



# SKÝRSLA TIL ERFÐANEFNDAR LANDBÚNAÐARINS UM ERFÐAFRÆÐILEGT ÁSTAND ÍSLENSKA KÚAKYNSINS

2021

*Guðmundur Jóhannesson*

---

# EFNISYFIRLIT

Formáli	2
Inngangur	3
Ræktunarmarkmið	5
Breytingar á ræktunarmarkmiði	7
Fjöldi gripa	8
Skýrsluhald	11
Mat á kynbótagildi	13
Söfnun lífsýna og varðveisla þeirra	15
Erfðafræðileg staða og erfðabreytileiki í íslenska kúastofninum	17
<b>Aðgerðir til þess viðhalda erfðabreytileika í stofninum</b>	19
<b>Einstakir eiginleikar sem gætu verið á undanhaldi vegna ræktunarstarfsins</b>	19
<b>Rannsóknaverkefni er varða erfðafræðilega stöðu íslenska kúastofnsins</b>	22
Nýr dómskali fyrir mat á skapgerð íslenskra kúa	23
Kjörerfðaframlög íslenskra sæðingana	23
Mjólkurflæði hjá fyrsta kálfs kvígum	24
Stærðarmál íslenskra mjólkurkúa	25
Gallar í júgur- og spenagerð hjá íslenska kúastofninum	25
Burðaraldur íslenskra kvígna og áhrif hans á afurðir, endingu og uppeldiskostnað	26
Áhrif skyldleikaræktar á afurðir íslenskra mjólkurkúa	27
Mælidagalíkan fyrir íslenska kúastofninn	27
Erfðastuðlar og erfðaþróun frjósemiseiginleika í íslenska kúastofninum	29
Tíðni tvíkelfinga og tengsl við afurðir og frjósemi í íslenska kúastofninum	30
Myndun á grunnerfðahópi fyrir erfðamengisúrval í íslenska kúastofninum	30
Hagrænt vægi eiginleika í nautgriparækt	39
Skyldleiki íslenskra kúa við Norður- og Vestur-Evrópsk kúakyn	43
Skyldleikarækt og erfðabreytileiki í íslenska kúastofninum	43
Fýsileiki erfðamengisúrvals í íslenska kúastofninum	44
Verndun íslenska kúastofnsins	46
Leiðir til varðveislu	46
Heimildir	48

## Formáli

Þessi skýrsla til Erfðanefndar landbúnaðarins er tekin saman að beiðni nefndarinnar í samræmi við stefnumörkunaráætlun sem nefndin hefur sett sér. Sú stefnumörkun byggir á þeim meginmarkmiðum nefndarinnar að vinna að varðveislu og nýtingu erfðaaauðlinda sem eru eða gætu verið verðmætar í íslenskum landbúnaði eða haft menningarlegt gildi.

Í skýrslunni er að finna ýmsar lykilstærðir varðandi íslenska kúastofninn og má þar nefna stofnstærð, umfang skýrsluhalds, niðurstöður rannsókna er varða erfðafræðilega stöðu stofnsins o.fl.

Í skýrslunni er einnig farið yfir hvernig og hvaða upplýsingum varðandi íslenska kúastofninn er safnað og hvernig þær eru varðveittar. Einnig er rætt hvernig kynbótagildi gripa er metið og farið yfir helstu rannsóknir síðustu ára er snerta og varða erfðafræðilega stöðu stofnsins, eða frá því að síðasta skýrsla var gerð árið 2014.

Ræktunarmarkmið íslenska kúastofnsins sem fagrað í nautgriparækt hefur samþykkt er birt í heild sinni í skýrslunni.

Selfossi, 28. september 2021,

Guðmundur Jóhannesson  
Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins

## Inngangur

Íslensku kýrnar fluttust til Íslands með landnámsmönnum frá Noregi og áætlað hefur verið að innflutningurinn hafi átt sér stað við landnám eða á árunum 870-930, miðað við rannsóknir á skyldleika íslenskra og norskra kúa. Íslensku kýrnar eru einnig skyldar ýmsum breskum kúakynjum, mjög fjarskyldar þó, og hefur íslenska kúakynið hefur verið svo til einangrað í 1100 ár. Einhver innflutningur átti sér stað á 18. og 19. öld, líklega með kaupmönnum frá Danmörku, en erfðafræðilegar rannsóknir sýna að áhrifin af þeim innflutningi eru smávægileg. Lítið er til af skráðum heimildum um þann innflutning. Sögulegar heimildir styðja einnig kenninguna um erfðafræðilega einangrun. Nýjustu rannsóknir Egils Gautasonar sem byggja á arfgerðargreiningum staðfesta þetta og að nánustu ættingjar íslensku kýrinnar eru gömlu norrænu landkynin.

Íslenska kúakynið hefur mikla sérstöðu vegna einangrunar, stofninn er mjög lítill og finnst svo til einungis á Íslandi. Íslenska nautgripi eða blendinga er að finna í Svíþjóð, vegna sæðisútflutnings þangað, í Danmörku, Færeyjum og á Grænlandi. Þó er um að ræða ákaflega fáa gripi og vandkvæðum bundið að viðhalda þeim vegna takmarkana á flutningum erfðaeftni landa á milli. Þar sem stofninn hefur verið ræktaður í árhundruð án utanaðkomandi íblöndunar er ekki ólíklegt að erfðabreytileiki í stofninum sé minni en annarra stofna, þá sérstaklega fyrir ákveðna eiginleika. Eiginleikar sem lítið hefur verið hugað að í ræktun eru með mikla erfðabreidd og má þar meðal annars nefna liti. Kynbótastarf hérlandis er unnið í minni stofni en gerist víðast annars staðar og skapar ákveðin vandamál varðandi t.d. afkvæmarannsóknir á nautum auk þess sem möguleikar til úrvals eru mun minni en almennt gerist. Sama vandamál skapast við úrval nautsmæðra.

Íslenska kúakynið hefur aðallega verið nýtt sem mjólkurframleiðslukyn og hefur verið ræktað sem slíkt frá upphafi síðustu aldar þegar segja má að skipulagt ræktunarstarf í nautgriparækt hafi hafist hér á landi. Stefnan hefur verið nokkuð skýr varðandi það að ekki er stefnt að því að sameina í sama kyni kosti til mjólkur- og kjötframleiðslu, með öðrum orðum er ræktað einnyttjakyn en ekki tvínyttjakyn eins og víða erlendis. Ársnytin í íslensku kúnum árin 1150 til 1550 var um 1.100 kg á árskú, en um 5.000 kg á árskú árið 2000. Árið 2020 var meðalnýtt yfir landið 6.384 kg á árskú. Frá upphafi skipulegs ræktunarstarfs hefur einkum og sér í lagi verið horft til aukinnar afurðagetu þó áherslan hafi færst í auknum mæli yfir á aðra eiginleika hin síðari ár. Segja má að nokkur straumhvörf hafi orðið í ræktunarstarfi á áttunda áratug síðustu aldar þegar unnið var kynbótaskipulag fyrir íslenska kúastofninn og skipulagðar afkvæmarannsóknir á nautum teknar upp í kjölfarið. Þá markaði innleiðing nýs kynbótamats (BLUP) árið 1993 tímamót. Ef horft er til þess hve ættliðabil er langt í nautgriparækt má segja að áhrif þess séu fyrst að koma fram á allra síðustu árum.

Í dag stendur ræktunarstarfið á þröskuldi mikilla tímamóta en unnið er að innleiðingu erfðamengisúrvals. Ekki þarf að fjölyrða um að sú innleiðing mun valda straumhvörfum hvað

# INNGANGUR

erfðaframarir snertir en á sama tíma er gríðarlega mikilvægt að vanda til verka, halda skyldleikarækt í skefjum og viðhalda erfðabreytileika svo sem nokkur kostur er. Vonir standa til að erfðamengisúrval verði innleitt að fullu á árinu 2023 með til dæmis víðtækum vefjasýnatökum til arfgreininga. Slíkt mun gjörbylta aðstæðum og möguleikum til frekari rannsókna á íslenska kúakyninu.

## Ræktunarmarkmið

Fagráð í nautgriparækt hefur samþykkt eftirfarandi ræktunarmarkmið fyrir íslenska kúakynið í samræmi við 4. gr. búnaðarlaga nr. 70/1998:

Í framtíðarskipulagi á ræktun íslenska kúakynsins skal lögð áhersla á að gera íslenska nautgriparækt svo sjálfbæra sem kostur er. Haft verður að leiðarljósi að samþætta framfarir þeirra eiginleika sem skipta meginmáli fyrir mjólkurframleiðslu á hverjum tíma en jafnframt skal gæta þess að halda ásætlanlegum erfðabreytileika og sveigjanleika til að bregðast við breyttum aðstæðum. Íslenska kúakynið verði ræktað áfram sem megin framleiðslukyn greinarinnar. Kynbótaskipulag og ræktunarstarf taki mið af fjölþættum markmiðum með mikilli áherslu á eiginleika sem tengjast lífsþrótti og endingu. Lögð verði áhersla á að nýta erfðataekni til fullnustu við skipulagningu kynbóstastarfsins. Lögð verði áhersla á samfélagslega samstöðu og skyldur þess við varðveislu hins líffræðilega fjölbreytileika. Í ljósi þessa eru ræktunarmarkmið íslenska kúakynsins eftirfarandi.

### **I. Almenn ræktunarmarkmið:**

#### ***I.1 Afurðasemi, frjósemi, ending***

Ræktunarmarkmið íslenska kúakynsins miðar að því að rækta heilbrigðar, frjósamar og endingargóðar kýr með samþættingu afurðaeiginleika og eiginleika er tengjast lífsþrótti og endingu í heildar-kynbóteinkunn.

Ræktunarmarkmið íslenska kúakynsins miðar að því að viðhalda miklum erfðabreytileika og lágmarka skyldleikarækt svo sem kostur er.

#### ***I.2 Sköpulag, skap og sérkenni***

Ræktunarmarkmið er að rækta sterkbyggðar kýr og háfættar kýr með góða bolrýmd og gott skap.

Ræktunarmarkmið er að rækta kollóttar kýr og viðhalda öllum mögulegum litaafbrigðum innan stofnsins.

### **II. Sérstök ræktunarmarkmið fyrir einstaka eiginleika**

#### ***II.1 Afurðir***

Ræktunarmarkmiðið miðar að því að rækta kýr sem skila miklum afurðum þegar á fyrsta mjaltaskeiði með áherslu á próteinframleiðslu.

#### ***II.2 Efnainnihald mjólkur***

Sérstök áhersla skal vera á að auka tíðni þeirra verðefna sem bæta nýtingu og auka hollustu mjólkur.

# RÆKTUNARMARKMIÐ

## II.3 Frjósemi

Leggja skal áherslu á að bæta frjósemi íslenska kúakynsins sem miðar að því að halda æskilegu bili milli burða, góðu fanghlutfalli, eðlilegri meðgöngu og burði lifandi hraustra kálfa.

## II.4 Júgur- og spenagerð

Sérstök áhersla verði lögð á júgur séu vel borin og sterk, júgurband greinilegt. Spenar vel staðsettir og hæfilega langir (3,5-4,5 cm.) og sterklega valið gegn útstæðum framspenum.

## II. 5 Mjaltir

Valið verði fyrir jöfnum hröðum mjöltum (m. mjaltahraði a.m.k 2,5-3 l/mín). Sérstök áhersla lögð á að velja gegn mismjöldum.

## II.6 Júgurhreysti

Ræktunarmarkmiðið er að auka júgurhreysti og lækka tíðni júgurbólgu.

## III. Samsetning kynbótaeinkunnar

Yfirlit yfir vægi einstakra þátta í kynbótaeinkunn endurspeglar ræktunaráherslur á hverjum tíma. Núverandi vægi einstakra eiginleika kynbótaeinkunnarinnar er að finna í eftirfarandi töflu. Úrval fyrir afurðum er úrval fyrir framleiðslu verðefna þannig að afurðaeinkunnin er samsett úr einkunn fyrir fitumagni, próteinmagni og próteinprósentu í hlutföllunum 47% fitumagn, 48% próteinmagn og 5% próteinprósenta.

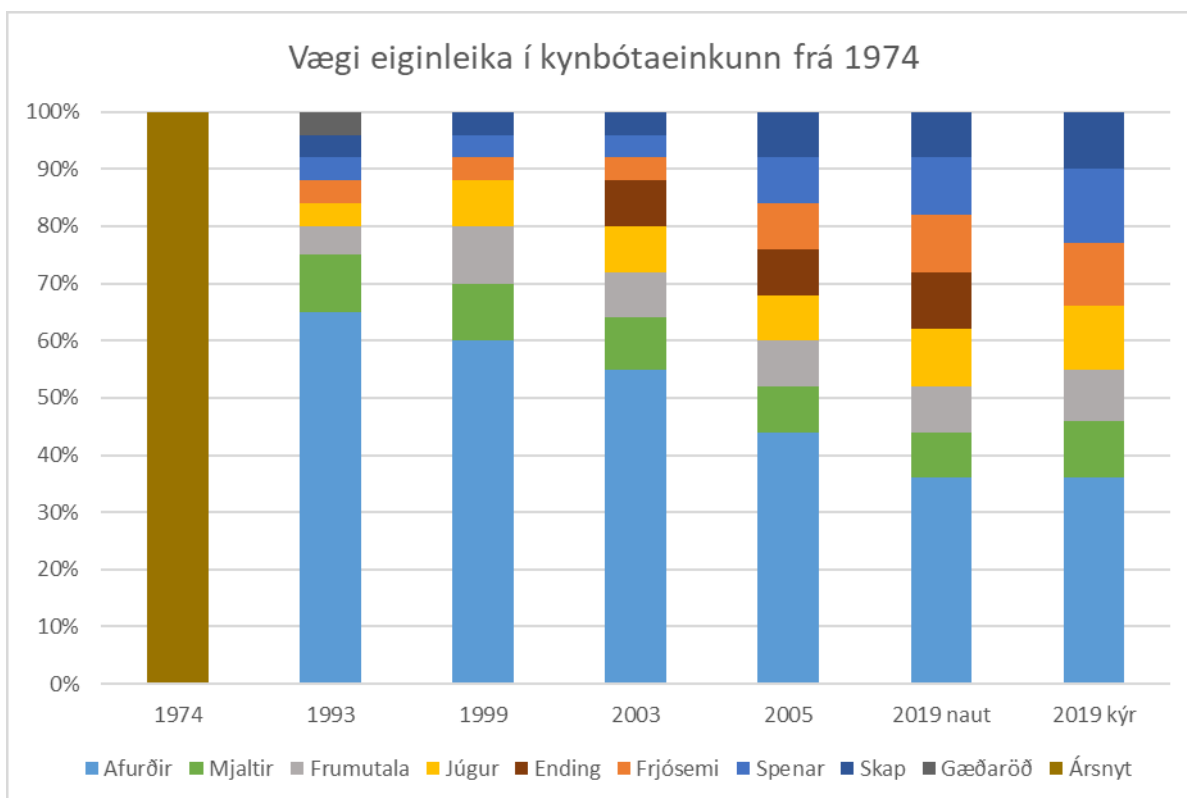
TAFLA 1. VÆGI EIGINLEIKA Í KYNBÓTAEINKUNN

EIGINLEIKI	VÆGI - NAUT	VÆGI - KÝR
Afurðir	36%	36%
Frjósemi	10%	11%
Frumutala	8%	9%
Júgur	10%	11%
Spenar	10%	13%
Mjaltir	8%	10%
Skap	8%	10%
Ending	10%	0%
Samtals	100%	100%

# RÆKTUNARMARKMIÐ

## BREYTINGAR Á RÆKTUNARMARKMIÐI

Á síðustu árum hefur orðið þó nokkur breyting á ræktunarmarkmiði íslenska kúastofnsins. Þær breytingar hafa sérstaklega miðað að því að taka fleiri þætti en afkastagetu inn í ræktunarmarkmiðið. Þannig hefur hlutfallslegt vægi afurða lækkað sem á árum áður var allsráðandi eiginleiki í ræktunarstarfinu. Þetta er í takt við ræktunaráherslur annars staðar í heiminum þar sem vaxandi áhersla er lögð á þætti sem draga úr framleiðslukostnaði, sér í lagi eiginleika sem tengjast endingu og heilbrigði gripanna, eiginleika sem kalla má meðferðar- og umönnunareiginleika. Hérlandis má segja að vaxandi kröfur neytenda um að draga úr lyfjanotkun í mjólkurframleiðslu hafi einnig verið hafðar í huga. Lengst af síðustu öld var eingöngu valið fyrir auknum afurðum og þá sérstaklega aukinni mjólkurfitu. Á níunda áratugnum breyttist sú áhersla og farið var að horfa til próteins. Síðan þá hafa einnig fleiri eiginleikar komið inn í ræktunarmarkmiðið, nú síðast ending árið 2003. Í dag er vægi afurða 36% og valið er fyrir aukinni afkastagetu í verðefnum, kg fitu og próteins. Vægi eiginleika nú byggir á hagrænu vægi þeirra sem unnið var árunum 2017-2019. Vægi eiginleika í ræktunarmarkmiðinu má sjá í töflu 1 og á mynd 1.



Mynd 1 Vægi einstakra eiginleika í heildareinkunn (ræktunarmarkmiði) 1974-2021.



## Fjöldi gripa

Frá árinu 1900 hefur nautgripum á Íslandi fjölgað umtalsvert eða um rúmlega 300%. Á þessu tímabili hafa átt sér stað miklar þjóðfélagslegar breytingar sem leitt hafa af sér miklar búháttabreytingar í sveitum landsins. Fyrir það fyrsta hefur búseta fólks tekið miklum stakkaskiptum á þessum tíma, fólki til sveita hefur fækkað mikið og búseta þjappast í kaupþún og kaupstaði. Þessi þróun hefur leitt af sér þörf til þess að geta keypt matvæli eins og mjólk, mjólkurvörur og kjöt, sem aftur leiddi af sér stofnun afurðastöðva eins og mjólkurbúa, sláturhúsa og kjötvinnslna og þess sér greinilega merki í þróun á fjölda nautgripa. Mjólkurkúm fjölgaði mikið á síðustu öld eða allt þar til framleiðsla var orðin umfram innanlandsneyslu og gripið var til framleiðslustýringar. Á sama tíma urðu miklar framfarir í sveitum landsins og túnrækt jókst gríðarmikið þegar framræsla varð raunhæfur kostur. Það leiddi af sér möguleika bænda til þess að fjölga búfénaði og þá t.d. nautgripum til framleiðslu nautakjöts en sú framleiðsla gerir miklar kröfur til fódurmagns.

