

# Mat á kolefnisspori matvælaframleiðslu á Íslandi

---



Tekið saman 2023

ISBN 978-9935-551-02-3

Birna Sigrún Hallsdóttir  
Stefán Gíslason

Myndir á forsíðu:  
Tom Fisk, Pexels Etienne  
Menétrey Héolise  
Delbos, Unsplash Tjörvi  
Bjarnason

## Efnisyfirlit

1	Samantekt.....	6
2	Inngangur .....	8
3	Losun gróðurhúsalofttegunda í matvælaframleiðslu .....	9
3.1	Búfjárhald og notkun áburðar.....	9
3.2	Ýmis aðföng (áburður, varnarefni, heyrúlluplast, fóður).....	10
3.3	Eldsneyti.....	10
3.4	Kælimiðlar .....	11
3.5	Umbúðir .....	11
3.6	Úrgangur .....	11
4	Aðferðafræði við mat á kolefnisspori matvælaframleiðslu .....	13
4.1	Inngangur .....	13
4.2	Landsbókhald og losun vegna matvælaframleiðslu.....	13
4.3	Staðlar til að meta losun .....	15
4.4	Kerfismörk.....	17
4.5	Aðgerðareining.....	19
4.6	Losun frá landi.....	19
4.7	Uppskipting á framleiðsluþætti.....	23
4.8	Samantekt ábendinga .....	24
4.9	Fyrirvari .....	24
5	Gögn.....	25
6	Kolefnisspor sauðfjárræktar.....	28
6.1	Inngangur .....	28
6.2	Aðföng.....	28
6.3	Orkunotkun .....	29
6.4	Eigin starfsemi.....	30
6.4.1	Losun vegna búfjárhalds og notkunar áburðar .....	30
6.4.2	Losun vegna notkunar ýmissa aðfanga .....	32
6.5	Frálag.....	32
6.6	Losun gróðurhúsalofttegunda í sauðfjárrækt - samantekt.....	32
7	Kolefnisspor nautgriparæktar .....	34
7.1	Inngangur .....	34
7.2	Aðföng.....	34
7.3	Orkunotkun .....	36
7.4	Eigin starfsemi.....	36
7.4.1	Losun vegna búfjárhalds og notkunar áburðar .....	36

7.4.2	Losun vegna notkunar ýmissa aðfanga .....	38
7.5	Frálag.....	39
7.6	Losun gróðurhúsalofttegunda í nautgriparækt - samantekt .....	39
8	Kolefnisspor kjúklinga- og eggjaframleiðslu .....	41
8.1	Inngangur .....	41
8.2	Kolefnisspor kjúklingaræktar .....	42
8.2.1	Aðföng.....	42
8.2.2	Orkunotkun .....	45
8.2.3	Losun í eigin starfsemi.....	45
8.2.4	Frálag.....	46
8.2.5	Losun gróðurhúsalofttegunda í kjúklingarækt - samantekt.....	48
8.3	Kolefnisspor eggja .....	49
8.3.1	Aðföng.....	50
8.3.2	Orkunotkun .....	53
8.3.3	Losun í eigin starfsemi.....	53
8.3.4	Frálag.....	55
8.3.5	Losun gróðurhúsalofttegunda við framleiðslu eggja – samantekt .....	56
9	Kolefnisspor svínakjötsframleiðslu .....	58
9.1	Inngangur .....	58
9.2	Aðföng.....	58
9.3	Orkunotkun .....	59
9.4	Eigin starfsemi.....	59
9.4.1	Losun vegna búfjárhalds .....	59
9.4.2	Losun vegna notkunar búfjáráburðar .....	60
9.4.3	Losun vegna notkunar aðfanga.....	60
9.5	Frálag.....	60
9.5.1	Losun vegna meðhöndlunar úrgangs.....	60
9.5.2	Losun vegna slátrunar, pökkunar og flutninga að dreifingarstöð.....	61
9.6	Losun gróðurhúsalofttegunda í svínakjötsframleiðslu – samantekt.....	61
10	Kolefnisspor grænmetisframleiðslu .....	63
10.1	Inngangur .....	63
10.2	Kolefnisspor útiræktar .....	63
10.2.1	Aðföng.....	63
10.2.2	Orka.....	65
10.2.3	Eigin starfsemi.....	65
10.2.4	Frálag.....	66

10.2.5	Losun gróðurhúsalofttegunda í útirækt – samantekt.....	67
10.3	Kolefnisspor ylræktar.....	68
10.3.1	Aðföng.....	68
10.3.2	Orka.....	71
10.3.3	Eigin starfsemi.....	71
10.3.4	Frálag.....	72
10.3.5	Losun gróðurhúsalofttegunda í ylrækt – samantekt.....	73
11	Kolefnisspor fiskeldis.....	75
11.1	Inngangur.....	75
11.2	Aðföng.....	75
11.3	Orkunotkun.....	77
11.4	Eigin starfsemi.....	77
11.5	Frálag.....	77
11.6	Losun gróðurhúsalofttegunda í laxeldi – samantekt.....	79
12	Kolefnisspor fiskveiða og -vinnslu.....	80
12.1	Inngangur.....	80
12.2	Aðföng.....	80
12.3	Orkunotkun.....	81
12.4	Eigin starfsemi.....	82
12.5	Frálag.....	82
12.6	Losun gróðurhúsalofttegunda við þorskveiðar – samantekt.....	83
13	Heimildaskrá.....	84

## 1 Samantekt

Kolefnisspor er sú heildarlosun gróðurhúsalofttegunda sem einstaklingur, viðburður (t.d. tónlistarhátíð), fyrirtæki (t.d. álfyrirtæki) eða framleiðsla tiltekinnar vöru (t.d. lambakjöt) veldur á einu ári. Sporið er myndlíking fyrir áhrifin sem einstaklingurinn, viðburðurinn, fyrirtækið eða varan hefur á loftslagið, svipað og þegar við skiljum eftir fótspor í rökum sandi eða snjó. Stærð og dýpt fótsporsins fer eftir því hversu stór og þung við

Kolefnisspor matvæla er oftast gefið upp í kg koldíoxíðsígilda á kg af ætum bita.

erum. Sama gildir um kolefnisspor. Því stærra sem kolefnisspor tiltekinnar vöru er því meiri áhrif hefur framleiðsla og neysla vörunnar á loftslagið. Kolefnissporið er oft gefið upp sem losun gróðurhúsalofttegunda í kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af framleiddri vöru. Þegar um matvæli er að ræða skiptir máli hvar í ferlinu varan er vegin og oft er farin sú leið að miða útreikninga við „ætan mat“. Kolefnissporið er þá gefið upp í kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af ætum bita (beinlaus og/eða roðlaus biti þar sem það á við). Stundum er kolefnissporið einnig gefið upp á hverja einingu af prótíni eða hverja hitaeyningu. Með aukinni umhverfisvitund neytenda og auknum kröfum um upplýsingagjöf fyrirtækja verður enn mikilvægara en áður að fyrirtæki reikni og upplýsi um kolefnisspor framleiðsluvöru sinnar, hvort sem um er að ræða matvæli eða aðrar vörur. Í 6. útgáfu Norrænu næringarráðlegginganna, sem út kom nýlega, taka ráðleggingar um matarræði ekki eingöngu mið af næringargildi heldur einnig af áhrifum matvælaframleiðslunnar á umhverfið.<sup>1</sup>

Margvísleg gögn þarf til að reikna kolefnisspor matvæla. Gæði útreikninga ráðast algerlega af þeim gögnum sem byggt er á.

Afla þarf margs konar gagna fyrir útreikninga á kolefnisspori, enda ráðast gæði útreikninga algerlega af þeim gögnum sem þeir byggja á. Einnig þarf að finna viðeigandi losunarstuðla, sem helst þurfa að vera opinberlega viðurkenndir. Ef vel á að vera þarf m.a. að afla gagna um framleiðslu, fjölda búfjár ef við á (jafnvel eftir aldri og kyni), framleiðsluaðferðir, notkun aðfanga og hvaðan aðföngin koma, hvernig þau eru flutt á framleiðslustað, hvað er gert við afföll og úrgang o.s.frv. Þegar um landbúnaðarvörur er að ræða þarf oft einnig að afla gagna um landnotkun

og breytingar á landnotkun. Veruleg óvissa er enn sem komið er varðandi losun frá landi og því er horft fram hjá áhrifum landnotkunar og breytinga á henni á þessu stigi. Þörf er á að uppfæra kolefnissporsútreikningana þegar fyrir liggja niðurstöður úr átaksverkefni í tengslum við aðgerðaáætlun í loftslagsmálum sem snýr að bættu bókhaldi varðandi losun og bindingu vegna landnotkunar. Mikilvægt er að gögn sem nýtt eru í kolefnissporsútreikninga séu samræmd og aðgengileg. Í mörgum tilvikum er hins vegar erfitt að afla eins ítarlegra gagna og nauðsynlegt er. Í sumum tilfellum liggja upplýsingar á landsvísu ekki fyrir, eða þá að þær liggja í lokuðum gagnagrunnum eða hjá einstökum fyrirtækjum. Í einhverjum slíkum tilvikum getur skort á áhuga eða vilja viðkomandi aðila til að veita upplýsingar. Hugsanlega er í einhverjum tilfellum um að ræða viðkvæmar viðskiptaupplýsingar.

