efficiency of sheep and goat operations? *Animal Frontiers* 9(2):33-44. Doi: 10.1093/af/vfz005

CSIRO, 1990. *Feeding standards for Australian Livestock: Ruminants*. Standing committee on Agriculture and resource management. Ruminants subcommittee. CSIRO, Australia, 266 bls.

Delfa R., Teixeira A. & Colomerocher F., 1989. A note on the use of a lumbar joint as a predictor of body-fat depots in Aragonese ewes with different body condition scores. *Animal Production* 49:327-329. Doi: 10.1017/S0003356100032487

Dýrmundsson Ó. R. & Ólafsson T. , 1989. Sexual development, reproductive performance, artificial insemination and controlled breeding. Bls. 95-104 í: *Reproduction, growth and nutrition in sheep*. Dr. Halldór Pálsson Memorial Publication. Ritstjórar: Dýrmundsson Ó. R. & Thorgeirsson S. Rannsóknarstofnun landbúnaðarins og Búnaðarfélag Íslands, Reykjavík.

Eiríksson J. H. & Sigurðsson Á., 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. Doi: 10.16886/ias.2017.01

Eyþór Einarsson, Árni B. Bragason, Kristján Ó. Eymundsson, Lárus G. Birgisson og Jóhannes Sveinbjörnsson, 2020. *Frjósemi og fóðrun sauðfjár- lokaskýrsla*: 24 bls. <https://www.rml.is/is/radgjof/saudfjarraekt/fagefni>

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* 65:409-426. Doi: 10.1017/S1357729800008614

Frutos P., Mantecon A. R. & Giraldez F. J., 1997. Relationship of body condition score and live weight with body composition in mature Churra ewes. *Animal Science* 64:447-452. Doi:10.1017/S1357729800016052

Guerra J. C., Thwaites C. J. & Edey T. N., 1972. Assessment of proportion of chemical fat in bodies of live sheep. *Journal of Agricultural Science* 78: 147-149. Doi:10.1017/S0021859600087815

Hammond J. 1932. *Growth and development of mutton qualities in the sheep*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 597 bls.

Hammond J., Bowman J. C. & Robinson T. J., 1983. General principles - metabolism and growth. Pages 21-40 in: *Hammond's Farm Animals*. 5th ed. Editors: Hammond J., Bowman J. C. & Robinson T. J. Butler & Tanner Ltd, London.

Huxley J. 1932. *Problems of relative growth*. Methuen, London, 276 bls.

Jefferies B. C., 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32:19-21.

Jóhannes Sveinbjörnsson og Bragi Líndal Ólafsson, 1999. Orkuþarfir sauðfjár og nautgripa í vexti með hliðsjón af mjólkurfóðureiningakerfi. Ráðunautafundur 1999: 204-217.

Jóhannes Sveinbjörnsson, Emma Eypórsdóttir og Eyjólfur K. Örnólfsson, 2018a. Misjafn er sauður í mörgu fé – greining á áhrifaþáttum haustþunga lamba í gagnasafni Hestbúsins 2002-2013. [Rit LbhÍ nr. 105](#).

Jóhannes Sveinbjörnsson, Emma Eypórsdóttir og Eyjólfur K. Örnólfsson, 2018b. Áhrif aldurs áa, þunga, holda og framleiðsluára á frjósemi áa–greining á gagnasafni Hestbúsins 2002-2013. [Rit LbhÍ nr. 110](#).

Jónas Jónsson, 1934. Íslenskir þjóðhættir (þriðja útgáfa 1961). Ísafoldarprentsmiðja, Reykjavík: 503 bls.

Kenyon P. R., Maloney S. K. & Blache D., 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 57(1):38-64. Doi: 10.1080/00288233.2013.857698

Macé T., González-García E., Carrière F., Douls S., Foulquié D., Robert-Granié C. & Hazard, D., 2019. Intra-flock variability in the body reserve dynamics of meat sheep by analyzing BW and body condition score variations over multiple production cycles. *Animal* 13(9):1986-1998. Doi: 10.1017/S175173111800352X

McClelland T. H., Bonaiti B. & Taylor S. C. S., 1976. Breed differences in body-composition of equally mature sheep. *Animal Production* 23:281-293. Doi: 10.1017/S0003356100031408

McHugh N., McGovern F., Creighton P., Pabiou T., McDermott K., Wall E. & Berry D. P., 2019. Mean difference in live-weight per incremental difference in body condition score estimated in multiple sheep breeds and crossbreds. *Animal* 13(3):549-553. Doi:10.1017/S1751731118002148

Morel P. C. H., Schreurs N. M., Corner-Thomas R. A., Greer A. W., Jenkinson C. M. C., Ridler A. L. & Kenyon P. R., 2016. Live weight and body composition associated with an increase in body condition score of mature ewes and the relationship to dietary energy requirements. *Small Ruminant Research* 143:8-14. Doi:10.1016/j.smallrumres.2016.08.014

NRC, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids*. Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press, Washington, D.C., 346 bls.