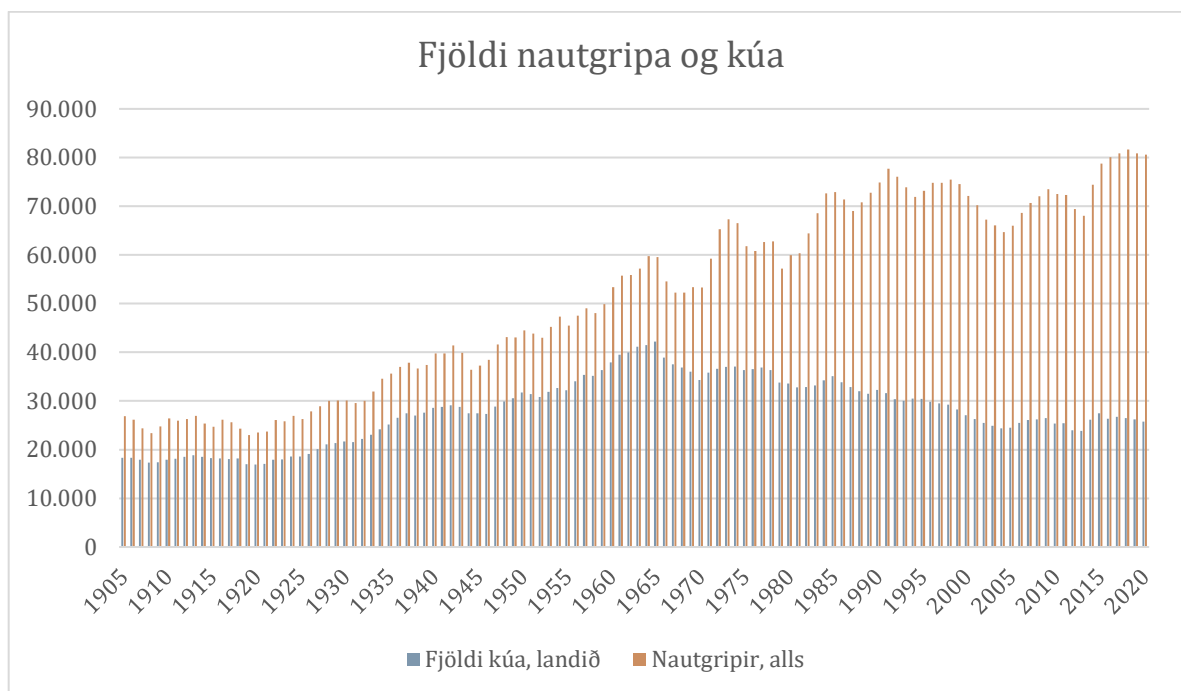
TAFLA 2. FJÖLDI NAUTGRIPA Á ÍSLANDI

	NAUTGRIPIR, ALLS	MJÓLKURKÝR	KVÍGUR	GELDNEYTI
<b>1900</b>	23.569	16.741		
<b>1910</b>	26.438	17.943		
<b>1920</b>	23.497	16.936		
<b>1930</b>	30.083	21.686		
<b>1940</b>	39.732	28.597		
<b>1950</b>	44.505	31.766		
<b>1960</b>	47.508	34.067		
<b>1970</b>	53.294	34.275		
<b>1980</b>	59.933	33.577	4.102	11.590
<b>1990</b>	74.889	32.246	4.583	17.951
<b>2000</b>	72.135	27.066	6.361	19.847
<b>2010</b>	72.509	25.379	6.620	18.873
<b>2020</b>	81.030	25.896	6.167	22.928

Heimild: Bændasamtök Íslands, Hagstofa Íslands, Mælaborð landbúnaðarins

Í töflu 2 má sjá yfirlit yfir fjölda nautgripa á Íslandi frá árinu 1900. Þar má glöggst sjá áðurnefnda þróun auk þess sem gögn og skráningar eftir gripaflokkum verða mun betri frá og með 1980. Þróunin má segja að hafi verið á þann veg að fram til 1960-1970 hafi kúabændur eingöngu haldið mjólkurkýr og kvígur til endurnýjunar. Í kjölfar mikilla umbyltinga í jarðrækt sköpuðust möguleikar til ásetnings nautpenings til kjötframleiðslu og nautgripum fjölga mikið frá 1980 til 1990. Á sama tíma jókst framleiðsla nautakjöts. Þetta má sjá á mynd 2 sem sýnir hlutfall mjólkurkúa af heildarfjölda nautgripa. Lengst af síðustu öld eða fram til 1960 er þetta hlutfall rétt rúm 70% en fer svo lækkandi upp úr því. Í dag er hlutfall mjólkurkúa um þriðjungur af íslenska kúakyninu.

# FJÖLDI GRIPA



Mynd 2 Heildarfjöldi nautgripa og fjöldi mjólkurkúa

Í dag eru allir nautgripir skráðir í gagnagrunn nautgriparæktarinnar, Huppu. Árið 2006 var innleidd skyldumerking á öllum nautgripum hérlandis og síðan þá hafa allar skráningar stórbatnað og yfirlit um fjölda nautgripa og skiptingu þeirra eftir kyni og aldri mjög nærri lagi á hverjum tíma.

TAFLA 3. FJÖLDI LIFANDI GRIPA Í NAUTGRIPARÆKTARKERFINU HUPPU Í DES. ÁR HVERT

GRIPIR	2017	2018	2019	2020
MJÓLKURKÝR	27.005	26.707	26.415	26.331
HOLDAKÝR	2.034	2.287	2.654	3.157
KVÍGUR, 25 MÁN. OG ELDRI	4.857	4.618	4.584	4.790
KVÍGUR, 13-24 MÁN.	11.627	11.359	11.553	11.113
KVÍGUR, 0-12 MÁN.	12.437	12.849	12.307	12.361
NAUT, ELDRI EN 24 MÁN.	2.641	2.696	2.567	3.176
NAUT, 21-24 MÁN.	2.300	2.314	2.590	2.741
NAUT, 18-20 MÁN.	2.445	2.449	2.502	2.440
NAUT, 15-17 MÁN.	2.344	2.468	2.632	2.447
NAUT, 12-14 MÁN.	2.770	2.967	2.857	2.959
NAUT, YNGRI EN 12 MÁN.	10.216	10.595	10.569	10.382
SAMTALS NAUTGRIPIR	80.676	81.309	81.230	81.897

## FJÖLDI GRIPA

Samkvæmt þessum tölum má ætla að heildarfjöldi nautgripa í landinu sé nú milli 81 og 82 þús. talsins. Þar af eru mjólkurkýr um 32% og hefur heldur farið fækkandi undanfarin ár. Holdakúm hefur aftur á móti fjölgað og telja þær nú yfir 3 þús. gripi eða hátt í 4% af heildarfjölda nautgripa. Fjöldi kvígna er samtals um 28.300 sem er í góðu samræmi við raunverulegt endurnýjunarhlutfall kúastofnsins en það liggur nærri 37% á ári. Hver mjólkurkúr ber nú til jafnaðar 2,89 sinnum á æviskeiðinu og er meðalaldur við förgun 1.865,3 dagar.

## Skýrsluhald

Í raun má skipta skýrsluhald í nautgriparækt á Íslandi í tvo flokka; hjarðbók og afurðaskýrsluhald. Nautgriparæktargagnagrunnurinn Huppa og einstaklingsmerkingakerfið MARK er í raun einn og sami grunnurinn þar sem hvort kerfi um sig nýtir sama miðlæga gagnagrunninn. MARK heldur utan um merkingar nautgripa samkvæmt ákvæðum reglugerðar um merkingar búfjár ásamt burðar- og flutningssögu gripa. Í skýrsluhaldskerfinu Huppu er svo að finna afurðaskráningar bænda ásamt ætternisupplýsingum og mati á kynbótagildi.

Þeim bændum sem framleiða mjólk stendur til boða að taka þátt í afurðaskýrsluhaldi sem er grunnur að mati á kynbótagildi gripanna. Þátttaka í skýrsluhaldi er forsenda þess að njóta greiðslna frá ríkinu samkvæmt samningi um starfsskilyrði nautgriparæktarinnar og hefur verið svo frá árinu 2017. Þetta hefur leitt til þess að allir mjólkurframleiðendur á landinu halda afurðaskýrslur og mun Ísland eina landið í heiminum þar sem þátttaka í skýrsluhaldi er nánast 100%. Þeir bændur sem ekki taka þátt í skýrsluhaldi færa svokallaða hjarðbók þar sem eingöngu er um að ræða færslu á burðum, afdrifum, kaupum/sölu og sláturupplýsingum. Frá og með 1. janúar 2006 hefur verið skylt að merkja og skrá alla nautgripa í MARK, gagnagrunn einstaklingsmerkinganna.

Í skýrsluhaldskerfinu eru skráðar eftirfarandi upplýsingar:

- Ætternisupplýsingar
- Burðir og afdrif gripa
- Nyt kúnna, mánaðarlegar mælingar
- Niðurstöður kýrsýna (beinn innlestur frá Rannsóknastofu mjólkuriðnaðarins)
- Sláturupplýsingar (þungi og matsflokkur, beinn innlestur frá sláturhúsum)
- Útlitsmat (kúadómar)
- Mjaltaathugun
- Heilsufarsskráningar og meðhöndlunir (tenging við Búfjárheilsu)
- Frjósemissupplýsingar
  - Sæðingar
  - Árangur og fanghlutfall
  - Niðurstöður fangsýna (beinn innlestur frá Rannsóknastofu mjólkuriðnaðarins)
- Nautastöðin
  - Sæðisgæði, kynvilji, o.s.frv.
  - Sæðisbirgðir
- Arfgerðargreiningar (DNA-sýni)

Afurðaskýrsluhaldið er framkvæmt af bændum sjálfum, þ.e. þeir mæla nyt kúnna og taka kýrsýni sjálfir. Nyt er skráð af bændum sjálfum beint í skýrsluhaldskerfið Huppu, lesin með rafrænum hætti beint úr tölvukerfum mjaltaþúnaðar eða skilað á pappír til skráningar hjá

## SKÝRSLUHALD

Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins. Rúmlega 90% bænda sem taka þátt í skýrsluhaldi skrá eða lesa mælingar sjálfir beint í Huppu. Um áramótin 2020/21 voru 533 bú sem framleiddu mjólk á landinu öllu og þar af skiluðu 530 bú skýrslum í desember 2020 eða 99,4% búanna.

## Mat á kynbótagildi

Það kynbótamatskerfi sem notað er í nautgriparækt á Íslandi var að grunni til tekið í notkun árið 1993. Matið byggir á skilgreindum ræktunarmarkmiðum og voru mjólkurskeiðsafurðir lagðar til grundvallar matinu ásamt útlitsdómi. Vorið 2018 var þetta kerfi endurbætt og í stað mjólkurskeiðsafurða er nú dagsnyt lögð til grundvallar við kynbótamatsútreikninga, svokallað mælidagalíkan (e. test-day model). Það líkan er unnið af Jóni Hjalta Eiríkssyni og byggir á meistaraverkefni hans við Landbúnaðarháskóla Íslands. Þar voru m.a. metnir erfðastuðlar fyrir mjólkurmagn, fitumagn, próteinmagn og frumutölu á fyrstu þremur mjaltaskeiðum með slembiaðhvarfslíkani. Í ljós kom að arfgengi allra eiginleika reyndist lægst í upphafi mjaltaskeiðs en hæst um eða eftir mitt mjaltaskeið. Þá var arfgengi afurðaeiginleika metið hærra í þessari rannsókn en í eldri rannsóknum á stofninum.

Haustið 2021 var einkunn fyrir frjósemi endurbætt og í stað þess að reikna kynbótaeinkunn einungis út frá bili milli burða byggir einkunnin nú á bili milli burðar og fyrstu sæðingar, bili milli fyrstu og síðustu sæðingar og fanghlutfalli kvígna við fyrstu sæðingu. Þórdís Þórarinsdóttir sá um innleiðingu þessa mats og byggir hún á meistaraverkefni hennar við Landbúnaðarháskóla Íslands.

Notast er við BLUP-einstaklingslíkan (e. best linear unbiased prediction) sem byggir á öllum tiltækum upplýsingum um grip (ætternisupplýsingum og mælingum á eiginleikum) ásamt upplýsingum um ættingja hans. Þessar upplýsingar eru settar upp í fjölbreytu einstaklingslíkan (multiple trait animal model) svo að til verður risa-jöfnuhneppi sem leyst er með fylkjareikningi þannig að út kemur kynbótamat gripsins. Helsti kostur aðferðarinnar er að kynbótaeinkunnir allra gripa verða samanburðarhæfar þar sem tekið er tillit til erfðaframsfara í stofninum, þ.e. með þessari aðferð er hægt að bera saman gripi á milli búa og eftir mismunandi tímabilum.

Kynbótagildi eða kynbótamat fyrir endingu er metið með svokölluðu feðralíkani (e. sire-model).

Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins annast kynbótamatsútreikninga í nautgriparækt og hefur Elsa Albertsdóttir haft veg og vanda að þeirri vinnu. Kynbótamat fyrir endingu hefur verið unnið af Baldri Helga Benjamínssyni. Alls er reiknað kynbótamat fyrir 63 eiginleika.

Í íslenskri nautgriparækt má segja að heildarkynbótagildi hvers grips komi fram í heildareinkunn sem skilgreind er í ræktunarmarkmiðinu, sjá töflu 1. Heildareinkunnin samanstendur af 8 eiginleikum sem hafa mismunandi vægi og er hver eiginleiki í heildareinkunninni samsettur úr fleiri undireiginleikum. Sem dæmi má taka að kynbótaeinkunn fyrir afurðir er samsett úr mjólkurmagni og fitu- og próteinhlutfalli á þremur fyrstu mjólkurskeiðunum. Vægi afurða í kg fitu er 47% í afurðaeinkunninni og vægi í kg próteins 48% auk þess sem vægi próteinhlutfalls er 5% til þess að sporna við því að

## MAT Á KYNBÓTAGILDI

efnahlutföll lækki með aukinni afkastagetu, en milli afkastagetu í kg mjólkur og hlutfalla fitu og próteins í mjólk er neikvæð erfðafylgni. Hvert mjólkurskeið vegur svo misþungt, 1. mjólkurskeið vegur 50%, annað mjólkurskeið vegur 30% og það þriðja 20%.

Markmiðið með heildareinkunninni er að sjálfsögðu að rækta afurðasamar, hraustar, frjósamar og endingargóðar kýr og má líkja við það sem oft er nefnt „Total Merit Index“ á engilsaxneskri tungu.

## Söfnun lífsýna og varðveisla þeirra

Skipta má þeim lífsýnum sem tekin eru og varðveitt úr íslenska kúastofninum í tvennt; sæði og DNA-sýni.

Öll sæðistaka fer fram á nautastöð Bændasamtaka Íslands á Hesti í Borgarfirði þar sem mest allt sæði er jafnframt geymt í fljótandi köfnunarefni. Auk þess eru nokkrar sæðisbirgðir geymdar hjá Kynbótastöð Suðurlands í Þorleifskoti í Flóa, rétt utan við Selfoss. Úr hverju nauti eru teknir 6.600 skammtar af sæði og af þeim eru sendir 900 skammtar úr hverju nauti til afkvæmaprófunar þegar sýnt þykir að viðkomandi naut muni gefa nægt sæði af ásættanlegum gæðum. Að lokinni afkvæmaprófun er tekin ákvörðun um hvort viðkomandi naut fari til framhaldsnotkunar sem reynt naut eða ekki. Úr þeim nautum sem ekki fara til framhaldsnotkunar er öllu sæði hent utan 10 skammtar eru geymdir úr hverju nauti, þ.e. erfðaeftirbúi þeirra er varðveitt á þann hátt. Úr þeim nautum sem fara til framhaldsnotkunar er öllu sæði dreift til notkunar eða afgangnum hent eftir að notkun lýkur utan að úr hverju nauti eru geymdir 10 skammtar eins og áður sagði.

Í dag er sá háttur hafður á að þegar ákvörðun er tekin um að taka nautkálfa á Nautastöðina á Hesti er tekið úr þeim og mæðrum þeirra vefjasýni (DNA-sýni) til staðfestingar á ætterni og notkunar í erfðamengisúrvali en unnið er að innleiðingu þess. Sýnataka er í höndum starfsmanna RML og Nautastöðvar BÍ. Þessi sýni hafa fram að þessu verið greind hjá Eurofins í Danmörku og niðurstöður þeirra lesnar inn í nautgriparæktarkerfið Huppu.

Í örfáum tilvikum hafa bændur látið taka DNA-sýni úr einstökum gripum til staðfestingar á ætterni sem tekin eru og meðhöndluð á sama hátt og DNA-sýni úr nautkálfum Nautastöðvarinnar. Þá er reynt að taka sýni úr þeim örfáu gripum sem greinast með erfðagallann fláttu.

Áður en taka vefjasýna hófst eða fram til ársins 2018 voru teknir stroksýni úr nös. Greining þeirra og geymsla var og er í höndum MATÍS í Reykjavík.

Nú er unnið að innleiðingu erfðamengisúrvals í íslenskri nautgriparækt og vegna þess hefur söfnun lífsýna tekið miklum breytingum. Á árinu 2017 var hafist handa við myndum grunnefndahóps til undirstöðu fyrir erfðamengisúrvalið. Í því skyni var safnað vefjasýnum úr rúmlega 7.500 kúm og kvígum á 122 búum um land allt veturinn 2017-2018. Þessi sýni voru greind hjá Genoskan (Eurofins) í Danmörku.

Veturinn 2020-2021 var unnið að stækkun viðmiðunarhópsins til þess að freista þess að fá aukið öryggi á væntanleg erfðalíkön og -spár. Safnað var rúmlega 4.100 sýnum á 174 búum um allt land. Eins og áður voru sýnin send til greiningar hjá Eurofins í Danmörku.

Nú er unnið að skipulagningu vefjasýnatöku úr öllum fæddum kvígum sem færi þá þannig fram að sýni er tekið úr gripnum um leið og hann er merktur með einstaklingsmerki. Sú sýnataka



## SÖFNUN LÍFSÝNA OG VARÐVEISLA ÞEIRRA

verður í höndum bænda sjálfra en á þessari stundu er ekki ljóst hvar greining sýnanna verður framkvæmd. Vonir standa til að hægt að framkvæma hana hérlandis og byggja um leið upp öflugan lífsýnabanka fyrir íslenska nautgriparækt.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

## Erfðafræðileg staða og erfðabreytileiki í íslenska kúastofninum

Kynbótaskipulag nautgriparæktarinnar miðast við að á landinu er einn miðpunktur ræktunarstarfsins, Nautastöð Bændasamtaka Íslands. Á stöðina eru teknir nautkálfa, til afkvæmaprófunar, sem eru taldir búa yfir bestu erfðavísunum í stofninum á hverjum tíma. Sex til tíu naut (reynd naut) feðra næstu kynslóð kálfa og þar af 2-7 valin til að feðra nautkálfa sem teknir verða á stöð í framtíðinni.

Áður en skipulögð sæðingastarfsemi hófst hérlendis var hægt að tala um skipulegar ræktunarlínur og innan þeirra gat verið nokkur skyldleikarækt með áralangri notkun einstakra nauta í eigu nautgriparæktarfélaganna. Talað var um sérstaka stofna innan kúastofnsins, svo sem Kluftastofn, eyfirskar kýr og mýrdælskar kýr. Þrátt fyrir þetta hefur skyldleikarækt ekki valdið eins miklum usla og halda mætti. Þrátt fyrir þrengingar og fækkun í stofninum fyrr á öldum, hikuðu ræktendur auk þess ekki við að beita skyldleikarækt. Með tilkomu skipulagðra sæðinga dró úr skyldleikarækt og sú þróun hélt áfram þegar notkun á djúpfrystu sæði hófst árið 1969. Á þeim tíma sem sæðingar hafa verið við lýði er skyldleiki gripa innan sömu sveitar nú orðinn svipaður og hann var áður fyrr á milli gripa í ólíkum héruðum.