Til eru ýmsir staðlar sem hægt er að nota til að meta kolefnisspor, s.s. ISO-staðlar, PAS2050 og staðlar frá *The Greenhouse Gas Protocol Initiative*. Staðlarnir eiga það sameiginlegt að taka losun frá uppsprettum í aðfangakeðju með í reikninginn og byggja á leiðbeiningum IPCC (Milliríkjanefnd SP um loftslagsbreytingar). Niðurstaða útreikninga byggir því frekar á því hvaða uppsprettur eru teknar með í reikninginn og á gögnunum sem notuð eru en því hvaða staðlar eru notaðir. Sjálfbærnilöggjöf ESB skiptir einnig miklu máli í þessu sambandi, en hún hefur verið í mikilli mótun á allra síðustu árum og er innleiðing hennar hafin hérlendis. Löggjöfin leggur auknar skyldur á fyrirtæki varðandi upplýsingagjöf. Til að stuðla að gegnsæi og áreiðanleika upplýsinga og fyrirbyggja grænþvott þarf upplýsingagjöfin að samræmast

Ýmsa staðla má nýta við mat á kolefnisspori matvæla, s.s. ISO-staðla, staðla og leiðbeiningar frá GHG-Protocol og evrópska staðla og leiðbeingar.

<sup>1</sup> Nordic Council of Ministers, 2023.

ítarlegum kröfum og byggjast á skilgreiningum í svonefndri flokkunarreglugerð (e. EU Taxonomy) sem skilgreinir hvað telst umhverfislega sjálfbær starfsemi, svo og tilskipun um upplýsingagjöf fyrirtækja um ófjárhagslegar upplýsingar. ESB hefur einnig gefið út leiðbeiningar um útreikninga á kolefnisspori vöru (PEF: Product Environmental Footprint) sem taka mið af ofangreindum stöðlum.<sup>2</sup> PEF-aðferðafræðin er enn í vinnslu og í svokölluðum tilraunafasa sem stefnt er að því að ljúki í árslok 2024.

Líta má á þá útreikninga á kolefnisspori helstu greina matvælaframleiðslu hér á landi, sem settir eru fram í þessari skýrslu, sem fyrsta skref. Kafa þarf mun dýpra í viðfangsefnið til að fá fyllilega marktækar og samanburðarhæfar niðurstöður.

Í þessu verkefni var gerð tilraun til að reikna kolefnisspor helstu greina matvælaframleiðslu á Íslandi frá vögggu að dreifingarstöð. Ekki reyndist þó unnt að fullreikna kolefnisspor matvæla vegna skorts á ýmsum gögnum, en líta má á þessa útreikninga sem fyrsta skref við mat á kolefnissporinu. Ljóst er að til þess að fá fyllilega marktækar og samanburðarhæfar niðurstöður um kolefnisspor helstu greina matvælaframleiðslu héraendis þarf að leggjast í mun ítarlegri gagnaöflun og greiningar en unnt var að ráðast í innan ramma þessa verkefnis, þar á meðal varðandi losun vegna landnotkunar og uppskiptingu losunar á framleiðsluþætti og framleiðsluvörur. Í því samhengi er mælt með að reikna kolefnisspor frá nægjanlegum fjölda

framleiðenda í góðu samstarfi við viðkomandi grein, frekar en að reikna sporið út frá tölum á landsvísu eins og hér er gert. Matvælaframleiðsla getur verið mjög breytileg eftir framleiðendum, jafnvel innan sömu greinar. Þess vegna er einfaldara að reikna kolefnisspor hjá einstökum framleiðendum en fyrir framleiðslugreinar í heild, m.a. vegna þess að þar er hægt að afla réttari gagna um framleiðsluna, raunverulega notkun ýmissa aðfanga og um meðhöndlun úrgangs.

Í fyrirsjáanlegri framtíð munu ýmsar breytingar leiða til lækkunar á kolefnisspori matvæla. Hér má helst nefna orkuskipti, útfösun HFC-kælimiðla, framþróun varðandi umbúðir, breyttar aðferðir við meðhöndlun úrgangs og væntanlegt átak við endurheimt vistkerfa og bindingu koldíoxíðs úr andrúmslofti með landgræðslu og skógrækt.

Fyrirsjáanlegt er að kolefnisspor matvæla fari lækkandi á næstu árum vegna aðgerða í loftslagsmálum.

<sup>2</sup> Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2021.

## 2 Inngangur

Þessi skýrsla var unnin af Birnu Sigrúnu Hallsdóttur fyrir matvælaráðuneytið í samræmi við verksamning aðila, dags. 30. júní 2022. Einnig kom Stefán Gíslason hjá Environice að verkefninu. Verkefnið snýst um fimm meginþætti:

- Skilgreina aðferðafræði við mat á kolefnisspori matvælaframleiðslu á Íslandi.
- Gera grein fyrir þeim gögnum sem þarf til að meta kolefnissporið.
- Gera grein fyrir helstu áhrifaþáttum losunar gróðurhúsalofttegunda vegna matvælaframleiðslu.
- Reikna losun helstu framleiðslugreina.
- Gera grein fyrir óvissuþáttum í kolefnissporsútreikningum og hvernig draga meggi óvissunni.

Landbúnaður er mikilvæg uppspretta gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu og jafnframt hafa loftslagsbreytingar mikil og vaxandi áhrif á greinina. Á sama tíma þarf landbúnaðurinn að geta staðið undir matvælaframleiðslu fyrir hratt vaxandi mannfjölda í heiminum. Loftslagsbreytingar geta einnig haft mikil áhrif á sjávarútveg vegna breytinga á útbreiðslu tegunda og hlýnunar og súrnunar sjávar. Matvælageirinn mun gegna mikilvægu hlutverki í fyrirsjáanlegri framtíð við að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda t.d. með breyttri orkunotkun og bættri nýtingu náttúruauðlinda og aðfanga. Þá hafa margir landeigendur mikla möguleika á að draga úr losun frá landi og auka bindingu með aðgerðum á sviði landnotkunar.

Í aðdraganda Parísarsamningsins var Ísland í bandalagi þjóða með mikinn metnað, þ.e. þeirra þjóða sem lengst vilja ganga í að draga úr losun þannig að halda meggi hitastigsaukningu innan við 1,5°C á þessari öld. Ísland hefur hins vegar ekki verið í fremstu röð á þessu sviði síðustu þrjá áratugi. Losun gróðurhúsalofttegunda hérlendis hefur aukist verulega frá 1990 og þurfti Ísland að kaupa losunarheimildir til að standa við skuldbindingar sínar gagnvart Evrópusambandinu á síðara tímabili Kyoto-bókunarinnar (2013-2020). Á sama tíma hefur losun í löndunum í kringum okkur dregist saman. Nú hefur Ísland hins vegar sett sér metnaðarfull markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til 2030 og um kolefnishlutleysi árið 2040. Til að ná þessum markmiðum er ljóst að grípa þarf til markvissra og skjótvirkra aðgerða hér á landi.

Rétt er að undirstrika mikilvægi þess að gripið sé hratt til aðgerða í loftslagsmálum. Þegar jarðeldsneyti er brennt losnar kolefni sem áður var bundið í jarðlögum. Koldíoxíð sem myndast við brunann safnast fyrir og flyst til milli lofthjúpsins, hafsins, landmassans og plantna og dýra í lífhjúpnunum. Koldíoxíð helst í lofthjúpnunum í langan tíma. Það getur orðið að steintegund þegar skeljar kalkmyndandi lífvera setjast og mynda lög á hafsbotni, en slík bergmyndun getur tekið þúsundir ára. Af þessum sökum er stór hluti þess koldíoxíðs sem mannkynið hefur sett út í andrúmsloftið frá upphafi iðnbyltingar enn til staðar í andrúmsloftinu og hefur safnast þar upp. Að sama skapi tekur það langan tíma að draga úr styrk koldíoxíðs í andrúmslofti, jafnvel þótt losun dragist saman. Þar sem loftslagsbreytingar eru uppsöfnunarvandi er mikilvægt að grípa fljótt til aðgerða til þess að árangur verði sem mestur.

Aðgerðir til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda eru því hagkvæmari og árangursríkari því fyrr sem er gripið til þeirra. Sem dæmi má nefna aðgerð sem myndi kosta 700 milljónir og gæti dregið úr losun um 100 þúsund tonn á ári. Ef slík aðgerð kemur til framkvæmda í ársbyrjun 2024 kemur hún í veg fyrir losun 100 þúsund tónna á ári frá og með árinu 2024. Í árslok 2030 hefur aðgerðin því skilað 700 þúsund tónna samdrætti. Ef beðið hefði verið með aðgerðina til ársins 2029 hefði uppsafnaður samdráttur í losun aðeins numið 200 þúsund tonnum í árslok 2030. Útlagður kostnaður hefði hins vegar verið sá sami, með fyrirvara um þróun verðlags og kostnaðar. Af þessu leiðir að aðgerðir sem ráðist er í án tafar verða mun hagkvæmari en sams konar aðgerðir að nokkrum árum liðnum.



### 3 Losun gróðurhúsalofttegunda í matvælaframleiðslu

Matvælaframleiðsla á Íslandi er stór hluti af hagkerfinu. Innan hennar eru atvinnugreinar á borð við landbúnað, sjávarútveg, matvælaiðnað og hluta ferðapjónustunnar. Um 25 þúsund manns starfa við matvælaframleiðslu í þessum greinum<sup>3</sup> og allar þessar greinar geta lagt mikið af mörkum til þess að bregðast við loftslagsvánni. Fæðuframleiðsla fyrir sístækkandi samfélög um allan heim er áskorun sem allar þjóðir heims standa frammi fyrir. Vitneskja um áhrif matvælaframleiðslu á loftslag fer vaxandi og aðgerðir til að stemma stigu við losun gróðurhúsalofttegunda vegna fæðuframleiðslu eru sífellt meira í umræðunni. Mikil vitundarvakning hefur orðið um sóun og bættu nýtingu í matvælaframleiðslu og orkuskipti munu hafa víðtæk áhrif til að minnka losun gróðurhúsalofttegunda í framtíðinni.