Oddy V. H. & Sainz R. D., 2002. Nutrition for sheep meat production. Pages 237-262 in: *Sheep Nutrition*. Editors: M. Freer and H. Dove, ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Robinson J. J., McDonald I., Fraser C. & Crofts R. M. J., 1977. Studies on reproduction in prolific ewes .1. Growth of products of conception. *Journal of Agricultural Science* 88:539-552. Doi:10.1017/S0021859600037229

Rose G., Paganoni B., Macleay C., Jones C., Brown D. J., Kearney G., Ferguson M. B., Clarke B. E. & Thompson A. N., 2023. Methane, growth and carcass considerations when breeding for more efficient Merino sheep production. *Animal* 17:100999. Doi: 10.1016/j.animal.2023.100999

Russel A. J. F., 1984. Body condition scoring of sheep. *In Practice* 6(3):91-93. Doi:10.1136/inpract.6.3.91

- Russel A. J. F., Doney J. M. & Gunn R. G., 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science* 72:451-454. Doi: doi.org/10.1017/S0021859600024874
- SAS, 2015. SAS Enterprise Guide 7.11, ©2015. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA (2015).
- Semakula J., Corner-Thomas R. A., Morris S. T., Blair H. T. & Kenyon P. R., 2020. The effect of age, stage of the annual production cycle and pregnancy-rank on the relationship between liveweight and body condition score in extensively managed Romney ewes. *Animal* 10(5):784-802. Doi: 10.3390/ani10050784
- Semakula, J., Corner-Thomas R. A., Morris S. T., Blair H. T. & Kenyon, P. R., 2021. Predicting ewe body condition score using adjusted liveweight for conceptus and fleece weight, height at withers, and previous body condition score record. *Translational Animal Science* 5: 1-12. Doi:10.1093/tas/txab130
- Sezenler T., Ozder M., Yildirim M., Ceyhan A. & Yuksel M. A., 2011. The relationship between body weight and body condition score of some indigenous sheep breeds in Turkey. *Journal of Animal and Plant Science* 21(3):443-447.
- Sigurgeir Þorgeirsson, 1983. Vöxtur, þroski og kjötgæði sauðfjár með sérstöku tilliti til vaxtarlags. *Búnaðarrit* 96(1):443-473.
- Sveinbjörnsson, J., E. Eythórsdóttir, and E. K. Örnólfsson. 2021. Factors affecting birth weight and pre-weaning growth rate of lambs from the Icelandic sheep breed. *Small Ruminant Research* 201: 106420. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2021.106420
- Teixeira A., Delfa R. & Colomerocher F., 1989. Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in the Rasa Aragonesa breed. *Animal Production* 49:275-280. Doi:10.1017/S0003356100032402
- Thorgeirsson S. & Thorsteinsson S. Sch., 1989. Growth, development and carcass characteristics. Bls: 169-204 í: *Reproduction, growth and nutrition in sheep*. Dr. Halldór Pálsson Memorial Publication. Ritstjórar: Dýrmundsson Ó. R. & Thorgeirsson S. Rannsóknarstofnun landbúnaðarins og Búnaðarfélag Íslands, Reykjavík.
- van Burgel A. J., Oldham C. M., Behrendt R., Curnow M., Gordon D. J. & Thompson A. N., 2011. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. *Animal Production Science* 51(9):834-841. Doi: 10.1071/An09146
- Wheeler J. L., Reardon T. F., Hedges D. A. & Rocks R. L., 1971. Contribution of conceptus to weight change in pregnant Merino ewes at pasture. *Journal of Agricultural Science* 76:347-353. Doi: 10.1017/S0021859600069264
- Zygoyiannis D., Kyriazakis I., Stamataris C., Friggens N. C. & Katsaounis, N., 1997a. The growth and development of nine European sheep breeds. 2. Greek breeds: Boutsiko, Serres and Karagouniko. *Animal Science* 65:427-440. Doi: 10.1017/S1357729800008626
- Zygoyiannis D., Stamataris C., Friggens N. C., Doney J. M. & Emmans G. C., 1997b. Estimation of the mature weight of three breeds of Greek sheep using condition scoring corrected for the effect of age. *Animal Science* 64:147-153. Doi: 10.1017/S1357729800015654