Litlum stofnum fylgir hætta á skyldleikarækt og skyldleikaræktarhnignun sem oftast tengist frjósemisvandamálum og lélegum lífeðlisfræðilegum afköstum. Þetta virðist þó ekki vera vandamál á Íslandi og má því segja að tekist hefur afar vel til hvað skyldleika- og skyldleikaræktarhnignun varðar ef snæð stofnsins er höfð í huga. Auk þess hafa rannsóknir sýnt að skyldleikaræktarhnignun er minni í íslenska kúastofninum en fundist hefur í öðrum sambærilegum kynjum fyrir þá eiginleika sem skoðaðir hafa verið. Virk stofnstærð (effective population size) íslenska kúastofnsins er samkvæmt nýjustu rannsóknum 60-92 einstaklingar, en var 147 einstaklingar fyrir um tuttugu árum síðan og fór niður í 45 einstaklinga 2010-2015. Mál hafa því þokast til betri vegar á síðustu árum. Virk stofnstærð er fjöldi einstaklinga í stofni sem taka þátt í æxlun stofnsins og eru óskyldir innbyrðis, með öðrum orðum, fjöldi einstaklinga sem standa undir nýliðun stofnsins og hafa einstakt ættartré.

Leitast hefur verið við að sporna við skyldleikarækt og varðveita erfðabreytileika með því að takmarka notkun bestu kynbótanauta, m.a. með því að safna aðeins u.þ.b. 6.600 skömmum úr hverju nauti sem kemur á stöð. Þá hafa fleiri nautsfeður verið notaðir en myndu skila mestu mögulegum erfðaframförum auk þess sem hver og einn nautsfaðir hefur verið notaður minna og styttra en áður. Þannig eru nú yfirleitt á bilinu 4-7 nautsfeður í notkun á hverjum tíma í stað 2-4 áður. Að sama skapi er aðeins í undantekningartilfellum tekin fleiri en eitt naut undan hverri nautsmóður auk þess sem sneitt er hjá því að taka mjög skyldleikaræktaða gripi til notkunar í hinu sameiginlega ræktunarstarfi.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

Þrátt fyrir þetta fór skyldleikarækt í íslenska kúastofninum vaxandi fram til 2012-2013 samkvæmt niðurstöðum þeirra rannsókna sem gerðar hafa verið. Þær niðurstöður kunna að vera eilítið skekkta vegna betri skráninga og þéttari ætternisupplýsinga hin síðari ár. Í töflu 4 má sjá yfirlit um þróun skyldleikaræktar og virkrar stofnstærðar í íslenska kúastofninum. Þær niðurstöður sýna að full ástæða er til þess að vera vakandi yfir skyldleikaræktaraukningu enda þekkt að úrval með þeim aðferðum sem beitt er hérlandis eykur skyldleikarækt.

TAFLA 4. ÞRÓUN SKYLDLEIKARÆKTAR Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

ÁRABIL	Aukning í skyldleikarækt yfir kynslóð $\Delta F$	Virk stofnstærð $N_e$
1985-1990	0,34	147
1995-2000	0,38	131
2000-2005	0,43	115
2005-2010	0,79	63
2010-2015	1,11	45
2009-2017	0,14-0,19	60-92

Heimildir: Þorvaldur Kristjánsson, 2011, óbirtar niðurstöður, Egill Gautason 2016 og Egill Gautason o.fl., 2021

Í rannsókn á norrænum kúakynjum og kynjum frá Eystrasaltslöndunum, sem unnin var í Finnlandi 2006 og tók til 35 kúakynja og virtist ná yfir öll kúakyn á þessu svæði auk þess sem pólskar kýr eru einnig hluti af efniviðnum, var breytileiki milli stofna um 10% af heildinni og langmestur breytileiki var innan erfðahópanna. Íslensku kýrnar sýndu hlutfallslega lítinn breytileika, með fimmta lægsta gildið (3,95, meðaltal 4,50) og voru einnig með fremur lágt hlutfall arfblendinna sæta (0,61, meðaltal 0,66). Sömu einkenni komu fram hjá dönskum Jersey kúm og rauðum dönskum ásamt litlum erfðahópum í Svíþjóð sem jafnan eru talda til „almúgakúa“ (Almogeko).

Önnur mjög stór rannsókn á evrópskum kúakynjum var unnin af rannsóknahóp sem kallast „The European Cattle Genetic Diversity Consortium“ og tók til yfir 50 kúakynja úr allri Evrópu. Þar var m.a. gerður samanburður á stofnum út frá breytileika í lengd DNA raða (AFLP) sem ekki tengjast örtunglagenum. Íslenska kúakynið var með í þessum greiningum, sem fyrst og fremst höfðu þann tilgang að skoða gagnsemi aðferðarinnar í samanburði við örtunglagen. Einnig var beitt hliðstæðum aðferðum og í finnsku rannsókninni sem nefnd var hér að ofan við að meta framlag stofna til heildarfjölbreytileika á grundvelli greininga á örtunglagenum en þar var íslenska kúakynið ekki meðtalið. Niðurstaða höfunda er sú að báðar aðferðir gerðu litlum skyldleikaræktuðum stofnum hlutfallslega of hátt undir höfði við mat á framlagi til heildarbreytileika og að þörf væri á endurbættum aðferðum.

Egill Gautason (2016) mat skyldleikarækt 0,18% á ári árin 2010-2015 en Bjarni Sævarsson (2017) fann út að skyldleikaræktaraukning yfir ár mældist 0,077% á árabílinu 1993-2014 hjá kúm en að aukning skyldleikaræktar sæðingana á árabílinu 1990-2016 væri 0,097% á ári. Þessum niðurstöðum ber saman við það sem Egill Gautason (óbirt gögn) hefur komist að í

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

doktorsverkefni sínu að frá og með 2012-2013 hafi aukning skyldleikaræktar í íslenska kúastofninum minnkað frá því sem áður var. Líklegasta skýringin er sú að 2007 var val nautsfeðra víkkað út frá því að valdir voru 2-4 á ári í að 4-7 nautsfeður koma nú til nota úr hverjum árgangi. Áhrif þessa koma nokkuð glögggt fram þegar synir nautsfeðranna frá 2007 fóru að skila sonum sínum inn í ræktunarstarfið.

Nýjasta rannsóknin á skyldleikarækt í íslenska kúastofninum er rannsókn Egils Gautasonar o.fl. (Egill Gautason o.fl. 2021) en þar var meðal annars notast við mat á arfhreinum svæðum (runs of homozygosity) en það eru þau svæði í erfðamenginu þar sem öll sæti eru arfhrein í lengjum. Niðurstaða þessarar rannsóknar var að arfhrein svæði í íslenskum kúm væru ekki ósvipuð að lengd og tölu og í öðrum stofnum sem hafa verið einangraðir og því væri ekki að greina merki um óhóflega skyldleikarækt. Meðalskyldleikaræktarstuðull í íslenska kúastofninum var metinn sambærilegur öðrum framleiðslukynjum og virk stofnstærð væri innan ásættanlegra marka. Þá segir Egill Gautason (2021) að í íslenska kúastofninum sé ekki að finna merki um mikið tap á erfðabreyttileika. Þessi rannsókn sem byggir á arfgerðargreiningum sýnir minni skyldleikaræktaraukningu en eldri rannsóknir og virka stofnstærð meiri.

Sérstaða íslenskra búfjárkynja hefur komið skýrt fram í samanburði evrópskra búfjárkynja, sem helgast ekki síst af langtímaeinangrun búfjár hér á landi. Flest önnur kyn sem sýna viðlíka sérstöðu eru talin í útrýmingarhættu og gripir oft mjög fáir. Á meðan íslensku kynin standa undir virkri framleiðslu eins og nú er, teljast þau ekki í neinni hættu en ef breyting verður þar á getur dæmið snúist snögglega við. Því er nauðsynlegt að fylgjast vel með þróun þessara mála til að geta brugðist við ef þörf krefur.

## AÐGERÐIR TIL ÞESS VIÐHALDA ERFÐABREYTTILEIKA Í STOFNINUM

Auk þess sem áður hefur verið nefnt til þess að stemma stigu við aukinni skyldleikarækt og minnkandi erfðabreyttileika er markviss og reglubundin notkun EVA (EVolutionary Algorithm for Mate Selection). EVA er forrit sem notað er til að hámarka erfðaframfarir með lágmarks aukningu í skyldleikarækt. Í dag er þetta forrit notað við gerð þörunartillagna fyrir væntanlegar nausmæður. Ljóst er að markviss notkun kjörframlaga sæðingana verður ein af grunnforsendum nýs kynbótaskipulags þegar erfðamengisúrval fyrir íslenska kúastofninn verður innleitt. Aðeins þannig verður hægt að halda skyldleikarækt og erfðabreyttileika innan ásættanlegra marka.

## EINSTAKIR EIGINLEIKAR SEM GÆTU VERIÐ Á UNÐANHALDI VEGNA RÆKTUNARSTARFSINS

Þegar litið er til þess hvort einstakir eiginleikar gætu verið á undanhaldi í íslenska kúastofninum vegna þess að þeir eru ekki taldir æskilegir eða enginn augljós ávinningur af þeim og því markvisst valið gegn þeim beinast sjónir fyrst og fremst að hornalagi. Í íslenskri nautgriparækt er að segja má markvisst valið gegn hyrndum gripum þannig að hyrndir gripir

## ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

eru ekki valdir til undaneldis, a.m.k. í hinu sameiginlega ræktunarstarfi. Þannig eru hyrnd naut ekki tekin til notkunar á Nautastöð Bændasamtakanna og ekki eru teknir kálfar á stöðina undan hyrndum kúm. Þrátt fyrir þetta er ljóst að þessum eiginleika verður ekki útrýmt úr stofninum enda erfist hann víkjandi sem þýðir að hann getur dulist kynslóð fram af kynslóð í stofninum. Til þess að skoða tíðni hyrndra gripa í stofninum var valin sú leið hér að kanna tíðni hyrndra kúa sem skoðaðar hafa verið í héraðssýningum á kúm 1982-1985 og svo aftur í kúaskoðun frá árinu 2000. Ástæðan er sú að þarna er um metna gripi að ræða þar sem einn skoðunar- og skráningarþátturinn er hornalag. Auk þess eru hin síðari ár skoðaðar árlega 5-8.000 fyrsta kálfs kvígur sem lætur nærri að sé 7-11% af öllum stofninum og % af öllum mjólkurkúm. Þessu til viðbótar er faðerni dreift og bæði skoðaðir gripir undan sæðinga- og heimannautum. Það má því segja að hér sé um að ræða mjög gott og lýsandi úrtak fyrir þennan eiginleika og tíðni hans í stofninum.

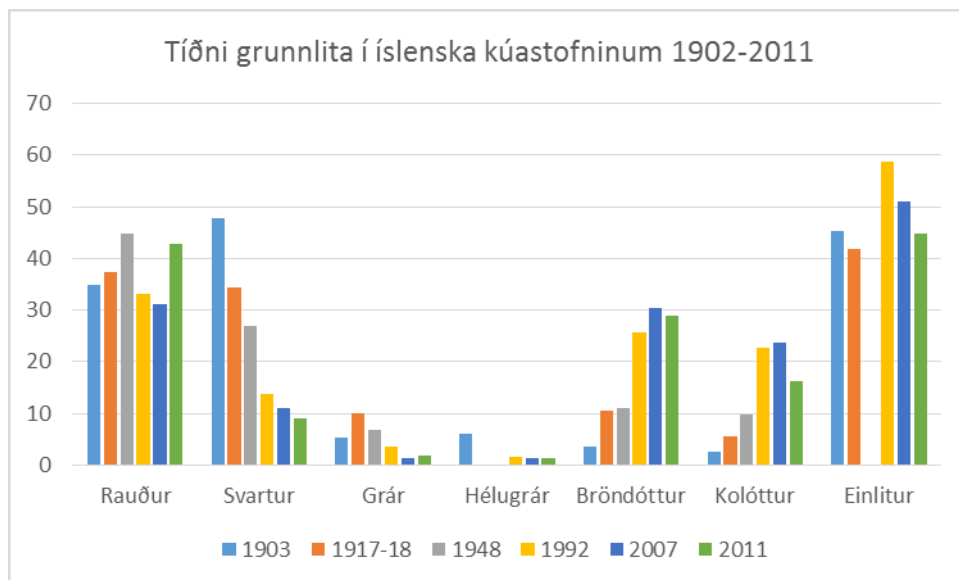
TAFLA 6. FJÖLDI OG TÍÐNI HYRNDRA OG HNÍFLÓTTA KÚA Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM 1982-2020

ÁR	Dæmdar kýr	Kollóttar	Hyrndar	Hníflóttar
1982-85	3.108	2.707 (87,1%)	117 (3,8%)	284 (9,1%)
2000	1.280	1.242 (97,0%)	25 (2,0%)	13 (1,0%)
2005	4.580	4.500 (98,3%)	51 (1,1%)	29 (0,6%)
2010	5.606	5.495 (98,0%)	46 (0,8%)	65 (1,2%)
2015	6.279	6.184 (98,5%)	42 (0,7%)	53 (0,8%)
2020	6.209	6.072 (97,8%)	33 (0,5%)	104 (1,7%)

Eins og sjá má í töflu 6 hefur tíðni hyndra og hníflóttara kúa minnkað verulega á undanförunum áratugum enda valið sérstaklega gegn hyrndum gripum í hinu sameiginlega ræktunarstarfi. Eins og áður sagði verður þessum eiginleika þó tæpast útrýmt. Ávallt koma til notkunar naut frá Nautastöð BÍ sem gefa hyrnda gripi, t.d. gefa 12 af þeim 19 nautum sem nú eru í dreifingu sem reynd naut hyrnd afkvæmi. Það virðist því ástæðulaust að óttast að hornum verði útrýmt í stofninum þó úr tíðni þessa eiginleika hafi dregið.

Einn þeirra eiginleika sem okkur hefur verið umhugað um er litafjölbreytni íslenska kúastofnsins enda má telja hana nokkuð einstæða í nútíma nautgriparækt. Hérlandis hefur aldrei verið valið fyrir einum ákveðnum lit eins og þekkt er víða erlendis. Þvert á móti hefur frekar verið valið fyrir litafjölbreytni og reynt að fá til notkunar naut af öllum litum án þess þó að slaka á öðrum kröfum. Árið 2012 kannaði Sara María Davíðsdóttir litafjölbreytileika íslenska kúastofnsins í BS-verkefni sínu við Landbúnaðarháskóla Íslands. Niðurstaða hennar var sú að rauðar og bröndóttar kýr eru langalgengastar innan stofnsins en sægráar sjaldgæfastar og algengasta litamynstrið að höfuðmynstrum frátöldum er sokkótt/leistótt. Á síðastliðnum árum hefur rauðum og bröndóttum kúm fjölgað á kostnað kolóttara, svartra og grárara en svipað hlutfall sægrárara kúa er til staðar í stofninum.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM



Mynd 3 Tíðni grunnlita og einlitar í íslenska kúastofninum 1902-2011.

Í verkefni sínu skoðaði Sara María þróun á tíðni grunnlita í íslenska kúastofninum. Þar vitnaði hún til rannsókna L.O. Bæröe sem skoðaði liti 115 íslenskra kúa á Austur- og Norðurlandi árið 1902, úttekta Páls Zóphaníassonar úr skýrslum nautgriparæktarfélaganna á lit 2.793 kúa 1917-18 og ónefnds fjölda kúa 1948, meistaraprófsritgerðar Sigríðar Bjarnadóttur frá Ási í Noregi 1992 þar sem skoðaðar voru 2.695 kýr og lítillar rannsóknar Önnu Sæunnar Ólafsdóttur og Örnú Mekkínar Ragnarsdóttur sem þær gerðu 2007 í líffræðiáfangi við Menntaskólann á Akureyri. Þær fóru á 8 bæi í Eyjafirði og skráðu liti 314 gripa. Á mynd 3 má sjá samandregið yfirlit þessara rannsókna og athugana fengnar úr BS-ritgerð Söru Maríu.

Þar má greinilega sjá að svörtum kúm hefur fækkað mikið en bröndóttum og kolóttum kúm fjölgað að sama skapi. Segja má að tíðni rauða litarins hafi haldist nokkuð stöðug á þessu rúmlega 100 ára tímabili. Gráum kúm hefur fækkað nokkuð hin síðari ár en þar er um að ræða hinn steingráa lit en það sem kallað er hélugrátt er það sem oft er nefnt sægrátt eða jafnvel er talað um bláar kýr. Einlitum kúm fjölgaði þar til um 1990 að þeim hefur fækkað aftur.

Sara María kannaði einnig tíðni litamynstra í stofninum. Helstu niðurstöður hennar voru þær að af 1.860 kúa úrtaki voru 684 kýr með lit í höfði eða um 36,8% og um 63% þeirra kúa sem hafa lit á höfði eru með annað hvort lauf eða stjörnu í enni enda eru það tvö algengustu höfuðmynstrin. Sjaldgæfast er að kýr séu hjálmóttar og krílmóttar. Að höfuðmynstrunum undanskyldum fann Sara María að algengast væri að kýr séu með sokka eða leista en aðeins rúmlega 1% eru beltóttar. Um 27% kúnna voru huppóttar og tæplega 12% skjöldóttar. Að öðru leyti vísast til ritgerðar Söru Maríu.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

Í kúaskoðun eða við útlitsdóma á kúm er litur og litamynstur skráð og því hefur gegnum tíðina fengist gott yfirlit yfir þær breytingar sem orðið hafa á tíðni grunnleita og litamynstri í íslenska kúastofninum. Í töflu 7 má sjá yfirlit um tíðni grunnlita og litamynstra í útlitsdómum 2015 og 2020.

**TAFLA 7. TÍÐNI GRUNNLITA OG LITAMYNSTRA Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM 2015 OG 2020**

GRUNNLITIR, %											
ÁR	Fjöldi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	6.402	1,4	7,8	41,6	14,6	7,9	6,3	11,3	7,6	1,0	0,5
2020	6.233	0,5	4,9	32,2	11,1	19,6	9,9	13,3	7,3	0,5	0,7
LITAMYNSTUR, %											
ÁR	Fjöldi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	6.402	48,0	2,2	1,4	5,6	19,4	2,0	16,4	2,4	1,2	1,4
2020	6.233	37,2	5,2	2,8	4,3	24,5	0,9	22,0	1,1	0,6	1,4

GRUNNLITIR: 0=HVÍTUR EÐA EKKI SKRÁÐ, 1=LIÓSRÁUÐUR, 2=RAUÐUR, 3=RAUÐBRÖNDÓTTUR, 4=BRÖNDÓTTUR, 5=KOLÓTTUR, 6=DÖKKKOLÓTTUR, 7=SVARTUR, 8=GRÁR OG 9=SÆGRÁR.

LITAMYNSTUR: 0=EINLITUR EÐA EKKI SKRÁÐ, 1=HÚFÓTTUR, 2=KROSSÓTTUR, 3=LEISTÓTTUR/SOKKÓTTUR, 4=HUPPÓTTUR, 5=SÍÐÓTTUR, 6=SKJÖLDÓTTUR, 7=HRYGGJÓTTUR, 8=DÍLÓTTUR OG 9=GRÖNÓTTUR.

Ef rýnt er í þessar tölur og þær bornar saman við eldri tölur má segja að hlutfall rauðra kúa sé mjög stöðugt um 40%, bröndóttar kýr eru um 30% stofnsins og kolóttum hefur fjölgað í nálægt 25%. Svörtum kúm hefur fækkað frá því sem var og virðist síga hægt og rólega niður, er nú í rúmlega 7%. Gráar og sægráar kýr eru tiltölulega fáar eða á bilinu 1-2%.

Ef horft er til litamynstra má sjá að á hverjum tíma er um 40-50% stofnsins einlitur. Ef horft til mynstranna sjálfa þá fer huppóttum og skjöldóttum kúm nú fjölgandi og sama má segja um litamynstur á höfði, það er húfóttum og krossóttum. Hins hefur dregið úr tíðni litamynstra eins og hryggjótt, dílótt og grönótt.