Landbúnaðargeirinn er frábrugðinn öðrum framleiðslugreinum að því leyti að greinin byggir í raun tilveru sína á kolefnisforða sem ýmist vex eða rýrnar frá ári til árs, allt eftir því hvernig búrekstrinum er stjórnað. Kolefnisforðinn er fólgin í lífmassa bæði ofanjarðar og í jarðvegi (rætur, tré og annar jarðargróður), í lífvana lífrænu efni (t.d. rotnandi viður og lauf), í lífrænu jarðvegsefni og í uppskeru. Alla jafna minnkar kolefnisforðinn þegar óræktað land er tekið til ræktunar – og reyndar hefur ræktað land að meðaltali minni kolefnisforða á hverja flatareiningu en allar aðrar jarðvegsgerðir að auðnum og eyðimörkum frátöldum. Af þessu leiðir jafnframt að í ræktarlandi felast miklir möguleikar á að byggja upp kolefnisforða með réttum ræktunaraðferðum. Á stórum svæðum, sem hafa lengi verið notuð í hefðbundnum landbúnaði, felast þannig miklir möguleikar á að minnka kolefnisspor greinarinnar. Auk þess eru bændur í góðri stöðu til þess að auka bindingu koldíoxíðs með landgræðslu og skógrækt, og með því að endurheimta röskuð vistkerfi. Einnig geta þeir komið í veg fyrir losun og stuðlað að aukinni bindingu með verndun óraskaðra vistkerfa og vistkerfa sem binda kolefni.

Uppsprettur losunar í matvælaframleiðslu eru annars vegar líffræðilegar (t.d. búfjárhald, notkun áburðar og landnotkun, þ.m.t. framræsla og plæging jarðvegs) og hins vegar vélrænar (t.d. vélar, tæki og kælíbúnaður). Óvissa við mat á losun frá líffræðilegu uppsprettunum er margfalt meiri en óvissan við mat á losun frá þeim vélrænu. Þannig er t.a.m. vel þekkt hversu mikið af koldíoxíði losnar við brennslu á hverjum lítra af dísilolíu og óvissan og breytileikinn lítill. Losun vegna landnotkunar er hins vegar mjög breytileg eftir landgerð og því hvernig landið er notað.

Helstu uppsprettur gróðurhúsalofttegunda í matvælaframleiðslu eru eftirtaldar (margar uppsprettur eiga þó aðeins við um landbúnaðarframleiðslu):

- Losun vegna búfjárhalds (einkum vegna jórturdýra).
- Losun vegna meðhöndlunar og notkunar búfjáraðurar.
- Losun vegna framleiðslu, flutninga og notkunar fóðurs, tilbúins áburðar, plöntuvarnarefna, hreinsiefna, lyfja og annarra aðfanga.
- Losun vegna framleiðslu, flutninga og notkunar jarðeldsneytis.
- Losun vegna framleiðslu, flutninga og notkunar kælimiðla.
- Losun vegna framleiðslu, flutninga og notkunar umbúða.
- Losun vegna meðhöndlunar aukaafurða og úrgangs.
- Losun vegna landnotkunar.

#### 3.1 Búfjárhald og notkun áburðar

Að landnotkun frátalinni vegur losun frá búfjárdaldi alla jafna þyngst í kolefnisspori landbúnaðar, einkum þó þar sem jórturdýr eru uppistaða bústofnsins. Í meltingarvegi dýra – sér í lagi jórturdýra – á sér stað loftfirrt niðurbrot (gerjun) fæðunnar fyrir tilstilli baktería. Við gerjunina myndast metan sem losnar út í andrúmsloftið frá báðum endum meltingarvegarins (vindgangur). Búfjáraðurur (skítur og hland) inniheldur talsvert af lífrænum (kolefnisríkum) efnum og köfnunarefnissamböndum og við geymslu áburðarins losnar úr honum bæði metan og glaðloft. Metanið myndast við loftfirrt niðurbrot

---

<sup>3</sup> Hagstofa Íslands, 2023.

lífrænna efna í haugnum og glaðloft vegna samverkunar nítunar (oxun ammoníaks yfir í nítat) og afnítunar (afoxun nítats yfir í köfnunarefni) köfnunarefnissambandanna í áburðinum. Magn gróðurhúsalofttegunda sem losnar úr áburðinum er háð ýmsum þáttum svo sem samsetningu og meltanleika fóðursins sem dýrin fengu, þurrefnisinnihaldi, geymslukilyrðum (votgeymsla, þurrgeymsla) og því hversu lengi áburðurinn er geymdur í viðkomandi geymslu. Metanlosun er mest frá búfjáráburði í votgeymslum, svo sem frá mykjupróm. Í nautgripa- og svínarækt losnar t.d. mikið af metani með þessum hætti. Hægt er þó að snúa dæminu við með því að safna metaninu og nýta það sem eldsneyti á vélar og tæki í stað jarðeldsneytis. Rokgjarnasti hluti köfnunarefnisins í búfjáráburði gufar að hluta til upp í áburðargeymslum. Þetta köfnunarefni getur flust til í umhverfinu og valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á (óbein losun vegna meðhöndlunar búfjáráburðar).

Áburður, bæði tilbúinn áburður og búfjáráburður, er borinn á tún og ræktarland til að auka uppskeru. Hluti þess köfnunarefnis í áburðinum, sem borinn er á tún og/eða fellur til í haga myndar glaðloft fyrir tilstilli örvera í jarðvegi. Glaðloftið myndast sem hliðarafurð vegna nítunar og afnítunar köfnunarefnissambandanna. Annar hluti köfnunarefnisins í áburðinum skolast út og gufar upp og nýtist þar með ekki gróðri. Þetta köfnunarefni getur flust til í umhverfinu og valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á (óbein losun vegna áburðarnotkunar), rétt eins og köfnunarefni sem gufar upp úr áburðargeymslum.

### 3.2 Ýmis aðföng (áburður, varnarefni, heyrúlluplast, fóður)

Framleiðsla tilbúins áburðar er orkufrek og veldur því mikilli losun gróðurhúsalofttegunda, auk þess sem jarðgas eru iðulega nýtt sem vetnisgjafi í framleiðslunni. Þá losnar einnig glaðloft sem aukaafurð við framleiðslu áburðar sem inniheldur köfnunarefni. Notkun áburðar eykur hins vegar uppskeru og getur því stuðlað að bættri nýtingu auðlinda og lands.

Varnarefni eru efni sem notuð eru í landbúnaði til þess að verja uppskeru gegn ýmsum skaðvöldum (illgresi, sveppum, skordýrum, meindýrum). Leifar sumra varnarefna geta verið skaðlegar heilsu og umhverfi. Því er mikilvægt að nýta þau skynsamlega. Notkun varnarefna er lítil hérlendis. Framleiðsla varnarefna er orkufrek og veldur því talsverðri losun.

Plast (þ.m.t. heyrúlluplast og yfirbreiðsluplast) er framleitt úr olíuvörum. Um 5-10% af unninni olíu í heiminum eru notuð til að framleiða plastefni. Losun á sér stað við olíuvinnslu og -flutninga, í olíuhreinsistöð, vegna áframvinnslu í mismunandi plasttegundir, sem og vegna úrgangsméðhöndlunar og niðurbrots plast á villigötum í náttúrunni. Þegar um endurunnið plast er að ræða er losun hugsanlega nokkru minni.

Framleiðsla fóðurs veldur einnig losun gróðurhúsalofttegunda, mismikilli eftir samsetningu fóðursins. Þannig er fóður sem er að mestu af plöntuuppruna með minna framleiðsluspor en fóður sem er gert úr dýraafurðum. Framleiðsla og flutningur fóðurs er einmitt sá liður sem vegur hvað þýngst í kolefnisspori greina á borð við kjúklingaeldi og svínarækt, þar sem fóður er að mestu leyti aðfengið og þá oftast en ekki innflutt.

Flest ofangreind aðföng eru framleidd erlendis. Því á sér, auk losunar vegna framleiðslu, einnig stað losun við flutning aðfanganna frá framleiðslustað að notkunarstað. Þessi losun á sér stað í viðkomandi framleiðslulandi sem og á leiðinni frá framleiðslulandi til Íslands.

### 3.3 Eldsneyti

Jarðeldsneyti er notað í ýmsum tilgangi í matvælaframleiðslu. Eldsneyti er notað á vélar fiskiskipa og fiskibáta, á dráttarvélar í landbúnaði, bíla og ýmsar aðrar vélar, tæki og búnað. Þá er eldsneyti í sumum tilfellum nýtt sem orkugjafi á varaafsvélar. Við bruna eldsneytisins losnar koldíoxíð. Einnig losnar metan vegna ófullkomins bruna, svo og eitthvað af glaðlofti sem einkum tengist efnahvörfum köfnunarefnis og súrefnis úr andrúmsloftinu sem fer inn í brunahólf viðkomandi vélar. Bílar nýta og

brenna eldsneyti yfirleitt betur en vinnuvélar og því er losun vinnuvélanna alla jafna meiri en bílanna á hvern lítra af eldsneyti.

Við beina losun vegna bruna eldsneytis bætist losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins, þ.e.a.s. sú losun sem verður á leið eldsneytisins frá lind að tanki (e. Well-to-tank (WTT)), þ.m.t. losun við uppþælingu, í olúhreinsistöð og losun vegna flutninga milli staða.