Mestu áhrifin á tíðni lita í íslenska kúastofninum í dag verða gegnum sæðingastarfsemina og litaerfðir þeirra nauta sem eru í notkun á hverjum tíma. Þar geta einstök naut sem koma vel út í t.d. afkvæmaprófun og erfa frá sér ákveðna liti og litamynstur haft veruleg áhrif til aukningar. Með þetta í huga má nefna að á undanförunum misserum hafa verið reynd naut í notkun sem erfa gráa og svarta liti en hins vegar væri mjög æskilegt að fá öflug hryggjótt og grönótt naut til notkunar til þess að auka tíðni þeirra litamynstra.

## RANNSÓKNAVERKEFNI ER VARÐA ERFÐAFRÆÐILEGA STÖÐU ÍSLENSKA KÚASTOFNSINS

Hér á eftir verða talin upp þau verkefni sem unnin hafa verið frá því síðasta skýrsla var gerð árið 2014 og varða eða snerta erfðafræðilega stöðu kúastofnsins á einn eða annan hátt. Farin

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

er sú leið að birta nafn verkefnis, höfund, hverjir komu að verkefninu og úrdrátt (abstract/summary).

## Nýr dómkali fyrir mat á skapgerð íslenskra kúa

### BS-verkefni Hafþórs Finnbogasonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2014

Skapgerð kúa er einn þeirra eiginleika sem skipta orðið sífellt meira máli með breyttum aðstæðum í nautgripærkt þar sem góð skapgerð er mikilvæg fyrir daglega umgengni og vinnu við kýrnar. Dómstiginn sem notaður er til að meta skapgerð íslensku kýrinnar er of almennt skilgreindur sem gerir kynbætur á skapinu erfiðari. Meginmarkmið þessa verkefnis var því að endurskoða og bæta dómstigann sem notaður er til að meta skapgerð kúnna með það að markmiði að eiginleikinn nýtist betur við kynbætur.

Útbúinn var dómstigi, sem byggir á hugmyndum Nýsjálendinga, með þremur eiginleikum; annars vegar skapeiginleikunum aðlögun að mjöltum og fjóshegðun og hins vegar heildarmati sem tekur almennt til gæða kúnna. Bændur voru beðnir um að meta fyrsta kálfs kvígur sínar með tilliti til eiginleikanna og fengust upplýsingar um 2.684 kvígur.

Niðurstöður útreikninga á erfðastuðlum fyrir skapeiginleikana leiddu í ljós arfgengi (aðlögun að mjöltum: 0,103 og fjóshegðun: 0,125) sem er svipað því arfgengi sem notað er við kynbætur á skapi í núverandi kerfi (0,13). Erfðafylgni milli aðlögunar og fjóshegðunar (0,997) gefur til kynna að þetta séu sömu eiginleikarnir erfðalega séð og því dygði að velja aðeins fyrir öðrum eiginleikanum í kynbótum. Arfgengi heildarmats (0,107) er nærri helmingi lægra heldur en arfgengi gæðaraðar, sem tekur til gæða kúnna í núverandi kerfi, og því á eiginleikinn ekki erindi inn í ræktunarstarfið.

Niðurstöður sýndu að skalinn fyrir aðlögun að mjöltum er of þröngt skilgreindur og náði því ekki að meta raunverulegan breytileika eiginleikans.

Auk þess benda niðurstöður til þess að ef ná á yfir sem mestan breytileika í skapgerð þyrfti að bæta við einum eiginleika í viðbót sem tæki á mætingu kúnna í mjaltir í mjaltþjónafjósum, en bændur bentu á að þessi eiginleiki skipti verulegu máli upp á vinnuþörf í fjósunum.

## Kjörerfðaframlög íslenskra sæðingana

### BS-verkefni Egils Gautasonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2016

Þróun í skyldleikarækt og virkri stofnstærð og þéttleiki ætternisgagna í íslenska kúastofninum var metin. Gögn voru notuð frá Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins sem náðu til upphafs skýrsluhalds árið 1911. Þéttleiki ætternisgagna hefur aukist mikið frá aldamótum og mældist PEC5 stuðull 86% fyrir árgang 2015. Helstu ættfeður/mæður árgangsins 2015 eru í þessari röð: Þráður 86013, Huppa 26012, Kaðall 94017 og Stígur 97010. Virk stofnstærð mældist 45



# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

gripir fyrir árin 2010-2015 og hefur dregist saman frá síðustu athugun árið 2011. Skyldleikarækt yfir kynslóð mældist 1,1% árin 2010-2015.

Kjörframlagaúrval var notað til þess að kanna möguleika til að draga úr aukningu skyldleikaræktar í stofninum. Paranir nausmæðra með kynbótaeinkunn 109 eða hærri voru gerðar við tvo hópa sæðingana. Niðurstöðurnar benda til þess að skyldleikarækt sé að aukast hratt og muni aukast hratt ef ekki verður gripið til aðgerða til að draga úr skyldleika sæðingana. Sýnt var fram á að nota meggi aðferð kjörerfðframlaga við val á nausfeðrum og -mæðrum til að draga úr skyldleikaaukningu í stofninum. Nauðsynlegt er að breikka nausfeðrahópa og stjórna þörun nausfeðra og nausmæðra á markvissan hátt. Lagt er til að kjörframlagaúrval verði notað til að leggja til paranir nausmæðra og nausfeðra og ungnaut verði valin inn á stöð með hliðsjón af niðurstöðum úrvalsins. Forritið EVA var notað til að meta þéttleika ætternisgagna, þróun skyldleikaræktar, erfðahlutdeild og kjörerfðaframlög.

## Mjólkurflæði hjá fyrsta kálfs kvígum

### BS-verkefni Rúnars Geirs Ólafssonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2016

Það að mjaltir gangi fljótt fyrir sig hefur lengi vel verið ein af þeim kröfum þeirra sem starfa við mjólkurframleiðslu hafa lagt fyrir. Helsta ástæða fyrir því er að því styttri tíma sem það tekur að mjólka því meiri tíma er hægt að eyða í önnur verk eða einfaldlega til að stytta vinnudaginn. Einn af þeim mælikvörðum sem notast er við til að meta mjaltir er að mæla mjólkurflæði kúa. Mjaltabúnaður hefur þróast mikið og er nú mjólkurflæðimælar staðalbúnaður í mjaltapjónum og í fullkomnustu mjaltabásnum og -kerfum. Auðvelt er því í dag að meta mjaltæiginleika kúa með beinum mælingum fremur en að notast við huglægt mat bóndans.

Markmið þessa verkefnis var að skoða mjólkurflæði hjá fyrsta kálfs kvígum, finna út meðalmjólkurflæði ásamt því að sjá hvernig það breytist þegar líður á mjaltaskeiðið. Bornir voru saman dætrahópar einstakra nauta til að meta hvort erfðir hefðu áhrif á þennan eiginleika. Þá var einnig skoðað hvort þörf sé að breyta þeim kjörgildum og viðmiðum sem notuð eru til að meta mjaltir í dag.

Notaðar voru við upplýsingar úr Lely mjaltapjónum frá 29 kúabúum. Notuð var skýrsla sem nefnist Mjaltir – Afköst þjarka kýr og var henni safnað sjö sinnum á sjö mánaða tímabili. Þessi skýrsla inniheldur meðal annars upplýsingar um meðalmjólkurflæði ásamt daga frá burði. Þær upplýsingar voru nýttar til þess að finna meðalmjólkurflæði hjá fyrsta kálfs kvígum ásamt því að sjá þróun þess á mjólkurskeiðinu.

Niðurstöður verkefnisins eru þær helstar að meðalmjólkurflæði fyrsta kálfs kvígna er 1,80 kg/mín. Jákvætt samband er á milli meðalmjólkurflæðis og nytar og neikvætt samband á milli daga frá burði og meðalmjólkurflæðis. Talsverðan mun er að finna bæði á milli búa og á milli dætrahópa. Lekar kýr eru einungis 1,7% af úrtakinu og í þeim hópi eru kýr sem myndu teljast

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

sem mjög fastmjólka kýr. Meðalmjólkurflæðið breytist lítið á mjaltaskeiðinu, eða innan við 0,20 kg/mín. Miðað við þessar niðurstöður er í raun ekki ástæða til þess að breyta þeim kjörgildum og viðmiðum sem notuð eru við mat á mjöltum.

## Stærðarmál íslenskra mjólkurkúa

### BS-verkefni Hjalta Sigurðssonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2017

Tilgangur þessa verkefnis er að kanna hver eru helstu stærðarmál íslenskra mjólkurkúa og hve mikill breytileiki er í þeim auk þess að kanna samhengi þeirra við hæðareinkunn, aldur við fyrsta burð og stöðu á mjaltaskeiði en þó ekki síður að fá nýtt mat á stærð íslenskra kúa til að bera saman við eldri gögn og önnur kúakyn.

Farið var í 20 fjós á Suður- og Vesturlandi þar sem gerðar voru mælingar á hæð á herðar, hæð á krossbeinskamb, brjóstmáli, skrokk lengd og hæð í olnboga 706 kúa. Í ljós kom að meðalkýrin er nú 122,34 cm há á herðar, 126,33 cm há á krossbeinskamb, með brjóstmál upp á 188,38 cm, hæð í olnboga 71,16 cm og skrokk lengd upp á 143,57 cm. Miðað við niðurstöður eldri rannsókna er markverðast að meðalkýrin hefur hækkað um 1 cm á herðar að meðaltali á hvejum áratug síðustu 40 árin og brjóstmál hennar hefur aukist um 25 cm síðustu 115 árin. Frá mælingum sem gerðar voru fyrir 40 árum hefur breytileiki í stærð ekki minnkað.

## Gallar í júgur- og spenagerð hjá íslenska kúastofninum

### BS-verkefni Karenar Bjargar Gestsdóttur við Landbúnaðarháskóla Íslands 2017

Góð júgur- og spenabygging skiptir miklu máli þar sem verið er að rækta kýr til mjólkurframleiðslu. Ákveðnir gallar í júgur- og spenabyggingu geta haft neikvæð áhrif á júgurheilbrigði auk þess sem ýmsir þættir í júgur- og spenagerð geta skipt miklu máli fyrir mjaltir. Hérlandis eru gefnar einkunnir á línulegum skala fyrir júgur- og spenaeiginleika auk þess sem hægt er að merkja við ákveðna galla. Markmið þessa verkefnis er að skoða eiginleika tengda júgur- og spenagerð hjá íslenska kúakyninu og breytingar í stofninum á síðustu árum. Einnig að skoða tíðni athugasemda fyrir júgur- og spenagerð og breytileika milli nauta, auk þess sem gallinn flátta verður skoðaður sérstaklega.

Upplýsingar voru fengnar úr skýrsluhaldi nautgriparæktarinnar en úttektir voru teknar út úr skýrsluhaldsforritinu Huppu. Tekin voru gögn út úr kúaskoðunum 2008-2015, gögn um sláturkýr 2008-2015 auk gagna um ákveðna afkvæmahópa.

Niðurstöður sýndu fram á að dreifing einkunna fyrir júgur- og spenagerð hefur breyst á síðustu árum en mismikið eftir eiginleikum. Einnig sýndu þær fram á breytileika milli nauta með tilliti til athugasemda dætra fyrir júgur- og spenagerð og breytileika milli nauta og með tilliti til þess hversu háu hlutfalli dætra var sláttrað vegna júgur- og/eða spenagalla. Ekki fannst ákveðið

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

ættarmunstur í ættum þeirra kúa sem hafa verið tilkynntar og greindar með fláttu á síðustu árum og Birtingur 05043 og Umbi 98036, sem báðir eiga staðfestar dætur með fláttu, virðast ekki hafa gefið dætur með hærri hlutfall ákveðinna athugasemda sem talið var að tengdust fláttu, né ættingjar þeirra.

Gagnlegt er að fylgjast áfram með kúadómum og stofninum til að sjá hvort ástæða sé til þess að breyta áherslum í kynbótastarfinu. Þörf er á frekari rannsóknum á fláttu til að skilja betur hvernig hún erfist þar sem ekki er hægt að útiloka neina gerð af erfðum eftir þetta verkefni.

## **Burðaraldur íslenskra kvígna og áhrif hans á afurðir, endingu og uppeldiskostnað** **BS-verkefni Þórdísar Þórarinsdóttur við Landbúnaðarháskóla Íslands 2017**

Gögn frá Bændasamtökum Íslands um kýr fæddar á árunum 2006 og 2007 voru notuð til að meta áhrif aldurs við fyrsta burð á: Afurðir á fyrsta mjaltaskeiði, æviafurðir, förgunaraldur, daga í framleiðslu, bil milli fyrsta og annars burðs og prótein- og fituinnihald í mjólk á fyrsta mjaltaskeiði. Uppeldiskostnaður var metinn og borinn saman við hagnað sem fæst af meðalafurðum aldurshópa í gögnunum. Afurðir á fyrsta mjaltaskeiði jukust að jafnaði við hækkingu aldurs við fyrsta burð, kvígur sem báru 20-22 mánaða mjólkuðu minnst á fyrsta mjaltaskeiði og kvígur sem báru 33 mánaða mjólkuðu mest (á þeim munaði 915 kg). Kvígur sem báru 23, 24, 25 og 26 mánaða mjólkuðu að meðaltali mest yfir ævina. Neikvæð fylgni var á milli aldurs við fyrsta burð og æviafurða. Eftir því sem kvígur voru eldri þegar þær báru varð ævi þeirra að meðaltali lengri. Neikvæð fylgni var á milli aldurs við fyrsta burð og daga í framleiðslu. Kvígur sem báru 20-22 mánaða voru að meðaltali 1.220 daga í framleiðslu en kvígur sem báru 35-37 mánaða voru að meðaltali í 1.101 daga í framleiðslu.

Framleiðsluskeiðið varð hlutfallslega styttri hluti af heildarævilengd því eldri sem kýrnar voru þegar þær báru fyrsta kálfi. Jákvæð fylgni var á milli aldurs við fyrsta burð og bils milli fyrsta og annars burðs. Að meðaltali var stysta bil milli burða hjá kvígum sem báru 23 og 24 mánaða. Próteinmagn (kg) og fitumagn (kg) á fyrsta mjaltaskeiði jókst við aukinn aldur við fyrsta burð í samræmi við auknar afurðir. Ekki var marktækur munur á milli hópa þegar prótein- og fituhlutföll voru skoðuð.

Uppeldiskostnaður hækkar um 13,2% ef kvíga ber 27 mánaða í stað 24 mánaða og um 53% ef kvíga ber 36 mánaða í stað 24 mánaða. Engir aldurshópar mjólkuðu fyrir uppeldiskostnaði þegar hagnaður fyrir meðalafurðir (mjólkurframleiðsla) á fyrsta mjaltaskeiði var skoðaður. Þegar hagnaður fyrir meðalæviafurðir (mjólkurframleiðsla) aldurshópanna var skoðaður og borinn samann við uppeldiskostnað var mestur hagnaður af kvígum sem báru 23 mánaða.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

## Áhrif skyldleikaræktar á afurðir íslenskra mjólkurkúa

### BS-verkefni Bjarna Sævarssonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2017

Þróun í skyldleikarækt var metin í íslenska kúakyninu, ásamt áhrifum skyldleikaræktar á valda eiginleika. Notuð voru ætternisgögn frá Bændasamtökum Íslands þar sem elsti gripur var fæddur árið 1911 og afurðagögn úr skýrsluhaldskerfinu Huppu sem náði yfir gripi fædda árið 1993 og til vorra daga sem mjólkað höfðu eitt mjaltaskeið eða fleiri. Gæði ætternisgagna hafa aukist mikið á undanförunum árum. Meðal PEC5 stuðull árgangs 2017 er 0,86 en meðal PEC5 stuðull árgangs 2003 er 0,52. Gripum með lakari ættfærslur fækkar með tímanum en gripum á skýrslum í heild fjölga og ætternisfærslur þeirra eru almennt betri. Skyldleikarækt eykst einnig en sennilega ekki alveg jafn hratt og mætti halda sökum þess að vanmat á skyldleikarækt minnkar með bættum ættfærslum. Skyldleikaræktaraukning yfir ár mældist 0,077% á árabílinu 1993-2014 hjá flokki kúa með PEC5  $\geq$  0,8. Aukning skyldleikaræktar sæðingana á árabílinu 1990-2016 mældist 0,097% á ári og meðal PEC5 gildi þeirra 0,93.

Metin voru áhrif skyldleikaræktar á fjóra eiginleika. Eiginleikarnir voru mjólkur-, fitu-, próteinmagn yfir 305 daga mjaltaskeið og meðalfrumutöluskor yfir mjaltaskeið. Fyrstu þrjú mjaltaskeiðin í ævi hverrar kýr voru til rannsóknar. Samkvæmt rannsókninni reyndist skyldleikarækt hafa marktæk neikvæð áhrif á mjólkurmagn, fitumagn og próteinmagn en engin greinanleg áhrif fundust á frumutöluskor. Áhrif 1% skyldleikaræktaraukningar reyndust eftirfarandi: Mjólkurmagn á 305 daga mjaltaskeiði minnkar um 10,97, 12,64 og 11,51 kg, fitumagn um 0,43, 0,48 og 0,60 kg og próteinmagn um 0,34, 0,38 og 0,49 kg fyrir fyrsta, annað og þriðja mjaltaskeið.

Lagt er til að skyldleikarækt sé stíllt í hóf bæði vegna beinna neikvæðra áhrifa hennar og eins til að viðhalda erfðabreyttileika til lengri tíma. Einnig er lagt til að rannsókuð verði áhrif skyldleikaræktar á eiginleika tengda lífun og frjósemi.

## Mælidagalíkan fyrir íslenska kúastofninn

### MS-verkefni Jóns Hjalta Eiríkssonar við Landbúnaðarháskóla Íslands 2017

Helstu mjólkurframleiðsluþjóðir hafa tekið upp mælidagalíkan með slembiaðhvarfi (SA) til kynbótamatsútreikninga fyrir mjólkurkúr þannig að einstakar mælingar á dagsnyti eru notaðar til grundvallar í stað mjaltaskeiðsafurða eins og enn er gert hér á landi. Markmið þessarar rannsóknar var að rannsaka erfðaáhrif á daglega nyt og mjaltaferil í íslenska kúastofninum og að kanna mögulegan ávinning af upptöku mælidagalíkans við kynbótamat fyrir afurðir og frumutölu hjá íslenskum kúm. Notaðar voru 480.495 mælingar á daglegri nyt úr 33.052 kúm til að meta erfðastuðla fyrir mjólkurmagn, fitumagn, prótínmagn og frumutölu á fyrstu þremur mjaltaskeiðum með SA byggt á Legendre fjölleiðum. Til samanburðar voru erfðastuðlar einnig metnir fyrir 305 daga mjaltaskeiðsafurðir (mjalt1) reiknaðar með sömu gögnum. Einnig voru erfðastuðlar fyrir mjólkur-, fitu- og prótínmagn með mjaltaskeiðslíkaninu (mjalt2) sem er

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

notað í dag metnir. Kynbótamat var reiknað með öllum líkönunum með öllum nothæfum gögnum frá 1995 til 2016. Matið var svo reiknað 24 sinnum í viðbót með því að sleppa frá tveimur til átta árum aftan af gagnasafninu, ársfjórðungslega. Öryggi matsins á hverjum tíma fyrir naut í afkvæmaprófun og kýr í framleiðslu var metið sem fylgni þess við niðurstöður matsins með allt gagnasafnið.

Dreifniþáttur samleggjandi erfða var hæstur í upphafi mjaltaskeiðs á öðru og þriðja mjaltaskeiði fyrir alla eiginleika og einnig á fyrsta mjaltaskeiði fyrir fitumagn og frumutölu. Dreifniþáttur varanlegra umhverfisáhrifa var alltaf hæstur í upphafi mjaltaskeiðs. Arfgengi dagsnytar og frumutölu var lægst í upphafi mjaltaskeiðs á öllum mjaltaskeiðum og hæsta arfgengið um eða eftir mitt mjaltaskeið.

Arfgengi 305 daga mjaltaskeiðs mjólkur-, fitu- og prótínmagns á fyrsta mjaltaskeiði var 0,43, 0,39 og 0,41 í þessari röð samkvæmt SA líkaninu en 0,41, 0,32, og 0,39 samkvæmt mjalt1 og 0,31, 0,27 og 0,27 samkvæmt mjalt2. Arfgengi frumutölu yfir allt mjaltaskeiðið var 0,23 samkvæmt SA og 0,15 samkvæmt mjalt1. Arfgengi mjólkurþols, þ.e. hve vel kýrnar halda nytinni þegar líður á mjaltaskeiðið, var 0,14-0,24 fyrir afurðaeiginleikana á öllum mjaltaskeiðum. Erfðafylgni mjólkurþols við frumutölu á öllu mjaltaskeiðinu var neikvæð, frá -0,08 til -0,13.

Öryggi kynbótamats fyrir naut í afkvæmaprófun rís mis hratt eftir líkönum. Nautin eru yngst þegar öryggið rís hvað mest ef SA líkanið er notað en elst ef mjalt2 líkanið er notað.

Erfðaframfarir fyrir prótínmagn voru metnar hæstar með því að velja naut til framhaldsnotkunar 68 mánaða gömul ef SA líkanið er notað, 71 mánaða með mjalt1 og 83 mánaða með mjalt2. Erfðaframfarir geta verið meira en 11% hraðari sé SA líkanið notað frekar en mjalt2 og meira en 6% hraðari sé mjalt1 notað í stað mjalt2. Öryggið á kynbótamatinu fyrir kýr var ofmetið með þeirri aðferð sem notuð var en var þó nothæft til samanburðar. Öryggi kynbótamats fyrir kýr er hærra sé SA líkanið notað frekar en mjalt2 frá 3 til 18 mánuðum eftir fyrsta burð. Öryggi matsins með mjalt1 er hærra en fyrir mjalt2 frá 6 til 18 mánuðum eftir fyrsta burð.

Arfgengi afurðaeiginleika hefur hækkað hjá íslenskum kúm. Betri líkön við kynbótaútreikninga geta einnig betur aðgreint erfðapáttinn frá umhverfisþáttum.

Erfðabreytileiki mjólkurþols í íslenska kúastofninum gerir mögulegt að breyta mjaltaferli íslenskra kúa með kynbótum. Meginástæða meiri erfðaframfara með SA umfram mjalt1 og mjalt2 og mjalt1 umfram mjalt2 var sú að afurðamælingar eru nýttar fyrr. Upptaka mælidagalíkans væri framför fyrir kynbótaútreikninga fyrir afurðaeiginleika og frumutölu en hætta er á að framförum í frjósemi kúnna yrði fórnað nema kynbótamat fyrir frjósemi verði bætt.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

## Erfðastuðlar og erfðaþróun frjósemiseiginleika í íslenska kúastofninum

### MS-verkefni Þórdísar Þórarinsdóttur við Landbúnaðarháskóla Íslands 2020

Kynbótamat fyrir frjósemi í íslenskum kúm hefur farið lækkandi þrátt fyrir að frjósemi, táknuð sem bil milli burða, hafi verið hluti af kynbótaeinkun íslenska kúastofnsins síðan 1993. Góð frjósemi er undirstaða í mjólkurframleiðslu en nýleg breyting á kynbótamati fyrir mjólkurframleiðslu í mælidagalíkan hefur breytt forsendum þess að nota burðarbil sem frjósemiseiginleika. Markmið þessarar rannsóknar var að meta erfðastuðla og erfðaþróun frjósemiseiginleika í íslenskum kúm og koma með tillögu að nýjum eiginleikum fyrir kynbótamat. Sæðingar á fyrstu þremur mjaltaskeiðum og kvígusæðingar hjá 52.951 íslenskum kúm voru notaðar við rannsóknina. Samband frjósemi og afurða var einnig rannsakað. Frjósemiseiginleikarnir sem voru rannsakaðir eru fanghlutfall við fyrstu sæðingu, fjöldi sæðinga á sæðingatímabili, bil milli fyrstu og síðustu sæðingar, bil milli burðar og fyrstu sæðingar, bil milli burðar og síðustu sæðingar og bil milli burða. Fimm línuleg líkön voru notuð til að meta erfðastuðla eiginleikanna. Kynbótagildi fyrir frjósemiseiginleikana voru metin og erfðaþróun eiginleikanna var könnuð.

Meðaltöl svipfarseiginleika fanghlutfalls og fjölda sæðinga voru hagstæðari hjá kvígum en hjá mjólkandi kúm. Arfgengi var lágt fyrir alla frjósemiseiginleikana, bæði þegar notuð voru fjölbreytulíkön (0,01 – 0,08) og líkan með einum eiginleika (0,02 – 0,06). Hæsta arfgengi var á eiginleikanum bil milli burðar og fyrstu sæðingar á öðru mjaltaskeiði og lægsta arfgengi var metið fyrir kvígu eiginleikana. Arfgengi afurðaeiginleika í rannsókninni var hærra en fyrir frjósemiseiginleika (0,15 – 0,25). Erfðafylgni á milli kvígumælinga og mælinga í mjólkandi kúm innan sama eiginleika var á bilinu 0,23 til 0,81. Erfðafylgni á milli mjaltaskeiða innan sama eiginleika var á bilinu 0,36 til 1,00. Erfðafylgni á milli kvígueiginleika var sterk. Erfðafylgni á milli mismunandi frjósemiseiginleika var allt frá því að vera veik (-0,17) upp í vera mjög sterk (0,97). Erfðafylgni var hófleg en óhagstæð á milli afurðaeiginleika og frjósemiseiginleikanna fjöldi sæðinga, bil milli fyrstu og síðustu sæðingar, bil milli burðar og síðustu sæðingar og bil milli burða. Veikari fylgni var á milli afurða og frjósemiseiginleikanna bil milli burðar og fyrstu sæðingar og fanghlutfalls. Erfðaþróun virtist óhagstæð fyrir eiginleikana fjöldi sæðinga, bil milli fyrstu og síðustu sæðingar og bil milli burða en hagstæð fyrir bil milli burðar og fyrstu sæðingar og bil milli burðar og síðustu sæðingar. Ekki ætti að skilgreina frjósemi óborinna kvígna og frjósemi mjólkandi kúa sem sama eiginleikann. Frjósemi á mismunandi mjaltaskeiðum ætti að skilgreina sem mismunandi eiginleika með sterka fylgni. Mælt er með að frjósemiseiginleikarnir bil milli burðar og fyrstu sæðingar og bil milli fyrstu og síðustu sæðingar verði notaðir til að meta frjósemi í mjólkandi kúm í nýju kynbótamati. Einnig að eiginleikinn fanghlutfall við fyrstu sæðingu verði notaður til að meta frjósemi óborinna kvígna. Þessir eiginleikar standa fyrir getu gripa til að fá egglos aftur eftir burð, sýna beiðliseinkenni og getu til að festa fang eftir að sæðingar hefjast. Fylgni á milli metinna kynbótagilda gefa til kynna að uppröðun sæðinganauta myndi breytast með nýju mati á frjósemi.



# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

## Tíðni tvíkelfinga og tengsl við afurðir og frjósemi í íslenska kúastofninum

### BS-verkefni Sunnu Skeggjadóttur við Landbúnaðarháskóla Íslands 2021

Markmið þessa verkefnis var fjölþætt. Gögn frá skýrsluhaldskerfi nautgriparæktarinnar, Huppu, voru notuð til að reikna annars vegar tíðni tvíkelfingsburða hjá íslenskum nautgripum á árunum 2009-2019 og hins vegar rannsaka hvort maktækur munur sé á nyt milli kúa sem bera einum kálfi eða fleirum. Skoðað var á hvaða mjaltaskeiði algengast er að kýr beri fleirum en einum kálfi, tíðni eftir landshlutum og árstíðum. Auk þess var gerður samanburður á mjaltaskeiðsafurðum fyrir og eftir burð, bili milli burða, meðgöngutíma, fjölda sæðinga eftir burð hjá annars vegar tvíkelfdum kúm og hins vegar einkelfdum kúm. Engar sambærilegar rannsóknir hafa verið gerðar hérlandis svo vitað sé til og því er þetta verkefni fyrsta sinnar tegundar.

Niðurstöður leiddu í ljós að tíðni tvíkelfingsburða var á bilinu 1,40-1,96 á árunum 2009-2019 og voru hlutfallslega flestir yfir sumartímann (1,85%). Hlutfallslega flestir tvíkelfingsburðir áttu sér stað á Suðurlandi og marktækur munur var á milli landshluta. Jákvæð marktæk fylgni er á milli númer mjaltaskeiðs og fjölda mjaltaskeiða ( $r=0,78$ ). Tíðni tvíkelfingsburða er minnst á fyrsta mjaltaskeiði og eykst eftir því sem kýr ber oftar. Tvíkelfdar kýr skila að meðaltali meiri afurðum og mjólka að meðaltali ( $p<0,0001$ ) fleiri mjaltaskeið heldur en einkelfdar kýr, auk þess að skila að jafnaði meiri afurðum yfir öll mjaltaskeiðin. Í öllum tilfellum eru tvíkelfdar kýr að skila meiri afurðum bæði fyrir og eftir burð óháð fjölda burða heldur en kýr sem bera einum kálfi. Þó er misjafnt hvort munurinn sé marktækur. Tvíkelfdar kýr skila lægri afurðum þegar þær ganga með kálfana, en afurðir aukast ( $p<0,0001$ ) eftir burð. Bil milli burða einkelfdra kúa er að meðaltali 397,9 dagar samanborið við 407,6 daga hjá kúm sem voru tvíkelfdar ( $p<0,0001$ ). Tvíkelfdar kýr þurfa fleiri sæðingar ( $p<0,0001$ ) heldur en kýr sem borið hafa einum kálfi til að festa fang á ný. Meðgöngutími tvíkelfdra kúa er marktækt skemmri (282,7 dagar) heldur en hjá einkelfdum kúm (284,8 dagar).

## Myndun á grunnerfðahópi fyrir erfðamengisúrval í íslenska kúastofninum

**Verkefnið var unnið í samvinnu Ráðgjafarmiðstöðvar landbúnaðarins (RML), Landbúnaðarháskóla Íslands (LbHÍ), Landssambands kúabænda (LK) og Bændasamtaka Íslands (BÍ).**

Á árinu 2017 var ákveðið að hefja undirbúning að innleiðingu erfðamengisúrvals í íslenskri nautgriparækt. Skoðað var hvernig best yrði að því staðið og hvort yfir höfuð væri hægt að nota erfðamengisúrval í svo litlum stofni sem íslenski kúastofninn er. Var þá einkum horft til reynslu Dana af innleiðingu erfðamengisúrvals í Jersey-kúm í Danmörku. Sett var upp rannsókn með eftirtöldum markmiðum:

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

- Að kanna stöðu skyldleikaræktar í íslenska kúastofninum með sameindaerfðafræðilegum aðferðum (Runs of Homozygosity).
- Að kanna erfðafræðilega samsetningu í íslenska kúastofninum með meginþáttagreiningu (Principal Component Analysis).
- Að kanna erfðafræðilega einsleitni í íslenska kúastofninum (Admixture analysis).
- Að kanna skyldleika íslenska kúastofnsins við aðra kúastofna (Treemix analysis).

Til að fá efnivið sem myndi nýtast til að ná framangreindum markmiðum rannsóknarinnar var gerð ítarleg greining á arfgerð 48 nauta þar sem horft var til þess að þessir gripir ættu mikið erfðaframlag í stofninum en gæfu jafnframt gott þversnið af honum. Jafnframt var þess gætt að lágmarka innbyrðis skyldleika þessara gripa, í hópnum væru hvorki feðgar eða hálfbræður. Við útreikninga á erfðaframlagi var árgangur 2016 lagður til grundvallar. Að teknu tilliti til framangreindra skilyrða voru sæðissýni úr eftirtöldum nautum send í greiningu á arfgerð hjá GenoScan A/S (nú Eurofins) sem þá hafði aðsetur á Foulum í Danmörku. Til verksins var notuð BovineHD Genotyping BeadChip frá bandaríska fyrirtækinu Illumina® en með henni er hægt að greina 777.962 einbasabreyttileika í erfðamengi nautgripa.

## Úrvinnsla gagna

Arfhrein litningasvæði voru skoðuð í íslensku gögnunum og notuð til að meta stöðu skyldleikaræktar. Til þess var notaður hugbúnaðurinn Plink 1.90. Hann metur skyldleikarækt á erfðamengisgrunni með því að deila lengd arfhreins svæðis í heildarlengd svæðis milli merkja í erfðamenginu. Meginþáttagreining var gerð með hugbúnaðinu Eigensoft 6.1.4. og voru tíu keyrslur gerðar á þeirri greiningu og sjö þeirra settar upp með myndrænum hætti. Erfðafræðileg einsleitni var könnuð með hugbúnaðinum Admixture 1.3. og niðurstöður settar upp með Structure hugbúnaði. Skyldleiki við aðra stofna var metinn með Treemix hugbúnaði. Úrvinnsluna framkvæmdi Bernt Guldbandsen hjá Háskólanum í Árósum.

## Niðurstöður

### Arfblendni og hlutfall arfhreinna svæða

Tvær mælingar á arfblendni voru metnar og eru niðurstöður þar um í töflu 1. Þær voru í öllum megin atriðum samhljóða. Hlutfall arfblendni var hæst í *modern Red Danish Dairy Cattle* og lægst í *Danish Shorthorn*. Í sumum kynjum mælist lítil sem engin skyldleikarækt í nokkrum einstaklingum, mæld sem arfhrein litningasvæði og hún er að jafnaði lægst í rauðu nútímakynjunum, sú lægsta er í *modern Red Danish Dairy Cattle*. Sú hæsta er í *Danish Shorthorn*. Sumir einstaklingar í dönsku varðveislukynjunum (kyn sem ekki eru nýtt í hefðbundnum landbúnaði) hafa ískyggilega hátt hlutfall arfhreinna svæða. Hæst var það í *Jutland Cattle* (40%), *Danish Shorthorn* (46,9%) og *conservation Red Danish Dairy Cattle* (48,3%) en þessi kyn eru mjög fáliðuð. Íslenski stofninn sker sig ekki úr í þessu samhengi. Meðal hlutfall arfhreinna svæða er mjög svipað og gengur og gerist í framleiðslukynjunum í nágrannalöndunum.

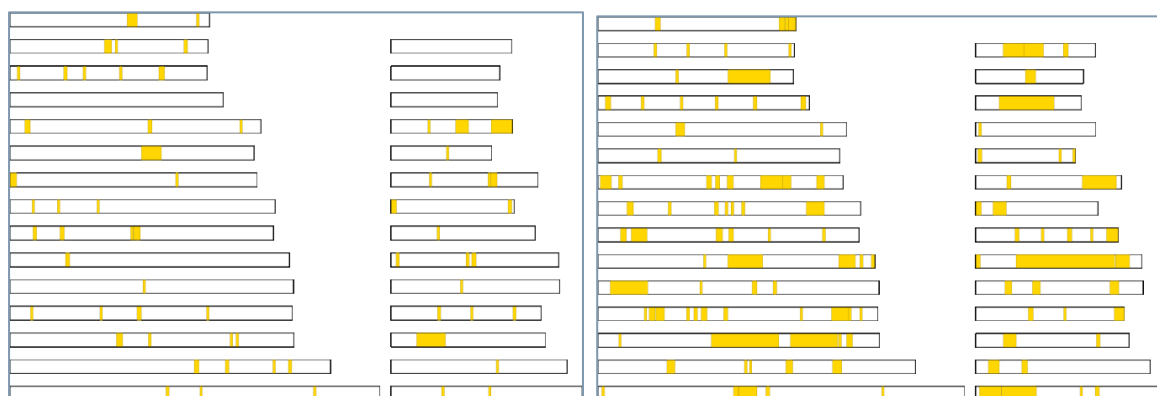


# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

TAFLA 8. HLUTFALL ARFBLENDINNA SÆTA AF UM 300.000 SÆTUM SEM METIN VORU Í MEGINÞÁTTAGREININGUNNI, FJÖLDI GRIPA Í GREININGU, LÁGMARK, MEÐAL OG HÁMARKSHLUTFALL ARFHREINNA SVÆÐA.

Kyn	Undirstofn	% arfblendið	Fjöldi gripa	Lágm. % arfhr. sv.	Með. % arfhr. sv.	Hám. % arfhr. sv.
Angler	Gamall	36,8	31	2,9	9,6	20,5
Brown Swiss	Tékkneskur	34,2	39	2,1	10,1	22,7
Brown Swiss	Þýskur	34,1	24	2,9	9,9	18,8
Brown Swiss	Ítalskur	33,6	16	4,6	12,6	18,1
Brown Swiss	Bandarískur	33,0	41	7,0	13,8	24,8
Holstein Cattle	Danskur	35,7	158	3,7	10,5	11,9
Íslenska kynið		31,8	47	4,6	11,1	18,2
Jersey Cattle	Danskur	32,1	420	7,8	16,7	28,3
Red Dairy Cattle	Nútíma DK	37,9	245	0,0	4,4	16,7
Red Dairy Cattle	Finnskur	35,6	243	2,7	9,8	17,6
Red Dairy Cattle	Norskur	36,6	382	0,7	7,4	20,6
Red Dairy Cattle	Sænskur	36,6	246	0,2	7,6	18,9
Jutland Cattle	Endurgert	34,4	15	3,2	11,6	40,0
Black-and-White	Danskt 1965	34,7	42	2,1	10,6	26,6
Shorthorn Cattle	Danskt	28,1	60	0,3	28,8	46,9
Red Dairy Cattle	Gamall DK	31,7	135	0,2	19,3	48,3

Mynd 4 sýnir hlutfall arfhreinna svæða hjá þeim tveimur gripum sem sýndu hæsta og lægsta hlutfallið.



Mynd 4 Hlutfall arfhreinna svæða (runs of homozygosity) hjá gripum með lægsta (til vinstri) og hæsta (til hægri) hlutfall þeirra í erfðamenginu.

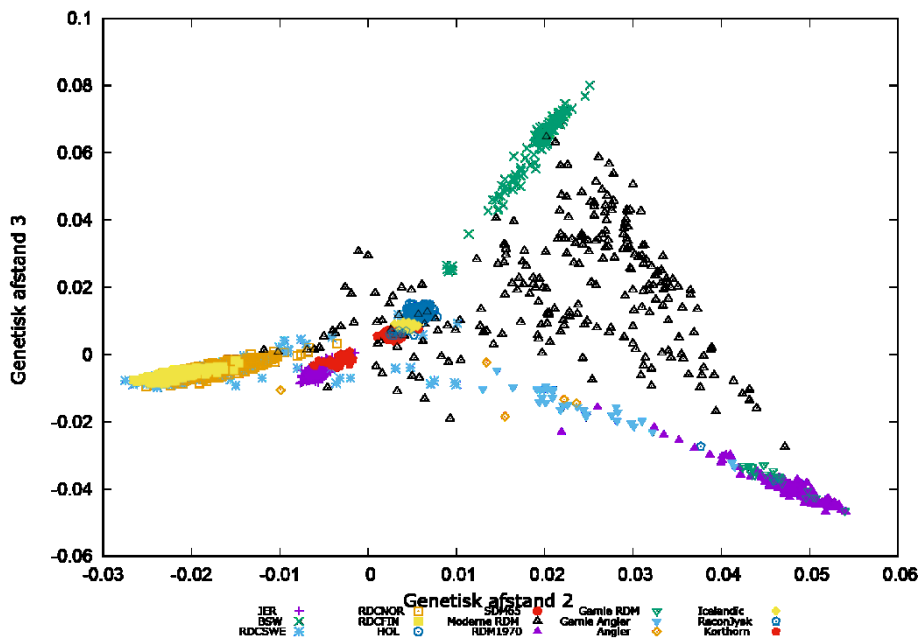
Hver lína táknar litningapar og gulu flekkirnir sýna arfhrein svæði.