### 3.4 Kælimiðlar

Vetnisflúorkolefni (HFC) eru notuð sem kælimiðlar í kæli- og frystikerfum, svo sem í sjávarútvegi, í matvælafyrirtækjum og í verslunarmiðstöðvum. Þessi efni eru mjög öflugar gróðurhúsalofttegundir og sleppa alltaf í einhverjum mæli út í andrúmsloftið vegna leka, við áfyllingar og við tæmingu kerfa. Því er afar mikilvægt að rétt sé staðið að allri meðhöndlun efnanna og að áfyllingar og tæmingar kerfa séu í höndum fagfólks, (sbr. 7. gr. reglugerðar nr. 1066/2019). Mestur leki á sér stað frá hreyfanlegum kælikerfum, s.s. um borð í skipum og flutningabílum. Rekja má um 40% losunar HFC-efna á Íslandi til slíkrar notkunar.<sup>4</sup> Árið 2020 voru settir innflutningskvótar á HFC-kælimiðla og fara kvótarnir stigminnkandi á næstu árum. Sama ár var einnig lagður sérstakur skattur á HFC-kælimiðla. Útfösun þessara efna er því þegar hafin og mun væntanlega klárast á næstu árum. Notkun HFC-kælimiðla er hvorki mikil né útbreidd og þar af leiðandi eru útstremistölurnar ekki háar. Vegna þess hversu öflugar þessar gróðurhúsalofttegundir eru, eiga þær þó sinn þátt í heildarlosuninni þótt magnið sé lítið í kílóum talið. Auk losunar vegna leka, áfyllingar og tæmingar kerfa má svo gera ráð fyrir að eitthvert magn HFC-kælimiðla losni á framleiðslustað og í flutningum, auk þess sem losun á sér stað vegna flutninga efnanna til landsins.

### 3.5 Umbúðir

Góðar umbúðir geta aukið endingartíma matvæla og því dregið úr matarsóun. Plast er mikið notað í umbúðir. Sem fyrr segir er olía notuð til að framleiða plast og talsverð losun á sér stað í framleiðslunni. Pappi er einnig notaður í umbúðir og jafnvel í vaxandi mæli, þar sem reynt hefur verið að draga úr notkun plasts. Pappi og pappír er búinn til úr trjákvöðu og er framleiðslutengd losun einkum rakin til notkunar eldsneytis í iðnaðinum, þar sem trjákvöðan er unnin úr endurnýjanlegum skógum og að einhverju leyti með endurvinnslu notaðs pappírs.

### 3.6 Úrgangur

Meðhöndlun úrgangs er einn þeirra þátta sem miklu máli skipta varðandi losun gróðurhúsalofttegunda við matvælaframleiðslu, enda er úrgangurinn að stórum hluta lífrænn. Á urðunarstöðum á sér stað loftfirrt niðurbrot úrgangs með tilheyrandi metanmyndun og við jarðgerð lífræns úrgangs myndast metan og glaðloft. Meðhöndlunaraðferðir skipta því sköpum í þessu sambandi, en langmest losun verður ef úrgangurinn er urðaður eða að meðaltali um 1,4039 kg koldíoxíðsígilda fyrir hvert urðað kg. Til samanburðar má nefna að stuðull fyrir brennslu heimilisúrgangs án orkunýtingar er 0,5397 kg/kg (hér er eingöngu talinn fram sá hluti sem ekki er lífrænn þar sem lífræni hlutinn er talinn vera kolefnishlutlaus) og stuðull fyrir jarðgerð er 0,1756 kg/kg.<sup>5</sup>

Í reynd ætti úrgangur frá matvælaframleiðslu aldrei að þurfa að fara til urðunar – og reyndar ekki heldur til brennslu án orkunýtingar. Meginþorra þessa efnis má nýta til framleiðslu á gæludýrafóðri, í framleiðslu á fitu og próteinmjöli eða til moltugerðar. Notkun afurðanna sem verða til úr úrganginum verður þó ávallt að taka mið af áhættuflokkun hans, þar sem strangar reglur gilda m.a. um efni sem getur borið með sér riðusmit eða aðra sjúkdóma af svipuðu tagi. Í slíkum tilvikum má þó í öllu falli nota úrganginn sem eldsneyti að undangenginni viðeigandi vinnslu.

---

<sup>4</sup> Umhverfisstofnun, 2023.

<sup>5</sup> UNFCCC, 2023.

Þrátt fyrir fjölbreytta notkunarmöguleika hefur mikið magn af úrangi frá matvælaframleiðslu á Íslandi farið í urðun allt fram til þessa dags, væntanlega einkum vegna markaðsbrests sem stafar m.a. af mjög lágum móttökugjöldum á urðunarstöðum. Í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum, sem út kom árið 2018,<sup>6</sup> var sett fram sú aðgerð að leggja sérstakan skatt á urðun (aðgerð 28), en frá því var horfið eftir að hagsmunaaðilar beittu sér gegn hugmyndinni. Í aðgerðaáætlun frá árinu 2020 er hins vegar að finna áform um bann við urðun lífræns úrgangs (aðgerð F.2).<sup>7</sup> Samkvæmt stefnu ráðherra um meðhöndlun úrgangs verður frumvarp þess efnis lagt fram fyrir árslok 2024 (aðgerð 16).<sup>8</sup>

Á síðustu árum hafa talsverðar breytingar átt sér stað varðandi meðhöndlun úrgangs hér á landi. Gas- og jarðgerðarstöðin GAJA var til að mynda tekin í notkun á höfuðborgarsvæðinu árið 2020. Þar á að vera hægt að meðhöndla um 30.000 tonn af lífrænum úrgangi árlega og sú meðhöndlun mun hafa í för með sér mun minni losun gróðurhúsalofttegunda en urðun sama magns af úrgangi. Á vorþingi 2021 var samþykkt frumvarp umhverfis- og auðlindaráðherra sem lögfesti sérsöfnun lífræns úrgangs (lífúrgangs skv. lögnum) og að óheimilt verði að urða úrgang sem safnað hefur verið sérstaklega. Þessi ákvæði laganna tóku gildi í ársbyrjun 2023. Þá stendur til að flytja út blandaðan úrgang til brennslu í sorporkuverum í stað þess að urða hann hérlendis. Þessar breytingar munu leiða til minni losunar vegna meðhöndlunar úrgangs á næstu árum.

---

<sup>6</sup> Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2018.

<sup>7</sup> Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020.

<sup>8</sup> Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021.

## 4 Aðferðafræði við mat á kolefnisspori matvælaframleiðslu

### 4.1 Inngangur

Aðildarríki Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna skila árlega losunarbókhaldi sínu, eða svokölluðu *landsbókhaldi*, til skrifstofu samningsins. Landsbókhaldið, sem nær til losunar innan hvers ríkis á einu almanaksári, inniheldur upplýsingar um losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu koldíoxíðs úr andrúmslofti. Bókhaldið nær yfir 7 gróðurhúsalofttegundir, nánar tiltekið koldíoxíð (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), glaðloft (N<sub>2</sub>O), vetnisflúorkolefni (HFC), perflúorkolefni (PFC), brennisteinshexaflúoríð (SF<sub>6</sub>) og köfnunarefnistríflúoríð (NF<sub>3</sub>). Aðferðafræði landsbókhaldsins við mat á losun og bindingu er í samræmi við reiknireglur Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (IPCC).<sup>9</sup> Losun gróðurhúsalofttegunda er gefin upp í tonnum koldíoxíðsígilda, að teknu tilliti til mismunandi hlýnunarmáttar lofttegundanna (e. Global Warming Potential (GWP)). Hlýnunarmáttur er tala sem tekur mið af mismunandi áhrifum gróðurhúsalofttegundanna á geislunarjafnvægi í lofthjúpnunum og þar með áhrifum þeirra til hækkunar hitastigs á jörðinni.<sup>10</sup>

Losunarbókhald fyrirtækja veitir fyrirtækjum skilning á losun sinni og gefur þeim tækifæri til að setja sér markmið um samdrátt í losun sem og að gera skilvirkar áætlanir til að draga úr losun. Þá getur losunarbókhaldið aukið skilning stjórnenda fyrirtækja á áhættu sem tengist losun gróðurhúsalofttegunda svo sem orðsporsáhættu eða áhættu vegna mögulegra takmarkana á losun í framtíðinni. Algengt er að fyrirtæki útbúi losunarbókhald í þeim tilgangi að finna leiðir til að draga úr losun, til að geta birt upplýsingar um losun, til að geta tekið þátt í valkvæðum eða lagalega bindandi kolefnismörkuðum og til að koma auga á snemmbærar valkvæðar aðgerðir (m.a. til að draga úr líkum á íþyngjandi stjórnvaldsaðgerðum).

*Kolefnisspor* er sú heildarlosun gróðurhúsalofttegunda sem einstaklingur, viðburður (t.d. tónlistarhátíð), fyrirtæki (t.d. álfyrirtæki) eða framleiðsla tiltekinnar vöru (t.d. lambakjöt) veldur á einu ári. Sporið er myndlíking fyrir áhrifin sem einstaklingurinn, viðburðurinn, fyrirtækið eða varan hefur á loftslagið svipað og þegar við skiljum eftir fótspor í rökum sandi eða snjó. Stærð og dýpt fótsporsins fer eftir því hversu stór og þung við erum. Sama gildir um kolefnisspor. Því stærra sem kolefnisspor tiltekinnar vöru er því meiri áhrif hefur framleiðsla og neysla vörunnar á loftslagið. Kolefnissporið er oft gefið upp sem losun gróðurhúsalofttegunda í kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af framleiddri vöru.



### 4.2 Landsbókhald og losun vegna matvælaframleiðslu

Umhverfisstofnun heldur utan um landsbókhald Íslands og skilar upplýsingum til skrifstofu loftslagssamningsins og til ESB vegna samstarfs Íslands og ESB í loftslagsmálum. Bókhaldinu er skilað til skrifstofu loftslagssamningsins í apríl á hverju ári og nær yfir árlega losun frá grunnárinu 1990.<sup>11</sup> Þessi skil samstanda annars vegar af fjölmörgum töflum sem skilað er á excel-formi og nefnast CRF (Common Reporting Format) og hins vegar af skriflegri skýrslu (landsskýrslu) – NIR (National Inventory Report) – þar sem aðferðafræði útreikninga og helstu niðurstöðum er lýst. Þegar breytingar verða á aðferðafræði við útreikninga, t.d. vegna aðgengis að betri gögnum eða þegar leiðrétta þarf villur, er bókhaldið uppfært. Við slíka uppfærslu er söguleg losun endurreiknuð alveg aftur að grunnárinu 1990, svo hægt sé að leggja mat á þróun losunar.