## Meginþáttagreiningar

Á myndum 5, 6 og 7 má sjá helstu niðurstöður meginþáttagreininga en þær sýna breytileika milli hópa í rannsókninni út frá niðurstöðum erfðagreininganna. Mynd 5 dregur fram muninn á

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

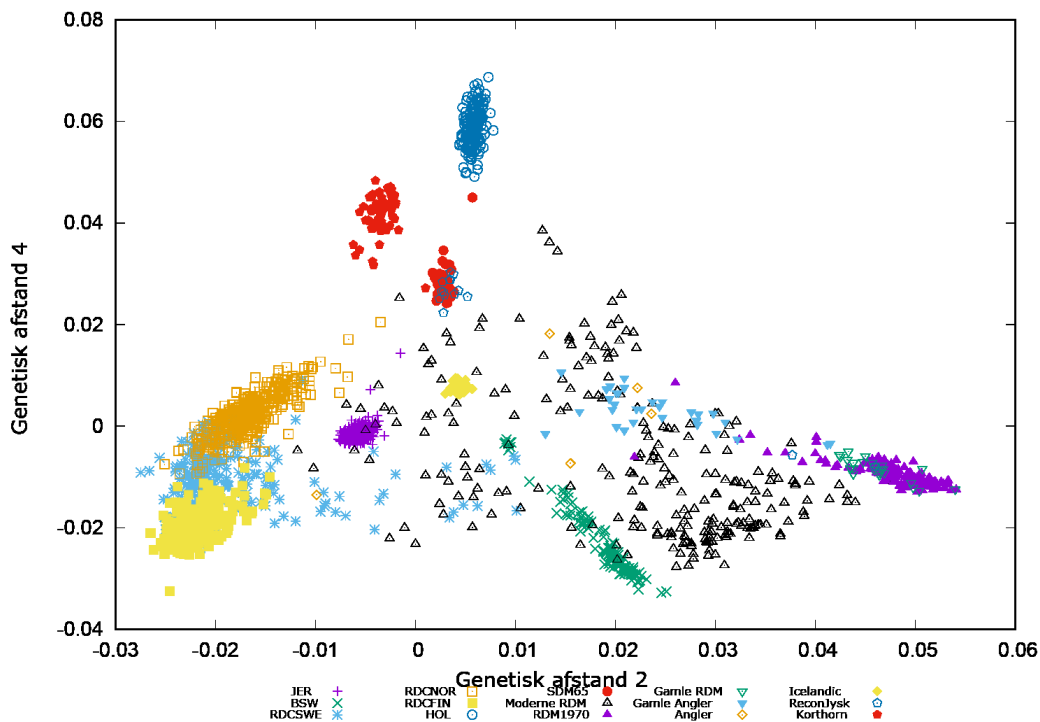
rauðu kynjunum og Brown Swiss og mynd 6 sýnir muninn á rauðu kynjunum og svartskjölddóttu Holstein kúnum. Á báðum myndunum er íslenska kynið nálægt uppruninum, sem þýðir að þar hafa ekki orðið sambærilegar breytingar á arfgerð í gegnum ræktunaráhrif og hjá hinum kynjunum. Mynd 7 sýnir hversu frábrugðinn íslenski stofninn er öðrum norrænum kynjum. Aðeins *Black-and-White Danish Dairy Cattle anno 1965 (SDM65)*, *Jutland Cattle (ReconJysk)* og sumir af *Brown Swiss* gripunum gefa í skyn að framangreindir stofnar deili litlu broti af sögu sinni með íslenska kúastofninum.



Mynd 5 Dreifing arfgerða nautgripakynja á Norðurlöndunum út frá meginþáttagreiningu.

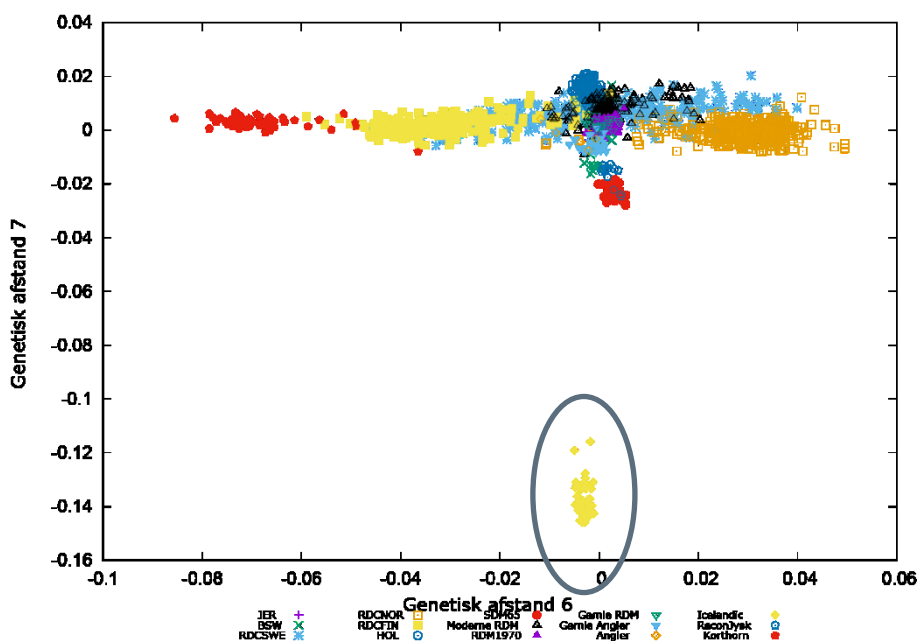
Grafið sýnir meginþætti 2 og 3. Hvert kúakyn er táknað með mismunandi merkjum, íslenska kynið er táknað með gulum tíglum.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTLEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM



Mynd 6 Dreifing arfgerða nautgripakynja á Norðurlöndunum út frá meginþáttgreiningu.

Grafið sýnir meginþætti 2 og 4. Hvert kúakyn er táknað með mismunandi merkjum, íslenska kynið er táknað með gulum tíglum.



Mynd 7 Dreifing arfgerða nautgripakynja á Norðurlöndunum út frá meginþáttgreiningu.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

Grafið sýnir meginþætti 6 og 7. Hringurinn á myndinni er utan um gripi af íslenska stofninum. Eins og sjá má eru þeir langt frá öðrum stofnum.

## Erfðafræðileg einsleitni

Greining á erfðafræðilegri einsleitni var miðuð við 11 upprunahópa á bak við allt gagnasafnið.

Á mynd 8 eru niðurstöður fyrir íslenska stofninn teknar út úr heildarmyndinni hvað varðar erfðafræðilega einsleitni. Flestir gripanna eiga einungis einn uppruna, 29 af 47 og allir nema þrír gripir eru af meira en 95% íslenskum uppruna.



Mynd 8 Erfðafræðileg einsleitni íslenska stofnsins.

Hver dálkur sýnir einn grip; litirnir sýna þá 11 uppruna sem teknir voru með í greiningunni. Myndin sýnir hluta af mun stærri mynd.

TAFLA 9. SKÖRUN ERFÐAMENGJA ERLENDRA KYNJA VIÐ ÍSLENSKA GRIPI.

Kyn	Lágmark, %	Hámarg, %	Fjöldi
Holstein	0,1	1,7	5
Old Red Danish Dairy Cattle	0,3	2,0	8
Jersey	0,2	2,9	18
SDM65	0,2	2,6	7
Shorthorn	0,2	2,0	8
Brown Swiss	0,3	2,7	7
Norwegian and Swedish Red Dairy Cattle	0,3	1,9	6
Finnish Ayrshire	0,9	1,7	11

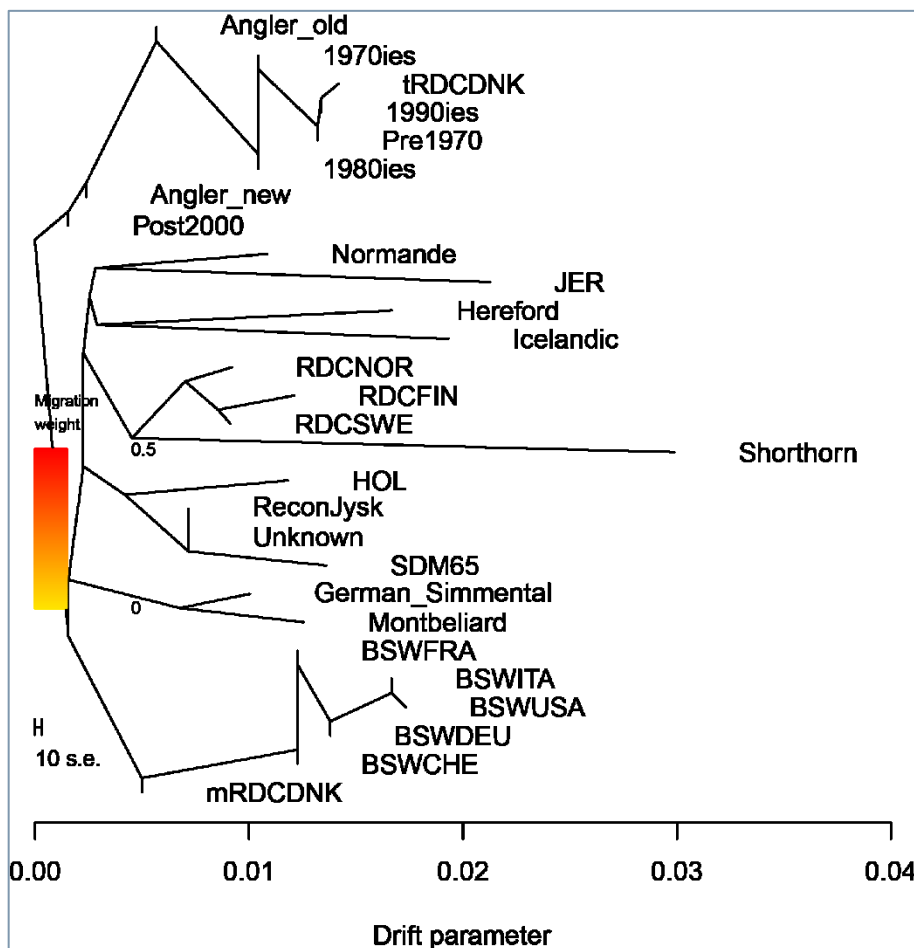
# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

Í töflu 9 má sjá skörun erfðamengja erlendu kynjanna við íslensku gripina sem voru með <100% íslenskan uppruna og fjölda íslenskra gripa með sameiginlegt erfðaeefni við hvert kyn fyrir sig.

Eins og sjá má er erfðaeefni úr Jersey kúastofninum að finna í 18 gripum, eða öllum þeim sem mældust með innblöndun af einhverju tagi. Erfðaeefni úr finnskum Ayrshire er að finna í 11 gripum.

## Skýldleiki við aðra stofna

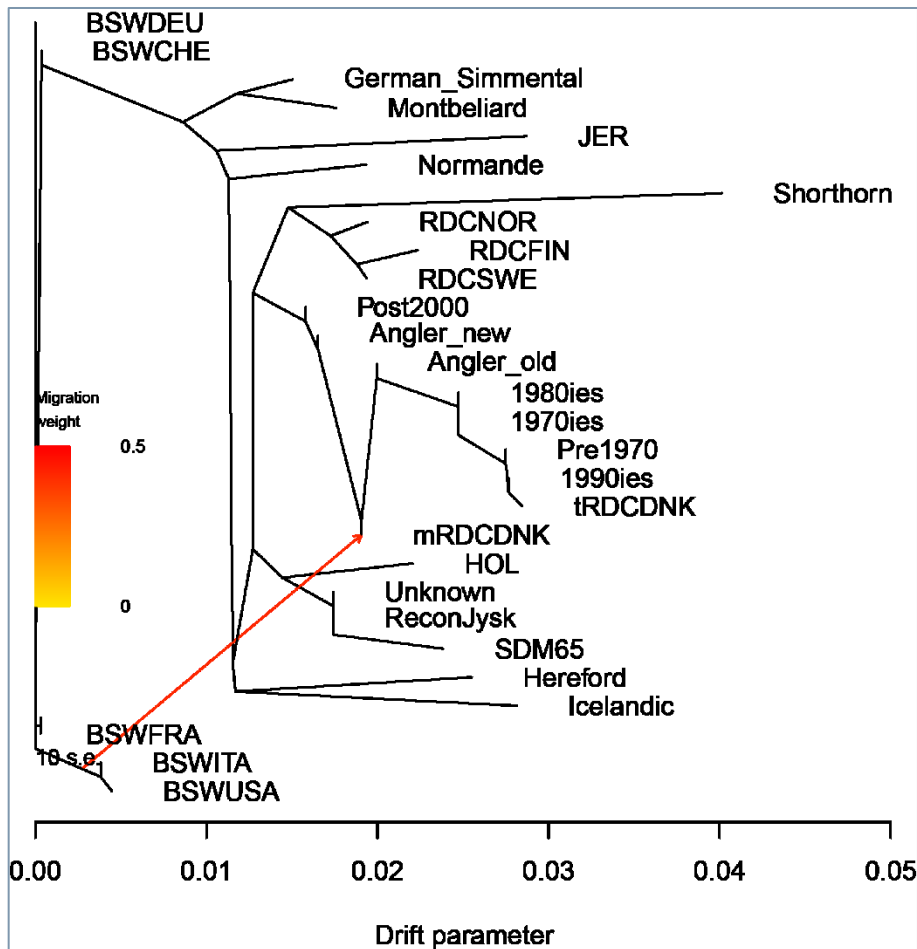
Treemix hugbúnaðurinn býr til skýldleikatré fyrir stofnana. Vísbendingar um að tilflutningur erfðaefnis (e. migration) hafi gerst oftar en einu sinni til tvisvar eru litlar. Skýldleikatré sem dregin eru upp fyrir 0 eða 1 tilfelli tilflutnings má sjá á mynd 9 og 10.



Mynd 9 Skýldleikatré fyrir engan tilflutning erfðaefnis.

Þar er niðurstaðan að Hereford sé skýldastur þeim íslenska, af þeim kúastofnum sem til samanburðar eru.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM



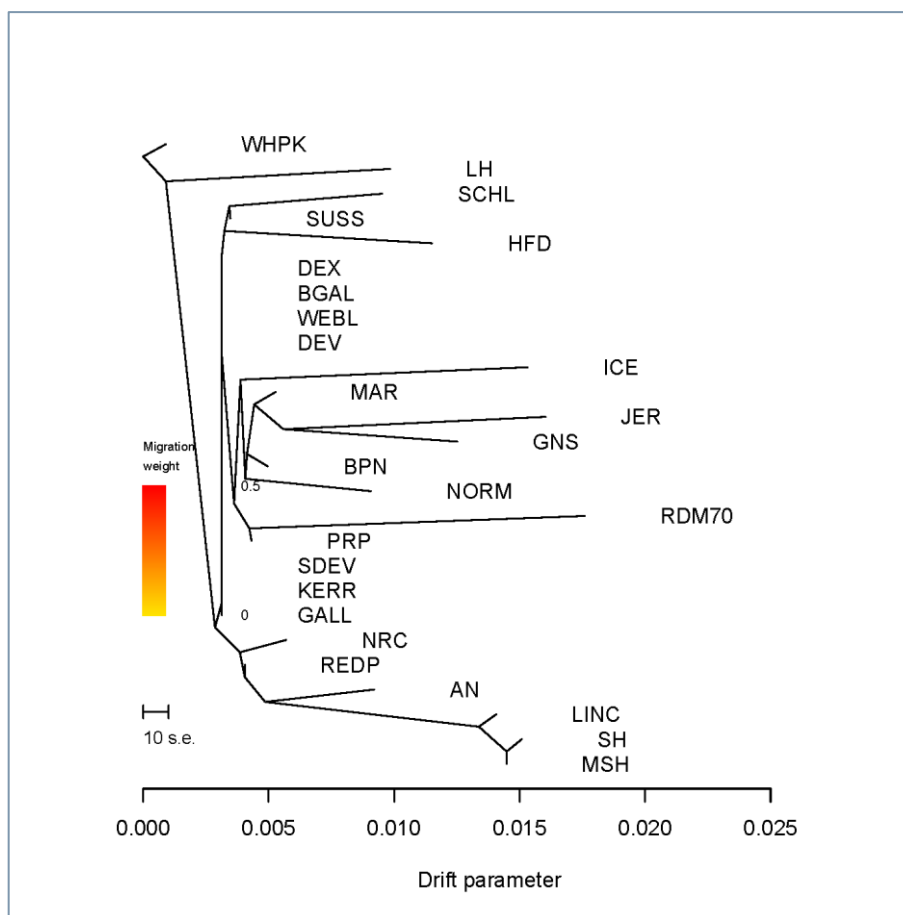
Mynd 10 Skyldleikatré fyrir einn tilflutning erfðaefnis.

Rauða örin sýnir innskot erfðaefnis úr Brown Swiss í RMD kýrnar sem átti sér stað fyrir nokkrum áratugum. Enn er nánasti skyldleikinn við Hereford.

Í tveimur framangreindum uppstillingum er staðsetning íslenska kynsins ávallt stöðug; nánasti skyldleikinn er við Hereford, af þeim kynjum sem voru með í þessum hluta rannsóknarinnar. Þess ber þó að geta að skyldleiki þessara tveggja kynja, Hereford og þess íslenska var mjög lítil.

Í ljósi þessa, var bætt við gögnum um kúastofna frá Bretlandseyjum og Norður Frakklandi. Þá varð niðurstaðan að nánasti skyldleiki íslenska stofnsins væri við stofna á borð við Normande, Bretonne Black Pied og Maraichine/Parthenaise, eins og sjá má á mynd 11.

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTLEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM



Mynd 11 Skyldleikatré þar sem bætt hefur verið við stofnum frá Bretlandseyjum og Frakklandi.

## Umræður og ályktanir

Niðurstaða þessarar rannsóknar var að uppruni íslenska kúakynsins virðist vera á meginlandi Evrópu, þar sem nánustu ættingja er að finna í Norður Frakklandi. Náinn skyldleiki við norsk kyn er ekki staðfestur í þeim gögnum sem hér eru lögð til grundvallar en hafa verður í huga að ekki var um að ræða samanburð við gömlu norsku landkynin. Af norrænu rauðu kynjunum virðast rauðu dönsku kýrnar vera skyldastar þeim íslensku, en þær eiga ættir sínar einnig að rekja til frönsku kynjanna. Hér er þó rétt að geta þess að rannsóknin náði ekki til kúakynja á öðrum Norðurlöndum sem hingað til hafa verið talin standa næst íslenska kúakyninu, t.d. Sidet Trönder og Norlandsfe frá Noregi. Sambærilegar greiningar á erfðaeftni þeirra hafa ekki verið gerðar.

Íslenska kynið er einsleitt. Hlutfall innblöndunar er mjög lágt og lang flestir gripirnir eru af einum uppruna. Tveir þeirra eru með um 14% innflutt erfðaeftni. Hinn aðflutti uppruni er að mestu leyti Jersey og gömlu svartskjöldóttu kýrnar, SDM1965. Fyrirnefndi stofninn hefur verið fluttur hingað beint en einn Jersey uppruninn kemur frá Norður-Ameríku. Sú staðreynd að allir þrír Jersey þættirnir eru til staðar í íslenska stofninum, gefur til kynna að innflutningur Jersey sé tiltölulega nýlegur og hafi orðið eftir að innflutningur á Jersey frá Ameríku til Danmerkur

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

átti sér stað árið 1896. Þetta byggir þó á því að erfðaefti Jersey stofnsins hér á landi hafi átt uppruna í Danmörku, en afar ólíklegt þykir að það hafi komið beint hingað frá Ameríku.

Hlutfall arfblandni í íslenska stofninum sker sig ekki úr öðrum stofnum. Arfblandni er ívið lægri en í framleiðslukynjunum á Norðurlöndum. Hlutfall arfhreinna svæða er hærra en í rauðu kynjunum og Holstein en lægra en í Brown Swiss og mun lægra en í Jersey, svo ekki sé minnst á sum af varðveislukynjunum. Tap á erfðabreyttileika er mun minna en ræktunarsaga kynsins gæti gefið tilefni til að ætla.

Greining meginþátta gefur tilefni til að ætla að íslenska kynið sé lítið skylt öðrum norrænum kúakynjum en aftur verður að hafa í huga að rannsóknin náði ekki til kynja eins og gömlu norsku kynjanna. Við uppsetningu á skyldleikatré var staðsetning íslenska kynsins ávallt stöðug; nánasti skyldleikinn er við Hereford, þó lítill sé. Þegar var bætt við gögnum um kúastofna frá Bretlandseyjum og Norður Frakklandi varð niðurstaðan að nánasti skyldleiki íslenska stofnsins væri við stofna á borð við Normande, Bretonne Black Pied og Maraichine/Parthenaise. Niðurstaða verkefnisins gefur til kynna að uppruna íslenska kúakynsins gæti verið að leita á Bretlandseyjum og Frakklandi. Í ljósi þess er afar mikilvægt að gera frekari rannsóknir á skyldleika við gömlu norsku landkynin sem fyrri rannsóknir á borð við Kantanen o.fl. (2000) hafa leitt í ljós að eru skyldust því íslenska. Fyrr en það hefur verið gert er óvarlegt að slá neinu föstu um uppruna íslenska kúakynsins (Baldur Helgi Benjamínsson 2018, Bernt Guldbandsen 2017).

## Hagrænt vægi eiginleika í nautgriparækt

### Verkefni unnið af Kára Gautasyni og Jóni Hjalta Eiríkssyni að frumkvæði fagraðs í nautgriparækt og Ráðgjafarmiðstöðvar landbúnaðarins með tilstyrk þróunarsjóðs nautgriparæktarinnar, Nautastöð BÍ og Landssambands kúabænda 2017-2019

Eigi kynbótastarf að skila árangri þarf markmiðið með því að vera skýrt og gott. Markmið kynbóta framleiðslugripa eins og mjólkurkúa er almennt að gera gripina afkastameiri, hraustari, hagkvæmari og þægilegri í umgengni. Auk þessa þarf að hafa velferð gripanna, lágmörkun umhverfisáhrifa og samfélagslega þætti að leiðarljósi við markmiðssetninguna. Hvaða eiginleika þarf að bæta til að kyr framtíðarinnar verði eins góðar og kostur er? Ein nálgun að svarinu er að reyna að leiða út hvaða úrvalsskilyrði, þ.e. val fyrir hvaða eiginleikum og hversu mikil hlutfallsleg áhersla er á hvern þeirra, leiðir til mests hagræns ávinnings. Ef valið fer fram samkvæmt því má vænta hámarksnýtingar þeirrar fjárfestingar sem fer í kynbótastarfið. Það er sérstaklega mikilvægt að hafa þennan grunn í lagi ef dýrar, og jafnframt öflugar aðferðir, svo sem erfðamengjaúrval eru teknar upp. Síðustu misseri hefur verið unnið í því að ákvarða hagrænt vægi eiginleika í ræktun íslenskra mjólkurkúa, sem getur þá verið grundvöllur ákvörðunar á nýrri heildareinkunn fyrir gripina. Þessari vinnu má skipta grófllega í tvennt. Í fyrsta lagi að meta hagrænt gildi eiginleika kúnna, þ.e. hvers virði eiginleikar gripanna



# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

eru. Í öðru lagi þarf að taka tillit til þess hversu auðvelt er að breyta eiginleikunum með kynbótum, hvernig þeir tengjast innbyrðis og hvaða upplýsingar liggja fyrir til að byggja valið á. Út frá þessu fæst hagkvæmasta úrvalsskilyrðið; það vægi í heildareinkunn sem gefur mestan ávinning.

Verðmæti einstakra eiginleika fer eftir ýmsum ytri aðstæðum. Þar sem ávinningur kynbótastarfsins kemur fram í framtíðinni er ekki auðvelt að spá fyrir um aðstæður á þeim tímapunkti. Í þessu verkefni var þó gerð tilraun til að spá fyrir um aðstæður árið 2027 og smíða líkön til að líkja eftir kúabúum á þeim tíma. Danskur hugbúnaður, SimHerd, var aðlagður eins og kostur var að íslenskum aðstæðum og þeirri stöðu sem líklegust þykir árið 2027. Gert var ráð fyrir að framleiðslustýringu með greiðslumarki yrði viðhaldið og fjölda- og stærðarþróun kúabúa yrði með svipuðum hætti og verið hefur. Sjónarhornið á hagrænan ávinning kynbóta í þessu verkefni er að lækka framleiðslukostnað mjólkur og er þá látið liggja á milli hluta hver nýtur þess ávinnings, hvort það eru bændur, afurðastöðvar eða neytendur.

Með því að breyta forsendum um erfðaeðli kúnna lítillaga í forsendum líkansins í SimHerd og reikna svo allt aftur fékkst mat á áhrifum kynbótagildis gripanna á búreksturinn. Með þessu var hægt að leggja mat á gildi afurðasemi, frjósemi, júgurbólguáhættu og endingar. Aðra eiginleika, sem einkum tengjast vinnu við kýrnar, er erfiðara að setja upp í líkan. Leitað var til kúabænda með spurningakönnun til að fá mat þeirra sem best til þekkja á því hversu miklu máli júgurgerð, spenagerð, spenastaðsetning, mjaltir og skap skipta fyrir vinnu við umhirðu gripanna. Út frá svörum var svo hagrænt gildi þessara eiginleika metið.

Til þess að meta hagrænt vægi eiginleika út frá hagrænum gildum þarf erfðastuðla fyrir eiginleikana. Stuðlarnir gefa til kynna hversu stór hluti breytileika í hverjum eiginleika er tilkominn vegna erfða og hvernig val fyrir einum eiginleika hefur áhrif á aðra. Fyrir þá eiginleika sem gott mat er til á var það notað. Fyrir nokkra eiginleika voru erfðastuðlar metnir en fyrir aðra þurfti að byggja á erlendum niðurstöðum og fylgni kynbótamats.

Niðurstöðurnar benda til þess að sú heildareinkunn sem unnið er eftir í dag skili um eða yfir 90% af þeim hagræna ávinningi sem ná má með heildareinkunn byggðri á hagkvæmasta úrvalsskilyrði. Lagt er til að farið verði að birta sérstaka heildareinkunn fyrir afkvæmaprófuð naut með lítillaga breyttri samsetningu en einkunn annarra gripa þar sem þau naut eru einu gripirnir sem fá mat fyrir endingu. Helstu niðurstöður og forsendur þeirra fyrir þá eiginleika sem voru til skoðunar eru:

**Afurðir** eru hér eftir sem hingað til mikilvægasti eiginleikinn í nautgriparækt. Heildareinkunn sem notuð hefur verið síðustu ár setur 44% vægi á afurðir en niðurstöður verkefnisins benda til að 36-37% sé hagkvæmast. Skoðanakönnun meðal bænda benti til þess að þeim þætti enn lægra hlutfall eðlilegt. Hvernig afurðum er skipt upp á efnabætti fer mjög eftir forsendum en miðað við núverandi verðhlutföll er hagkvæmast að leggja svipaða áherslu á prótein- og fituafurðir. Til þess að vinna gegn lækkanði próteinhlutfalli með úrvali þarf sá eiginleiki að hafa

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

eitthvert vægi. Lagt er til að fituafurðir gildi 47%, próteinafurðir 48% og próteinhlutfall 5% í nýrri afurðaeinkunn sem gildi svo 36% í heildareinkunn.

**Júgurbólga og frumutala.** Ekki var gert ráð fyrir því að frumutala hefði hagrænt gildi í sjálfu sér en eiginleikinn fær aftur á móti nokkurt hagrænt vægi vegna tengsla við júgurbólguviðnám. Þar sem júgurbólga hefur verið algengasta förgunarástæða kúa hérlandis á undanförunum áratugum má búast við að fækkun júgurbólguþilfella hafi verulegt hagrænt gildi. Aftur á móti eru tölulegar upplýsingar um júgurbólgu í kúm hér á landi verulega takmarkaðar þrátt fyrir að alla meðhöndlun við henni eigi að skrá. Þetta gerir allt hagrænt og erfðafræðilegt mat á eiginleikanum örðugt sem er verulega bagalegt. Það sem tengist júgurbólgu þarf því að mestu að byggja á erlendum niðurstöðum og ályktunum sem byggja á gögnum frá fáeinum búum. Samkvæmt þeim niðurstöðum sem þó fást fær frumutala 8% vægi í heildareinkunn fyrir val á nautum, sem er sama vægi og í núverandi heildareinkunn. Fyrir val á nautsmæðrum er 9% hæfilegt vægi. Niðurstöður um skiptingu vægis á milli endingar og frumutölu eru mjög háðar ályktunum um erfðastuðla þessara eiginleika sem byggja á takmörkuðum gögnum.

**Frjósemi** hefur í kynbótastarfinu hingað til aðeins byggst á bili á milli burða. Vænta má 0,32 kr. lækkun á framleiðslukostnaði hvers lítra mjólkur af styttingu bilsins um einn dag. Þrátt fyrir að kynbótamat fyrir eiginleikann sé óöruggt þegar valið fer fram gildir eiginleikinn rúm 10% í heildareinkunn byggðri á hagrænu vægi fyrir val á nautum en 11% fyrir val á nautsmæðrum. Ekki hefur verið erfðaframför í frjósemi stofnsins undanfarin ár. Hækkað vægi kann að vinna gegn því en bættar aðferðir við kynbótamat á eiginleikanum eru þó trúlega forsenda þess að raunverulegur árangur náist í þeim efnum.

Hagrænt gildi fyrir **júgurgerð** var leitt út frá því hversu mikið fækkar í hópi kúa sem krefjast aukinnar vinnu vegna júgurgerðar við hækkan á meðaljúgureinkunn. Hlutfall kúa sem valda aukinni vinnu var metið út frá niðurstöðum spurningakönnunar sem send var bændum. Reikna má með 1,43 kr. lækkun á framleiðslukostnaði á lítra mjólkur ef meðaljúgureinkunn hækkar um eitt stig á línulega skalanum. Hagkvæmasta vægi júgurgerðar fyrir nautaeinkunn er nærri 10% sem er nokkru hærra hlutfall en í þeirri einkunn sem nú er notuð. Fyrir val á nautsmæðrum ætti að miða við meira vægi eða um 11%. Þrátt fyrir að niðurstöður spurningakönnunar meðal bænda bendi ekki til þess að þeir geri greinarmun á mikilvægi greinilegs júgurbands, góðrar júgurfestu og lítillar júgurdýptar benda niðurstöðurnar til að skynsamleg samsetning júgureinkunnar sé 50% fyrir júgurdýpt, 35% fyrir júgurfestu og 15% júgurband. Ástæður þess eru mismunandi erfðadreifni eiginleikanna og tengsl við aðra eiginleika, einkum júgurbólguviðnám og endingu.

**Spenar.** Gleitt settir framspenar eru að mati bænda mikið vandamál við íslenskar kýr, sérstaklega að mati þeirra sem nota mjaltþjón. Auk þess bentu niðurstöður spurningakönnunarinnar til þess að of mjóir spenar væru helsta vandamálið varðandi spenagerð. Hagræna gildið fyrir spena er metið sem 2,34 kr. á stig samsettrar spenaeinkunnar skv. niðurstöðum spurningakönnunarinnar. Lítil dreifni þessarar einkunnar skýrir hátt gildi

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

samanborið við t.d. jógureinkunn. Hagræna vægið á spenaeinkunn byggir aðeins að litlum hluta á hagrænu gildi þess eiginleika sjálfs, tengsl við endingu og jógurheilsu hafa meiri áhrif. Samkvæmt matinu ætti að leggja mesta áherslu á að minnka spena vegna betri endingar og jógurheilsu kúa með litla spena. Það er aftur á móti ekki í samræmi við áherslur bænda miðað við spurningakönnunina. Hins vegar má ætla að með fjölgun mjaltþjóna aukist enn vandamál vegna spenastaðsetningar og mjórri spena svo áhrif þeirra þátta á endingu gætu aukist frá því sem var á þeim tíma þegar gögnum fyrir erfðastuðlamið var safnað. Þess vegna er samsetning spenaeinkunnar sem lögð er til með meiri áherslu á spenastaðsetningu og minni á mjórri spena en beinar niðurstöður útreikninga benda til að sé hagkvæmast. Spenaeinkunn væri þá samsett þannig að staðsetning framspena (þéttari) gildi 40%, lengd (styttri) 30% og þykkt (mjórri) 30%. Hlutfall spenaeinkunnar í heildareinkunn ætti að hækka miðað við það sem nú er, úr 8% í 10% fyrir val á nautum og í 13% fyrir val á nautsmæðrum.

Hagrænt gildi **mjalta** byggir á tíma sem sparast fyrir mjaltamann og -búnað við það að mjólkinn renni hraðar og jafnar úr kúnum í mjóltum. Niðurstöður spurningakönnunarinnar gáfu til kynna að hvert stig mjaltaeinkunnar spari 45 sek. á kú í mjaltatíma í mjaltabás eða mjaltakerfi og 60 sek. í mjaltaþjóni. Auk hagræns gildis mjaltanna sjálfra eru fljótari mjaltir tengdar betri endingu en aftur á móti lakari jógurheilsu. Mjaltir ættu að gilda 8% í heildareinkunn nauta en 10% við val á nautsmæðrum.

**Skap.** Niðurstöður spurningakönnunarinnar sýndu að bændur telja um 30 sek. af vinnu sparast á hverja kú ef þær eru einu stigi skapbetri samkvæmt línulega skalanum. Að auki sparar mjaltaþjónn um 20 sek. við sömu breytingu. Vægi skaps má vera óbreytt, 8%, fyrir val á nautum en hærra, 10%, fyrir kýr.

**Ending** gripanna er lykilatriði fyrir hagkvæmni þeirra. Val fyrir aukinni endingu fer þó aðallega fram með vali fyrir öðrum eiginleikum sem eru undirliggjandi áhrifaþættir á endingu kúnna. Þar sem naut þurfa að eiga ákveðinn lágmarksfjölda dætra sem hefur verið fargað, til að fá kynbótamat fyrir endingu er lagt til að ending gildi aðeins í heildareinkunn þeirra nauta sem hafa fengið slíkt mat og þá 10%. Meira vægi er þá á öðrum eiginleikum hjá kúnum, einkum á þeim eiginleikum sem hafa mikil áhrif á endingu.

Niðurstöður verkefnis sem þessa verða aldrei betri en gögnin sem þær byggja á. Því miður vantar nokkuð upp á áreiðanleg gögn á ýmsum stigum verkefnisins. Má þar nefna hagtölur fyrir landbúnaðinn, upplýsingar um sjúkdómatíðni og meðhöndlunir og erfðastuðla fyrir suma flokka eiginleika. Niðurstöður um einstaka þætti eru mjög háðar ályktunum sem byggðar eru á veikum forsendum, sérstaklega hvað varðar erfðapátt jógurbólguþols og tengsl hans við aðra eiginleika. Mikilvægt er að unnið verði að úrbótum þar sem skortir á þekkingu og niðurstöður verkefnisins uppfærðar jafnóðum eftir því sem betri upplýsingar fást.

Kynbótastarfið skilar miklu. Árlegar framfarir eins og árangurinn er í dag geta sparað um 150 milljónir í framleiðslukostnaði á ári þegar áhrifin eru komin fram að fullu miðað við tölur í verkefninu. Fjárfesting í kynbótastarfi í íslenska kúastofninum er líkleg til að skila sér ríkulega

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

til baka innan einungis fátta ára. Niðurstöður þessa verkefnis hjálpa til við að beina áherslum á þá þætti sem mest gefa til baka og stuðla þannig að bættri nýtingu fjármuna.

## Skyldleiki íslenskra kúa við Norður- og Vestur-Evrópsk kúakyn

### Fyrsti hluti doktorsverkefnis Egils Gautasonar 2019

Egill Gautason er kominn með helstu niðurstöður varðandi skyldleika íslensku kýrinnar við önnur kyn þegar þetta er skrifað. Hann birti sína fyrstu ritrýndu vísindagrein varðandi verkefnið 2019 og nefnist hún *Relationship of Icelandic cattle with Northern and Western European cattle breeds, admixture and population structure*. Meðhöfundar Egils eru Anna A. Schönherz, Goutam Sahana og Bernt Guldbbrandtsen en greinin var birt í *Acta Agriculturae Scandinavica*. Hér á eftir ferð úrdráttur (*abstract*) greinarinnar:

*Icelandic cattle is believed to have been brought from Norway during the settlement of Iceland around AD 870-930. Previous research on genetic relationships has indicated that Icelandic cattle is most related to northern Nordic indigenous breeds. Using single nucleotide polymorphism genotype data from Icelandic cattle and 29 Northern and Western European cattle breeds, we studied relationships and admixture among these breeds, and assessed population structure in Icelandic cattle. Population structure analysis through principal component analysis, estimation of ancestry, and analysis of patterns of population splitting and mixing revealed that Icelandic cattle are most related to three Finncattle breeds (Eastern, Northern and Western Finncattle), and Swedish Mountain cattle. Icelandic cattle has very low levels of admixture. We observed very limited population structure in Icelandic cattle. The observed structure was due to variable sire contributions. Over 1000 years of almost complete isolation has made Icelandic cattle highly genetically distinct from other cattle breeds.*

Niðurstöður Egils eru mjög afgerandi eins og hann segir sjálfur (2020): „Niðurstöður minnar rannsóknar eru óbyggjandi: íslenska kýrin er afar sérstakur, óblandaður stofn með mikið verndargildi, enda eru íslensku kýrnar eini stóri stofninn sem eftir er af norður-norrænum kúakynjum.“

## Skyldleikarækt og erfðabreytileiki í íslenska kúastofninum

### Annar hluti doktorsverkefnis Egils Gautasonar 2021

Egill birti sína aðra ritrýndu vísindagrein í júní 2021 og nefnist hún *Genomic inbreeding and selection signatures in the local dairy breed Icelandic Cattle*. Meðhöfundar Egils eru Anna A. Schönherz, Goutam Sahana og Bernt Guldbbrandtsen en greinin birtist í *Animal Genetics*. Hér á eftir ferð úrdráttur (*summary*) greinarinnar:

*Icelandic Cattle is the only dairy cattle breed native to Iceland. It currently numbers ca. 26 000 breeding females. We used 50k genotypes of over 8000 Icelandic Cattle to estimate genomic and pedigree-based inbreeding and to detect selection signatures using the integrated haplotype*

# ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

score. We used 47 Icelandic bulls genotyped with a 770k SNP chip to estimate LD decay for comparison with other Nordic dairy cattle breeds. We detected ROHs on the autosomes and computed ROH-based autosomal inbreeding coefficients. Average inbreeding coefficients according to pedigree and ROHs were 0.0621 and 0.101. Effective population sizes for the years 2009–2017 according to pedigree, ROHs, genomic relationship matrix, excess of homozygosity and individual increase in inbreeding were 81, 65, 60, 58 and 92 respectively. We identified three regions and six candidate genes that showed a signature of selection according to the integrated haplotype score ( $P < 0.05$ ) on chromosomes 1, 16 and 23. The LD structure of Icelandic Cattle is shaped by a long period of isolation and a small founder population. The estimate of LD at distances closer than 0.3 Mb is lower in Icelandic Cattle than in Danish Jersey, but is higher than in Danish Holstein and Red Nordic Dairy Cattle breeds. Our findings show that inbreeding rates in Icelandic Cattle currently are sustainable according to FAO guidelines, and our results do not indicate severe historical inbreeding.