Í landsbókhaldinu er losun skipt niður í flokka og undirflokkar eftir uppsprettum (Tafla 1). Flokkarnir eru fimm: orka, efnanotkun og efnaferlar í iðnaði, landbúnaður, landnotkun og úrgangur. Einnig er gefin

<sup>9</sup> IPCC, 2006.

<sup>10</sup> Frá og með bókhaldsárinu 2021 nota aðildarríki loftslagssamningsins hlýnunarmátt úr Matskýrslu 5 (Fifth assessment report (AR5), IPCC, 2014).

<sup>11</sup> Í apríl 2023 skilaði Ísland tölum um losun frá 1990-2021. Árið 2024 mun bókhaldið ná frá 1990-2022.

upp losun vegna alþjóðaflugs og millilandasiglinga en sú losun er metin út frá eldsneytisölu til þessara greina í hverju landi. Heildarlosun hvers lands er gefin upp sem summa flokkanna bæði með losun vegna landnotkunar og án hennar (án LULUCF, e. Land Use, Land Use Change and Forestry) en losun vegna alþjóðaflugs og millilandasiglinga er sleppt. Þegar losun er borin saman á milli landa er langoftast miðað við losun án LULUCF, bæði vegna mikillar óvissu í þessum flokki og vegna þess að erfitt getur verið að greina þar á milli manngerðrar og náttúrulegrar losunar. Með markvissum aðgerðum á sviði landnotkunar er hægt að draga verulega úr losun frá landi og auka bindingu. Slíkar aðgerðir verða nauðsynlegar til að ná fram kolefnishlutleysi á heimsvísu eftir miðja öldina eins og stefnt er að skv. Parísarsamningnum og Ísland hyggst ná árið 2040.

Tafla 1. Flokkar og undirflokkar í landsbókhaldi

Flokkar	Undirflokkar	Dæmi um nánari sundurliðun
1. Orka	1.A Eldsneytisbrennsla 1.A.1 Orkuíðnaður 1.A.2 Framleiðslu- og byggingariðnaður 1.A.3 Samgöngur 1.A.4 Aðrir geirar 1.A.5 Annað 1.B Lekalosun 1.B.1 Eldsneyti í föstu formi (kol) 1.B.2 Olía, jarðgas og önnur losun v/orkuframleiðslu 1.C Flutningar og geymsla koldíoxíðs	Framleiðsla rafmagns, framleiðsla hita Járn og stál, ójárnkendir málmar, matvælaframleiðsla, byggingariðnaður Innanlandsflug, vegasamgöngur, innanlandssiglingar Atvinnuhúsnæði og stofnanir, íbúðarhúsnæði, fiskiskip  Jarðvarmavirkjanir
2. Efnanotkun og efnaferlar í iðnaði	2.A Jarðefnaiðnaður 2.B Efnaiðnaður 2.C Málmframleiðsla 2.D Losun v/leysiefna og eldsneytis án orkunýtingar 2.E Rafeindaiðnaður 2.F Notkun efna og vara sem koma í stað ósneyðandi efna 2.G Önnur vöruframleiðsla og -notkun	Sementsframleiðsla Áburðarframleiðsla Kísil- og kísiljárnframleiðsla, álframleiðsla Smurefni, parafínvax, leysiefni  Kælibúnaður Notkun brennisteinshexaflúoríðs, notkun glaðlofts
3. Landbúnaður	3.A Losun frá meltingarvegi húsdýra 3.B Meðhöndlun húsdýraáburðar 3.C Hrísgjónarækt 3.D Nýttjarðvegur (áburðarnotkun) 3.E Fyrirskipuð brennsla gresja 3.F Brennsla landbúnaðarleifa á ökrum 3.G Kalknotkun 3.H Notkun þvagefnis 3.I Annar áburður sem inniheldur kolefni 3.J Annað	Nautgripir, sauðfé, svín, geitur, hross, alifuglar, loðdýr Nautgripir, sauðfé, svín, geitur, hross, alifuglar, loðdýr  Tilbúinn áburður, húsdýraáburður
4. LULUCF	4.A Skóglendi 4.B Ræktarland 4.C Graslendi 4.D Votlendi 4.E Byggð svæði 4.F Annað land 4.G Viðarafurðir	
5. Úrgangur	5.A Urðun úrgangs 5.B Lífræðileg meðhöndlun úrgangs 5.C Sorpbrennsla 5.D Meðhöndlun og losun fráveituvatns	Jarðgerð, gasgerð
Annað sem talið er fram	Millilandanotkun: Alþjóðaflug og alþjóðaflutningar Hernaðaraðgerðir Losun koldíoxíðs frá lífmassa Fangað koldíoxíð Langtímageymsla kolefnis á urðunarstöðum	Ekki tekið með í heildarlosun hvers lands Ekki tekið með í heildarlosun hvers lands Ekki tekið með í heildarlosun hvers lands

Losun vegna matvælavinnslu dreifist á nokkra flokka innan losunarbókhaldsins. Losun vegna landbúnaðartengdrar framleiðslu dreifist t.a.m. á eftirtalda flokka:

1. Orka (losun vegna eldsneytisnotkunar á bíla, vélar, búnað og tæki).
2. Efnanotkun og efnaferlar í iðnaði (losun vegna notkunar kælimiðla, ef við á).
3. Landbúnaður (losun vegna búfjarræktar, jarðræktar og áburðarnotkunar).
4. LULUCF (losun vegna landnotkunar, breyttrar landnotkunar og skógræktar).
5. Úrgangur (losun vegna meðhöndlunar úrgangs).

Þegar um búfjarrækt er að ræða fellur langstærsti hluti losunarinnar undir flokk 3, einkum ef um jörturdýr er að ræða.

Losun vegna sjávarútvegstengdrar framleiðslu dreifist á eftirtalda flokka:

1. Orka (losun vegna eldsneytisnotkunar bíla, tækja, fiskiskipa og fiskimjölsverksmiðja).
2. Efnanotkun og efnaferlar í iðnaði (losun vegna notkunar kælimiðla, ef við á).
5. Úrgangur (losun vegna meðhöndlunar úrgangs).

Ekki er hægt að lesa losun einstakra greina matvælaframleiðslu beint úr landsbókhaldinu. Eins og fram hefur komið dreifist losunin í fyrsta lagi á fleiri en einn flokk í landsbókhaldinu og í öðru lagi kemur

losun vegna framleiðslu innfluttra hráefna, sem notuð eru í matvælaframleiðslu hérlendis, ekki fram í landsbókhaldi Íslands heldur í bókhaldi framleiðslulandsins. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga er hins vegar tekin með í útreikningum á kolefnisspori fyrirtækja og varnings. Flutningar á aðföngum á erlendri grundu koma fram annars vegar í landsbókhaldi viðkomandi lands varðandi landflutninga en losun vegna millilandaflutninga er gefin upp í því landi sem eldsneyti er keypt í.

### 4.3 Staðlar til að meta losun

Til eru ýmsir staðlar sem fyrirtæki geta nýtt sér við gerð losunarbókhalds og til að meta kolefnisspor vöru, s.s. ISO-staðlar, PAS2050 og staðlar frá *The Greenhouse Gas Protocol Initiative* (GHG Protocol). Allir þessir staðlar byggja á sama grunni. Þá hefur ESB gefið út leiðbeiningar um útreikninga á kolefnisspori vöru (PEF: Product Environmental Footprint) sem taka mið af ofangreindum stöðlum.<sup>12</sup> Sjálfbærniregluverk ESB skiptir einnig miklu máli í þessu sambandi, en það hefur verið í mikilli mótun á allra síðustu árum og er innleiðing þess hafin hérlendis. Þar er m.a. um að ræða svonefnda flokkunarreglugerð (e. EU Taxonomy) sem skilgreinir hvað telst umhverfislega sjálfbær starfsemi, svo og tilskipun um upplýsingagjöf fyrirtækja um ófjárhagslegar upplýsingar.

GHG Protocol varð til í samstarfi World Resources Institute (WRI) og World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) og samanstendur af stöðlum, leiðbeiningum og reiknivélum til að aðstoða fyrirtæki og stjórnvöld við að meta losun gróðurhúsalofttegunda og grípa til aðgerða til að draga úr losun. Fyrirtækjastaðallinn (*Corporate Accounting and Reporting Standard*)<sup>13</sup> er ætlaður fyrirtækjum sem vilja halda bókhald yfir losun sína og er notaður af fjölmörgum fyrirtækjum víða um heim. Staðallinn og þær reiknivélar sem honum fylgja byggja á aðferðafræði IPCC líkt og landsbókhald aðildarríkja loftslagssamningsins. Auk fyrirtækjastaðalsins hafa verið gefnar út ýmsir aðrir staðlar og leiðbeiningar, svo sem:

- Sérleiðbeiningar fyrir fyrirtæki í landbúnaði (GHG Protocol Agricultural Guidance: Interpreting the Corporate Accounting and Reporting Standard for the agricultural sector)<sup>14</sup> – hér eftir kallaðar *landbúnaðarleiðbeiningarnar*.
- Verkefnaleiðarvísir (Project Protocol).<sup>15</sup>
- Staðall fyrir kolefnisspor vöru (Product Life Cycle Standard)<sup>16</sup> – hér eftir kallaður *vörustaðallinn*.
- Samfélagsleiðarvísir (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC))<sup>17</sup> sem notaður er við gerð losunarbókhalds borga og bæja um allan heim.

Staðlar GHG Protocol eru gjaldfrjálsir sem gerir bæði stórum og smáum aðilum kleift að nýta sér þá við gerð losunarbókhalds.

Samkvæmt fyrirtækjastaðlinum (og öðrum stöðlum GHG Protocol) er losun flokkuð eftir því hvar losunin á sér stað í virðiskeeðju fyrirtækis. Í fyrsta lagi er um að ræða losun vegna starfsemi sem er í eigu fyrirtækisins eða er stýrt af því (losunarsvið 1 (e. scope 1)). Í öðru lagi er um að ræða losun vegna kaupa fyrirtækisins á rafmagni, gufu, hita eða kælingu (losunarsvið 2 (e. scope 2)). Í þriðja lagi er svo um að ræða losun í virðiskeeðju fyrirtækisins, bæði aðfangamegin („up-stream“) og frálagsmegin („down-stream“) (losunarsvið 3 (e. scope 3)). Eftirfarandi mynd gefur yfirlit yfir losunarsviðin þrjú.<sup>18</sup>

---

<sup>12</sup> Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2021.

<sup>13</sup> World Resources Institute, 2004.

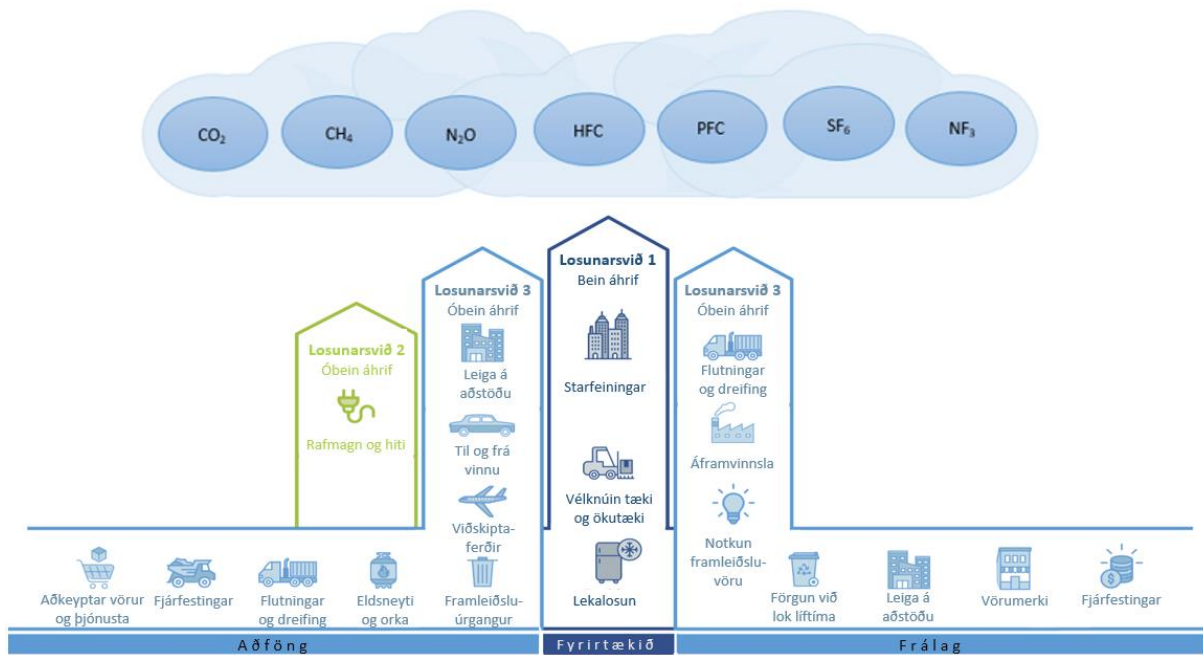
<sup>14</sup> World Resources Institute, á.á.

<sup>15</sup> World Resources Institute, á.á., b.

<sup>16</sup> World Resources Institute, á.á., c.

<sup>17</sup> World Resources Institute, 2014.

<sup>18</sup> Stundum er talað um „Umfang 1-3“ í stað „Losunarsviðs 1-3“.



Mynd 1. Yfirlit yfir losunarsvið og losun gróðurhúsalofttegunda í virðiskeðju fyrirtækja skv. fyrirtækjaleiðarvísinum (GHG Protocol).

Eins og komið hefur fram eru uppsprettur losunar í matvælaframleiðslu annars vegar líffræðilegar (t.d. búfjárhald, notkun áburðar og landnotkun, þ.m.t. framræsla og plæging jarðvegs) og hins vegar vélrænar (t.d. vélar, tæki og kælibúnaður). Óvissa við mat á losun frá líffræðilegum uppsprettum er margfalt meiri en óvissa við mat á losun frá þeim vélrænu. Enn fremur sker landbúnaðargeirinn sig frá öðrum framleiðslugreinum að því leyti að greinin byggir í raun tilveru sína á kolefnisforða sem ýmist vex eða rýrnar frá ári til árs, allt eftir því hvernig búrekstrinum er stjórnað. Kolefnisforðinn er fólgin í lífmassa bæði ofanjarðar og í jarðvegi (tré, rætur, jarðargróður), í lífvana lífrænu efni (rotnandi viður og lauf), í lífrænu jarðvegsefni og í uppskeru.

Samkvæmt fyrirtækjastaðlinum skulu fyrirtæki að lágmarki meta alla losun sem tilheyrir losunarsviði 1 og 2. Valkvætt er að meta losun sem tilheyrir losunarsviði 3 en þó er mælt með því að meta og gefa upplýsingar um allar mikilvægar uppsprettur. Mikilvægi er metið út frá áhrifum á heildarlosun, möguleikum fyrirtækja til að draga úr viðkomandi losun, útsetningu fyrir áhættu (orðsporsáhættu eða íþyngjandi reglugerðum) og mikilvægi fyrir hagsmunaaðila. Uppsprettur sem tilheyrir losunarsviði 3 eru margar og ólíkar og geta verið stór þáttur í heildarlosun sumra matvælaframleiðenda. Losun vegna framleiðslu tilbúins áburðar og/eða fódurs vegur t.a.m. þungt í losunarbókhaldi margra matvælaframleiðenda. Losunarbókhald fyrirtækja skv. fyrirtækjastaðlinum (og landbúnaðarleiðbeiningunum) nálgast losunarbókhald fyrir kolefnisspor vöru skv. vöruleiðarvísinum eftir því sem fleiri uppsprettur á losunarsviði 3 eru metnar.

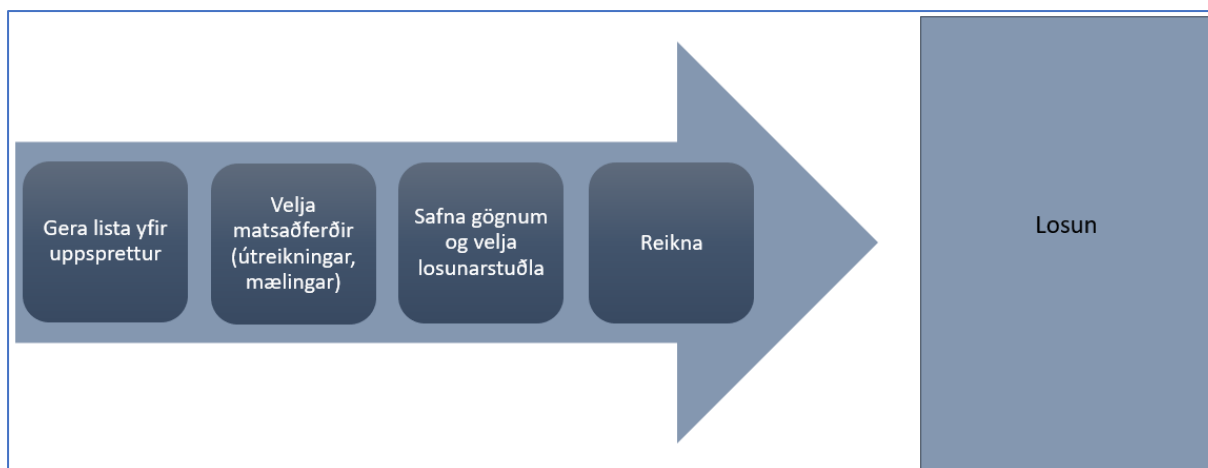
Tafla 2 sýnir hvernig landbúnaðarfyrirtæki skulu sundurgreina og telja fram losun eftir uppsprettum í samræmi við landbúnaðarleiðbeiningarnar.

Tafla 2. Sundurgreining á uppsprettum losunar í losunarbókhaldi landbúnaðarfyrirtækja.

Flokkar losunar/bindingar	Undirflokkar	Dæmi
<b>Losunarsvið:</b>		
Losunarsvið 1	Vélrænar uppsprettur	Staðbundin eldsneytisbrensla, traktorar, kælikerfi
Losunarsvið 1	Óvélrænar uppsprettur (líffræðilegar)	Metangerjun, meðhöndlun húsdýraáburðar, glaðloft frá jarðvegi
Losunarsvið 1	Koldíoxíð vegna breytinga á landnotkun	Losun koldíoxíðs ef skóglendi er breytt í beitarlund eða ef mýrlandi er breytt í ræktarlund
Losunarsvið 2	Aðkeypt orka	Aðkeypt raforka
Losunarsvið 3	Öll önnur óbein losun (valfrjálst)	Framleiðsla áburðar og fódurs
Lífrænt kolefni	Umhirða lands	Losun/binding koldíoxíðs í jarðvegi, bruni uppskeruleifa o.fl.
Lífrænt kolefni	Binding koldíoxíðs vegna breytinga á landnotkun	Binding koldíoxíðs vegna nýskógræktar
Lífrænt kolefni	Bruni lífeldsneytis	Brensla lífeldsneytis í tækjum á býli



Þegar ákveðið hefur verið hvaða uppsprettur verði teknar með í reikninginn þarf að velja matsaðferðir, safna gögnum og reikna út losun. Mynd 2 gefur yfirlit yfir helstu skref við mat á losun gróðurhúsalofttegunda fyrirtækja.



Mynd 2. Yfirlit yfir skref við mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá fyrirtækjum.