Meginniðurstöður Egils eru að erfðabreytileiki er mikill innan stofnsins þrátt fyrir langa einangrun, og skyldleikarækt er innan þeirra marka sem Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO) mælir með (Egill Gautason 2021).

## Fýsileiki erfðamengisúrvals í íslenska kúastofninum

### Þriðji hluti doktorsverkefnis Egils Gautasonar 2021

Egill birti sína þriðju ritrýndu vísindagrein í maí 2021 og fjallar hún um fýsileika erfðamengisúrvals í íslenska kúastofninum. Greinin nefnist *Short communication: investigation of the feasibility of genomic selection in Icelandic Cattle*, meðhöfundar eru Goutam Sahana, Guosheng Su, Baldur Helgi Benjamínsson, Guðmundur Jóhannesson og Bernt Gulbrandsen og birtist hún í Journal of Animal Science. Hér á eftir fer úrdráttur (*abstract*) greinarinnar:

*Icelandic Cattle is a local dairy cattle breed in Iceland. With about 26,000 breeding females, it is by far the largest among the indigenous Nordic cattle breeds. The objective of this study was to investigate the feasibility of genomic selection in Icelandic Cattle. Pedigree-based best linear unbiased prediction (PBLUP) and single-step genomic best linear unbiased prediction (ssGBLUP) were compared. Accuracy, bias, and dispersion of estimated breeding values (EBV) for milk yield (MY), fat yield (FY), protein yield (PY), and somatic cell score (SCS) were estimated in a cross validation-based design. Accuracy ( $r^2$ ) was estimated by the correlation between EBV and corrected phenotype in a validation set. The accuracy ( $r^2$ ) of predictions using ssGBLUP increased by 13, 23, 19, and 20 percentage points for MY, FY, PY, and SCS for genotyped animals, compared with PBLUP. The accuracy of nongenotyped animals was not improved for MY and PY, but increased by 0.9 and 3.5 percentage points for FY and SCS. We used the linear regression (LR) method to quantify relative improvements in accuracy, bias ( $\Delta^2$ ), and dispersion ( $b^2$ ) of EBV. Using the LR method, the relative improvements in accuracy of validation from PBLUP to*

## ERFÐAFRÆÐILEG STAÐA OG ERFÐABREYTTILEIKI Í ÍSLENSKA KÚASTOFNINUM

*ssGBLUP were 43%, 60%, 50%, and 48% for genotyped animals for MY, FY, PY, and SCS. Single-step GBLUP EBV were less underestimated ( $\Delta^{\wedge}$ ), and less overdispersed ( $b^{\wedge}$ ) than PBLUP EBV for FY and PY. Pedigree-based BLUP EBV were close to unbiased for MY and SCS. Single-step GBLUP underestimated MY EBV but overestimated SCS EBV. Based on the average accuracy of 0.45 for ssGBLUP EBV obtained in this study, selection intensities according to the breeding scheme of Icelandic Cattle, and assuming a generation interval of 2.0 yr for sires of bulls, sires of dams and dams of bulls, genetic gain in Icelandic Cattle could be increased by about 50% relative to the current breeding scheme.*

Ein meginniðurstaðan er sú að erfðamengisúrval gæti aukið erfðaframfarir um a.m.k. 50% samanborið við núverandi aðferðir og skipulag.



## Verndun íslenska kúastofnsins

Umræða um innflutning eða innskot erfðaefnis í íslenska kúastofninn hefur vakið athygli okkar á þörf þess að vernda stofninn. Í því sambandi þarf að hafa í huga að íslenska ríkið er á grundvelli alþjóðlegra sáttmála (Convention on Biological Diversity - CBD) skuldbundið til að viðhalda íslenska kúastofninum sem hluta af líffræðilegum fjölbreytileika. Mismunandi áherslur fyrir verndun kalla á mismunandi aðgerðir og mat á verndargildi og þurfa ræktunarmarkmið til framtíðar að vera vel skilgreind. Bera þarf saman þá kosti sem felast í því að byggja mjólkurframleiðslu eingöngu á íslenska kúakyninu og hins vegar að varðveita kynið sem erfðahóp með tilliti til líffræðilegrar fjölbreytni. Fyrir verndun geta verið menningarsöguleg rök fyrir þar sem leitast er eftir því að viðhalda sérstöðu stofnsins sem tengjast m.a. búsetu og framleiðsluháttum. Þá þarf að horfa til viðhalds erfðabreytileika til að tryggja stofn gegn breyttum umhverfisaðstæðum og má þar nefna breytingar á loftslagi, viðbrögð við sjúkdómum og breytingar á eftirspurn neytenda eftir afurðum.

### LEIÐIR TIL VARÐVEISLU

Þrjár leiðir eru jafnan nefndar til verndar búfjárkynjum:

**In situ varðveisla** þar sem gripirnir eru haldnir til framleiðslu og stofninn fjárhagslega sjálfbær til lengri tíma litið. Með því helst erfðabreytileiki við og stofninn varðveitir aðlögunarhæfni. Á meðan íslenski kúastofninn stendur undir virkri framleiðslu eins og nú er, telst stofninn ekki í mikilli hættu, en sú staða getur breyst fljótt ef af innflutningi verður. Ef flutt er inn nýtt kyn eða skotið inn erfðaeefni í íslenska stofninn þyrfti að koma upp verndunarhóp kúa af íslenska stofninum.

Ein aðferð við slíka verndun er að koma upp sérstökum búum sem stunda kúabúskap með íslenskum kúm og þau njóti til þess stuðnings og gerður verði við þau verndarsamningur sem myndi jafna upp þann mun sem yrði á afkomu. Það gæti verið kostur að þessi bú væru á sama framleiðslusvæði til að hægt væri að taka framleiðsluna til sérstakrar vinnslu ef áhugi væri á því. Gera þyrfti útreikninga á því hve stór slíkur stofn þyrfti að vera til lengri tíma.

**Ex situ varðveisla** felur í sér að gripir eru aðeins haldnir í varðveisluskyni. Gripir eru fáir, framleiðsla lítil eða engin og kostnaður mikill. Sérstaða stofnsins helst en aðlögunarhæfni síður. Felur í sér varðveislu eingöngu í þeim tilgangi að varðveita erfðaeefni stofnsins og kynbótastarf miðar að því að viðhalda erfðafjölbreytileika og halda skyldleikarækt í skefjum. Samkvæmt stöðlum sem FAO hefur gefið út fyrir varðveislu stofna kemur fram að lágmark er 1.000 - 1.200 kúr og 20 naut auk þess sem skyldleikaræktaraukning á 50 ára tímabili má vera 5% eða minni ( $\Delta F \leq 0,05$ ).

**Cryoconservation varðveisla** felur í sér varðveislu á djúpfrystum fósturvísu/sæði sem gerir mögulegt að endurskapa erfðahópinn. Sá möguleiki verður þó í reynd að teljast eingöngu

# VERNDUN ÍSLENSKA KÚASTOFNSINS

fræðilegur því ólíklegt er að þær aðstæður skapist að búinn verði til nýr ræktunarhópur með fósturvísun. Þessi leið er mjög dýr í framkvæmd. (Heimild: Birna Kristín Baldursdóttir. 2014. Minnisblað um verndaráætlun fyrir íslenska kúakynið til Fagraðs í nautgripærækt.)

Í þessu sambandi má nefna að það var ein af niðurstöðum nefndar um kosti og galla skipulegrar blendingsræktar í íslenskri nautgripærækt sem tilnefnd var af Landssambandi kúabænda að skipuleg blendingsrækt í umfangi sem skipti máli skerti óhjákvæmilega möguleika til áframhaldandi ræktunarstarfs í íslenska kúakyninu og ræktunarstarfið myndi smám saman miðast við að viðhalda erfðabreytileikanum fremur en að ná erfðaframförum. Á móti má benda á, að skipulögð blendingsrækt gerir kröfu um að verulegum hluta af íslenska kúastofninum verði haldið í hreinrækt.

Með erfðamengisúrvali má með sannni segja að möguleikar til þess að varðveita íslenska kúastofninn í virkri framleiðslu hafi gjörbreyst. Víðtækar arfgerðargreiningar á stofninum gera ekki einungis mögulegt að stórauka erfðaframfarir, og auka þar með líkur á að kynið verði okkar framleiðslukyn til framtíðar, heldur mun lágmörkun og stýring skyldleikaræktar verða með allt öðrum hætti en hingað til. Þetta mun án efa stuðla að viðgangi og viðhaldi íslenska kúastofnsins og draga úr þörf á því að fara í einhverjar sértækar aðgerðir til verndar stofninum.



## Heimildir

- Ágúst Sigurðsson. (1993). Nýtt kynbótamat í nautgriparækt. *Ráðunautafundur 1993*, 232-241.
- Ágúst Sigurðsson. (1993). Nýja kynbótamatskerfið. *Nautgriparæktin* **10**, 63-77.
- Ágúst Sigurðsson. (1997). Kynbótamat fyrir frumutölu. *Nautgriparæktin* **14**(2), 9-17.
- Ágúst Sigurðsson og Jón V. Jónmundsson. (1995). Inbreeding and its impact in the closed population of Icelandic Dairy Cattle. *Acta Agric. Scand., Sect. A., Anim. Sci.* **45**, 11-16.
- Án höfundar. (2012). *Skýrsla nefndar um kosti og galla skipulegrar blendingsræktar í íslenskri nautgriparækt*. Til Landssambands kúabænda, 9 s.
- Baldur Helgi Benjamínsson. (2001a). *Kalvedødelighed i den islandske kvægpopulation*. Omfang og årsager. 9 – point opgave ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed. 25 s.
- Baldur Helgi Benjamínsson. (2001b). Rannsókn á kálfadauða í íslenska kúastofninum. *Freyr* **97** (4-5), 40-48.
- Baldur Helgi Benjamínsson. (2018). *Myndun á grunnerfðahópi fyrir erfðamengisúrval í íslenska kúastofninum*. Skýrsla til fagráðs í nautgriparækt, Bændasamtök Íslands, 16 s.
- Bernt Guldbbrandtsen. (2017). Note on genomic relationships and genomic inbreeding in Icelandic Cattle. Óbirtar niðurstöður arfgerðargreininga á 47 íslenskum nautum, Center for Quantitative Genetics and Genomics, Aarhus University, 10 s.
- Bjarni Sævarsson. (2017). *Áhrif skyldleikaræktar á afurðir íslenskra mjólkurkúa*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 34 s. <http://hdl.handle.net/1946/30668>
- Birna Baldursdóttir (ritstj.). (2019). *Íslenskar erfðaauðlindir - Landsáætlun um verndun erfðaauðlinda í íslenskri náttúru og landbúnaði 2019-2023*. Erfðanefnd landbúnaðarins, 60 s.
- Bragi Líndal Ólafsson, Emma Eypórsdóttir, Helga Björg Hafberg. (2003). Erfðabreytileiki mjólkurpróteina í íslenskum kúm. *Ráðunautafundur 2003*, 111-117
- Bragi Líndal Ólafsson, Emma Eypórsdóttir, Helga Björg Hafberg. (2003). Erfðabreytileiki próteina í mjólk íslenskra kúa. *Freyr* **99**, 48-53
- Bragi Líndal Ólafsson, Emma Eypórsdóttir, Helga Björg Hafberg. (2003). Erfðabreytileiki próteina í mjólk íslenskra kúa og áhrif fóðrunar á eiginleika hennar. *Mjólkurmál* **27**, 7-12.

- Bragi Líndal Ólafsson og Emma Eyþórsdóttir (2004). Prótein í mjólk – erfðabreytileiki og áhrif fôðrunar. *Ársskýrsla Rannsóknastofnunar landbúnaðarins 2002-2003*, 17-21.
- Egill Gautason. (2016). *Kjörfæðisframlög íslenskra sæðingana*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 44 s. <http://hdl.handle.net/1946/25073>
- Egill Gautason. (2020). Erfðaleg sérstaða íslenskra kúa. *Bændablaðið*, 6. febrúar, bls. 35.
- Egill Gautason. (2021). Skyldleikarækt og erfðabreytileiki í íslenska kúastofninum. *Bændablaðið*, 29. apríl, bls. 52.
- Egill Gautason, Anna A. Schönherz, Goutam Sahana og Bernt Guldbbrandtsen. (2019). Relationship of Icelandic cattle with Northern and Western European cattle breeds, admixture and population structure. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* **69**(1-2), 25-38. doi.org/10.1080/09064702.2019.1699951.
- Egill Gautason, Anna A. Schönherz, Goutam Sahana og Bernt Guldbbrandtsen. (2021). "Genomic inbreeding and selection signatures in the local dairy breed Icelandic Cattle". *Animal Genetics* **52**(3), 251-262. <https://doi.org/10.1111/age.13058>
- Egill Gautason, Goutam Sahana, Guosheng Su, Baldur Helgi Benjamínsson, Guðmundur Jóhannesson og Bernt Guldbbrandtsen. (2021). Short Communication: Investigation of the feasibility of genomic selection in Icelandic Cattle, *Journal of Animal Science* **99**(7). <https://doi.org/10.1093/jas/skab139>
- Emma Eyþórsdóttir. (2007). Rannsóknir á erfðafjölbreytileika og verndunargildi sauðfjár- og nautgripakynja í Norður Evrópu. *Fræðaging landbúnaðarins 2007*, 112-120.
- Emma Eyþórsdóttir, Þorsteinn Tómasson & Áslaug Helgadóttir. (2001). Erfðalindir í landbúnaði. *Ráðunautafundur 2001*, 45-50.
- Erlendur Jóhannsson. (1984). Nautgripasýningar á Vesturlandi 1982. *Nautgriparæktin* **1**, 37-66.
- Erlendur Jóhannsson. (1985). Kúasýningar á Suðurlandi 1983. *Nautgriparæktin* **2**, 81-119.
- Erlendur Jóhannsson. (1986). Nautgripasýningar á Norðurlandi 1984. *Nautgriparæktin* **3**, 67-120.
- Erlendur Jóhannsson. (1986). Nautgripasýningar á Austurlandi 1985. *Nautgriparæktin* **3**, 126-135.
- Gautason, E., Schönherz, A.A., Sahana, G. and Guldbbrandtsen, B. (2021). Genomic inbreeding and selection signatures in the local dairy breed Icelandic Cattle. *Animal Genetics*, **52**(3), 251-262. <https://doi.org/10.1111/age.13058>

- Hafþór Finnbogason. (2014). *Nýr dómskali fyrir mat á skapgerð íslenskra kúa*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 44 s. <http://hdl.handle.net/1946/18665>
- Hjalti Sigurðsson. (2017). *Stærðarmál íslenskra mjólkurkúa*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 29 s. <http://hdl.handle.net/1946/27993>
- Jón Hjalti Eiríksson. (2017). *Mælidagálíka fyrir íslenska kúastofninn*. MS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 53 s. <http://hdl.handle.net/1946/29227>
- Jón Hjalti Eiríksson og Kári Gautason. (2019). *Hagrænt vægi eiginleika í nautgriparækt*. Skýrsla um mat á hagrænu vægi eiginleika í kynbótastarfi nautgriparæktarinnar. Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins, 109 s.
- Jón Torfason & Jón Viðar Jónmundsson. (2001). *Íslenska mjólkurkýrin*. Bókaútgáfan Hofi, Hof í Vatnsdal.
- Jón Viðar Jónmundsson. (1995). Kynbætur nautgripa á komandi árum. *Nautgriparæktin* **12**(3), 171-190.
- Jón Viðar Jónmundsson. (2006). Kálfadauðinn – möguleg erfðaáhrif. *Freyr* **102**, 26-28.
- Jón Viðar Jónmundsson & Magnús B. Jónsson. (1991). Nautgripakynbætur. *Ráðunautafundur 1991*, 174-187.
- Karen Björg Gestsdóttir. (2017). *Gallar í júgur- og spenagerð hjá íslenska kúastofninum*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 35 s. <http://hdl.handle.net/1946/27998>
- Kantanen, J., Olsaker, I., Holm, L. E., Lien, S., Vilkkilä, J., Brusgaard, K., Eythorsdóttir, E., Danell, B. og Adalsteinsson, S. (2000). Genetic diversity and population structure of 20 North European cattle breeds. *Journal of Heredity*, **91**(6), 446-457.
- Magnús B. Jónsson & Jón Viðar Jónmundsson. (1974). Kynbótaskipulag fyrir íslenska kúastofninn. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* **6**, 49-63.
- Rúnar Geir Ólafsson. (2016). *Mjólkurflæði hjá fyrsta kálfs kvígum*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 22 s. <http://hdl.handle.net/1946/25087>
- Samningur um líffræðilega fjölbreytni* (Convention on Biological Diversity). (1992). Heimasíða umhverfisráðuneytisins. <http://www.umhverfisraduneyti.is>. [Bein slóð: [http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF\\_skrar/Samningur-um-liffraedilega-fjolebreytni.pdf](http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Samningur-um-liffraedilega-fjolebreytni.pdf).]
- Sara María Davíðsdóttir. (2012). *Litafjölbreytileiki íslenska kúastofnsins*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 96 s. <http://hdl.handle.net/1946/12446>

- Sunna Skeggjadóttir. (2021). *Tíðni tvíkelfinga og tengsl við afurðirog frjósemi í íslenska kúastofninum*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 38 s.  
<http://hdl.handle.net/1946/38841>
- Stefán Aðalsteinsson. (2004). Sérstaða íslenskra húsdýra. *Freyr* **100**(5), 15-28.
- Þorvaldur Kristjánsson, Jón Viðar Jónmundsson og Baldur H. Benjamínsson. (2006). Þróun skyldleikaræktar í íslenska kúastofninum. *Fræðaping landbúnaðarins 2006*, 133-139.
- Þórdís Þórarinsdóttir. (2017). *Burðaraldur íslenskra kvígna og áhrif hans á afurðir, endingu og uppeldiskostnað*. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 44 s.  
<http://hdl.handle.net/1946/28010>
- Þórdís Þórarinsdóttir. (2020). *Erfðastuðlar og erfðaþróun frjósemiseiginleika í íslenska kúastofninum*. MS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri, 58 s.  
<http://hdl.handle.net/1946/35122>