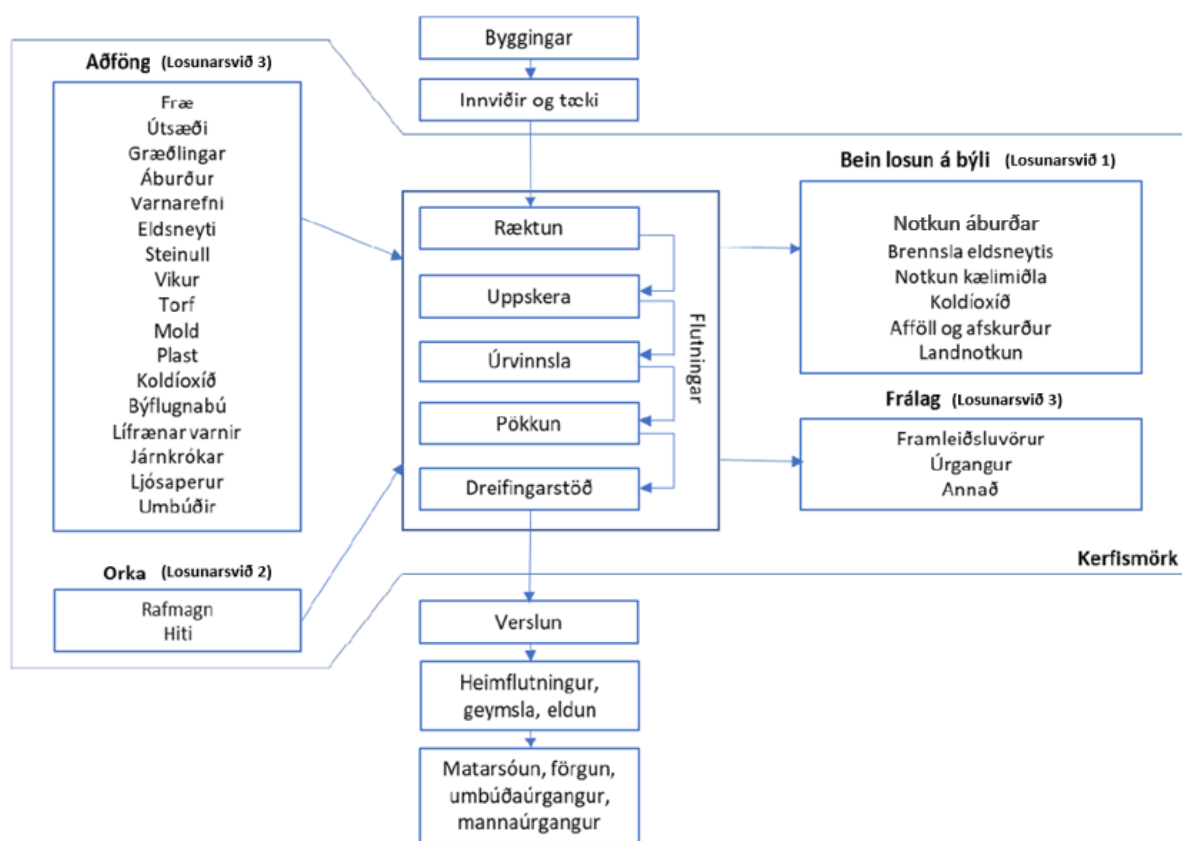
Val á losunarstuðlum hefur, eðli málsins samkvæmt, afgerandi áhrif á niðurstöður útreikninga á losun gróðurhúsalofttegunda. Sumir losunarstuðlar byggjast á tiltölulega einfaldri efnafræði og fela í sér litla óvissu. Þetta á m.a. við um losunarstuðla fyrir brennslu jarðeldsneytis, þar sem brennsla á einum lítra tiltekens eldsneytis hefur nær alltaf sömu losun í för með sér, með smávægilegum frávikum eftir því í hvers konar tækjum eldsneytinu er brennt. Óvissan er talsvert meiri þegar reikna á losun frá búfé og meðhöndlun úrgangs, svo dæmi séu tekin, og enn meiri þegar um er að ræða útreikninga á losun frá landi.

Við gerð losunarbókhalds fyrirtækja er val á viðmiðunarári mikilvægt skref. Þannig geta fyrirtæki sett sér markmið um hvaða árangri skuli ná til framtíðar og fylgst með framvindunni. Þar sem breytileiki milli ára er meiri hjá fyrirtækjum í matvælaframleiðslu en mörgum öðrum framleiðslufyrirtækjum er stundum miðað við meðaltal þriggja ára við val á viðmiðunartímabili. Samhliða útreikningi á losun frá fyrirtækjum skv. fyrirtækjaleiðarvísinum er unnin skýrsla sem lýsir aðferðafræðinni, gögnunum sem byggt er á, og losunarstuðlunum. Slík skýrsla ætti að innihalda allar þær upplýsingar sem nauðsynlegar eru til að setja fram og bæta losunarbókhaldið. Þannig er tryggt að bókhaldið sé viðeigandi (innihaldi nauðsynlegar upplýsingar fyrir ákvarðanatöku), ítarlegt (innihaldi mat á losun frá öllum uppsprettum), sjálfu sér samkvæmt (þ.e. að sama aðferðafræði sé notuð til að meta losun (og bindingu) frá sömu uppsprettum (og í sömu svelgjum) út frá sams konar gögnum fyrir öll ár sem bókhaldið nær til), nákvæmt (að hvorki sé um ofmat né vanmat að ræða) og gegnsætt (geri grein fyrir forsendum og aðferðum við útreikninga og fjalli um hvar og hvers vegna bókhaldinu séu takmörk sett). Þegar breytingar verða á aðferðafræði við útreikninga, t.d. vegna aðgengis að betri gögnum eða þegar leiðrétta þarf villur, er bókhaldið uppfært. Þegar slík uppfærsla á sér stað er söguleg losun endurreiknuð alveg aftur að viðmiðunarári (líkt og gert er í landsbókhaldinu), svo hægt sé að leggja mat á þróun losunar.

#### 4.4 Kerfismörk

Mikilvægt er að skilgreina kerfismörk þegar losun gróðurhúsalofttegunda er reiknuð þ.e. hvaða þættir í lífsferli vörunnar skuli teknir með í reikninginn. Fyrirtæki geta haft mest áhrif á þá losun sem fellur undir losunarsvið 1. Þau geta hins vegar einnig haft áhrif á losun bæði aðfanga- og frálagsmegin í virðisikeðjunni (losunarsvið 3), t.d. með því að gera kröfur til birgja, með vistvænni hönnun m.t.t. förgunar framleiddrar vöru, og margt fleira.

Þegar um matvælaframleiðslu er að ræða er iðulega miðað við alla losun „frá vöggu til dreifingarstöðvar“. Þar er átt við losun vegna búfjárhalds (ef við á), notkunar áburðar, eldsneytis o.fl. í tilfelli landbúnaðarframleiðslu eða notkunar eldsneytis og kælimiðla í tilfelli fiskveiða (losunarsvið 1), losun vegna orkunotkunar (losunarsvið 2) og losun vegna framleiðslu og flutnings aðfanga að framleiðslufyrirtækinu (losunarsvið 3, aðfangamegin í virðiskeðjunni). Þar við bætist svo losun sem verður eftir að viðkomandi vara yfirgefur fyrirtækið, þ.e. losun vegna flutninga, meðhöndlunar, umbúða og þökkunar, kælingar o.s.frv. (losunarsvið 3, frálagsmegin í virðiskeðjunni), allt þar til varan er tilbúin til dreifingar í verslanir. Losun vegna flutninga í vöruhús og verslanir, rýrnunar í vöruhúsum og verslunum, flutnings til endanlegra neytenda, geymslu, eldunar, úrgangsförgunar o.s.frv. er hins vegar yfirleitt undanskilin, enda er þessi losun mjög breytileg og oft erfitt að afla samræmdra upplýsinga um hana. Matvælaframleiðendur geta haft langmest áhrif á losun frá vöggu til dreifingarstöðvar, þótt vissulega geti t.d. neytendavænar þakkingar og skammtastærðir haft áhrif á þætti eins og matarsóun og losun vegna förgunar.



Mynd 3. Dæmi um kerfismörk í grænmetisframleiðslu.<sup>19</sup>

Í stað þess að miða við alla losun „frá vöggu til dreifingarstöðvar“ er oft látið nægja að láta útreikninga aðeins ná til losunar „frá vöggu að hliði“, þ.e.a.s. allrar losunar sem verður þangað til varan yfirgefur framleiðslufyrirtækið eða býlið. Þetta einfaldar útreikninga í mörgum tilvikum, þar sem oft er vandkvæðum bundið að finna upplýsingar um ferlið sem á sér stað eftir það. Þegar um dýrahald er að ræða á þetta t.d. við um flutninga í sláturhús og sjálft ferlið í sláturhúsum.

Hér er mælt með að lagt sé mat á losun í matvælaframleiðslu á Íslandi „frá vöggu að dreifingarstöð“, eftir því sem mögulegt er, m.a. til að auðvelda samanburð við erlendar greiningar af svipuðu tagi.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Stefán Gíslason og Birna Hallsdóttir, 2018.

<sup>20</sup> Stephen Clune o.fl., 2016.

#### 4.5 Aðgerðareining

Í lífsferilsgreiningum kallast sú eining sem greiningin miðast við aðgerðareining (e. functional unit). Aðgerðareining felur í sér lýsingu á þeirri grunnþjónustu sem er til skoðunar og er sú eining sem umhverfisáhrif aðfanga og frálags miðast við. Áður en hafist er handa við útreikning á kolefnisspori tiltekinnar vöru þarf að ákveða aðgerðareininguna, þ.e.a.s. hvort kolefnissporið skuli gefið upp fyrir t.d. hvert stykki af vörunni, hvert kíló, hvern lítra, ársframleiðslu, ráðlagðan dagskammt tiltekins næringarefnis eða eitthvað enn annað. Algengt er að kolefnissporið sé gefið upp fyrir hvert kg vörunnar, en þegar um matvæli er að ræða skiptir máli hvar í ferlinu varan er vegin. Kolefnisspor hvers kíló af nýveiddum laxi er t.d. lægra en kolefnisspor hvers kíló af roðlausu og beinlausu flaki. Til að auðvelda samanburð á milli matvælategunda er gjarnan farin sú leið að miða útreikninga við „ætan mat“, þ.e. eingöngu þann hluta vörunnar sem ætlaður er til átu. Hér er lagt til að þessi leið verði farin, þ.e. að kolefnisspor matvæla sé reiknað í kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af ætum mat (beinlaus biti þar sem það á við). Stundum er kolefnissporið einnig gefið upp á hverja einingu af prótíni eða hitaeiningu.

#### 4.6 Losun frá landi

Í landbúnaðarframleiðslu er sem fyrr segir ekki aðeins unnið með mælanleg aðföng, heldur er land oftast en ekki líka nýtt við framleiðsluna. Framleiðslan getur haft bæði jákvæð og neikvæð áhrif á viðkomandi land – og erfitt getur reynst að mæla þessi áhrif, bæði til lengri og skemmri tíma. Þar að auki er erfitt að greina á milli áhrifa landbúnaðarframleiðslunnar sem slíkrar, annarra áhrifa af athöfnum mannsins og náttúrulegra áhrifa sem eru í raun óháð inngripum manna. Af þessu leiðir að útreikningar á losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu koldíoxíðs vegna landbúnaðarnota eru jafnan háðir mikilli óvissu.

Losun vegna landnotkunar í tengslum við landbúnað ræðst af mörgum þáttum, svo sem af náttúrulegum aðstæðum á viðkomandi stað, þ.m.t. af þéttleika og samsetningu örverulífs í efstu lögum jarðvegs, og af rakastigi og kolefnisinnihaldi jarðvegs. Á endanum ræðst losunin af því hvernig búskaparhættir á viðkomandi búi hafa áhrif á þessa náttúrulegu þætti. Málið snýst með öðrum orðum um flókið samspil náttúrulegra ferla og búrekstrarins.

Kolefnisforði jarðvegs er einn þeirra þátta sem ráða mestu um losun vegna landnotkunar í tengslum við landbúnað. Landbúnaður er frábrugðinn öðrum atvinnugreinum að því leyti að hann er stöðugt að ganga á eða bæta í þennan kolefnisforða, allt eftir því hvernig haldið er á málum á hverjum stað. Í þessu sambandi er í raun hægt að tala um ferns konar kolefnisforða:<sup>21</sup>

- Lífmassa – í jörðu og ofan jarðar (t.d. tré, uppskera og rætur).
- Lífvana lífrænt efni (e. Dead organic matter (DOM)) í jarðvegi eða á yfirborði hans (t.d. rotnandi viður og laus lauf).
- Lífrænt efni í jarðvegi, þ.m.t. allur lífvana lífmassi sem er of fíngerður til að hægt sé að bera kennsl á hann sem DOM.
- Uppskeru. Þessi forði er alla jafna skammvinnur þar sem uppskeran er yfirleitt fjarlægð strax. Timburafurðir geta þó verið undantekning hvað þetta varðar.

Kolefnisforðinn eins og honum er lýst hér fer ýmist minnkandi eða vaxandi, allt eftir aðstæðum og því hversu ágengur landbúnaður er stundaður á svæðinu. Eftir að búskap er hætt má svo vænta þess að forðinn nái náttúrulegu jafnvægi, en þó ekki fyrr en að löngum tíma liðnum, jafnvel áratugum eða öldum. Í einhverjum tilvikum er binding kolefnis í kolefnisforðanum meiri en losunin, en til að svo megi verða þurfa samanlögð innlegg að vera stærri en samanlagðar úttektir, svo notuð sé líking úr bankakerfinu. Í því sambandi skiptir þó ekki aðeins máli hversu mikið kolefni er bundið í forðanum, heldur líka á hvaða formi úttektirnar eru, eða með öðrum orðum á hvaða formi kolefnið er þegar það yfirgefur forðann. Kolefni sem losnar sem metan, svo sem vegna rotnunar við loftfirrðar aðstæður (e.

---

<sup>21</sup> World Resource Institute, á.á.

anaerobic), leggur þannig miklu meira af mörkum til hækkunar kolefnisspors en kolefni sem losnar sem koldíoxíð.

Landi er almennt skipt í sex mismunandi landflokka: Skóglendi, ræktarland, graslendi, votlendi, byggð og annað land. Breytt landnotkun felur í sér að land er fært úr einum landnýtingarflokki í annan, t.d. þegar votlendi er framræst og þannig breytt í graslendi eða uppskeruland. Rétt er að benda á að í sumum tilvikum er sama landið nýtt í fleiri en einum tilgangi þannig að skiptingin getur aldrei verið algild og hárrétt. Í slíkum tilvikum ættu rekstraraðilar að gefa upp þá landnýtingu sem hefur mesta efnahagslega þýðingu í rekstrinum. Þær reikniaðferðir sem beitt er við útreikning á kolefnisspori eru í raun allar mjög takmarkaðar hvað varðar mat á raunverulegri losun frá og bindingu í jarðvegi. Útreikningarnir byggja alla jafna eingöngu á mælanlegum breytingum í landnotkun (svo sem fjölda hektara sem nýttir eru í tiltekinni ræktun, fjölda búfjár, magni áburðar o.s.frv.). Þessir útreikningar geta engu að síður gefið nokkuð góða mynd af breytingum frá ári til árs, að því tilskildu að búskaparhættir séu þeir sömu allan tímann. Í besta falli geta útreikningarnir þó aðeins verið þokkaleg nálgun til að gefa mynd af mun flóknari raunveruleika.

Eftirfarandi tafla gefur yfirlit yfir þá þætti í búrekstri sem getur þurft að mæla eða áætla til að unnt sé að reikna losun vegna landnotkunar í tengslum við landbúnað, innan þess ramma sem framangreindar takmarkanir setja. Tiltekin atriði í töflunni eiga ekki við í öllum tilvikum, en upptalningin er heldur ekki tæmandi.<sup>22</sup>

Tafla 3. Gagnþörf við útreikninga á losun og bindingu á landbúnaðarlandi

Uppsprettur	Gögn
Almennar upplýsingar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarðvegsgerð, rakastig, afrennsli, sýrustig (pH)</li> <li>Hitastig</li> <li>Flatarmál mismunandi uppskeru, afrakstur akurplantna eftir tegundum</li> <li>Staðsetning (t.d. landshluti eða vistgerð)</li> </ul>
Þurrkun og plæging lands	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aðferðir við plægingu</li> <li>Ártal breyttra plægingaraðferða</li> <li>Flatarmál ræktunarsvæða þar sem plægingaraðferðum hefur verið breytt</li> <li>Flatarmál lífræns jarðvegs (mýrar, mómýrar) sem hefur verið framræstur og dýpt framræslu</li> <li>Magn lífræns efnis í jarðvegi</li> </ul>
Bruni plöntuleifa (sinubruni)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flatarmál brenndra svæða</li> <li>Magn plöntuleifa á hverju svæði</li> </ul>
Breytingar á landnotkun	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landgerð og tegundir á hverju svæði (t.d. trjátegundir)</li> <li>Flatarmál lands sem um er að ræða</li> <li>Ártal breytinga á landnotkun</li> </ul>
Umhirða skóglendis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magn (rúmmál) uppskeru</li> <li>Magn (rúmmál) timburleifa sem skildar voru eftir á svæðinu</li> </ul>

Eins og fram hefur komið getur kolefnisforði jarðvegs verið af ýmsu tagi og legið bæði ofan jarðar og neðan. Forðinn er stöðugt að breytast og með tímanum gæti hann allur fært sig um set út í andrúmsloftið. Og sem fyrr segir getur það tekið kolefnisforðann marga áratugi eða jafnvel aldir að ná náttúrulegu jafnvægi eftir að búskap er hætt. Öll þessi séreinkenni sem fylgja landnotkun í landbúnaði hafa áhrif á það hvort eða að hve miklu leyti gera þurfi grein fyrir kolefnisforðanum í losunarbókhalði.

Í landbúnaðarleiðbeiningunum kemur fram að gera ætti grein fyrir breytingum á kolefnisforðanum í losunarbókhalði og að í því sambandi sé hægt að byggja á tölulegum gögnum um:

- Stærð kolefnisforðans, (t.d. í tonnum C/ha) á tveimur tímamörkum, eða
- samhengi losunar og bindingar koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>) (nettóniðurstaða) úr/í kolefnisforða (t.d. í tonnum CO<sub>2</sub>).<sup>23</sup>

Báðar aðferðir eru út af fyrir sig jafngóðar, en gæta þarf samræmis þannig að alltaf sé litið til sömu jarðvegsdýptar, sérstaklega þegar um er að ræða breytingar á landnotkun. Þannig er hugsanlegt að til

<sup>22</sup> Lauslega þýtt og staðfært úr World Resource Institute, á.á.

<sup>23</sup> World Resource Institute, á.á.

séu tölur um kolefnisforða í skóglendi annars vegar og ræktarlandi hins vegar og ef þessar tölur taka ekki til kolefnisforða niður á sömu jarðvegsdýpt er hætt á að fram komi mismunur sem endurspeglar eingöngu mismunandi aðferðafræði en ekki raunverulegar breytingar á kolefnisforða.<sup>24</sup> Þegar fengist er við tiltækar tölur um magn kolefnis annars vegar og koldíoxíðs hins vegar þarf að gera ráð fyrir atómmassahlutfallinu 44/12 (CO<sub>2</sub>/C).

Losunarbókhald ætti að taka til eftirtalinnna tilfærslna kolefnis í og úr kolefnisforðanum:<sup>25</sup>

- Losun CO<sub>2</sub> úr kolefnisforða jarðvegs.
- Losun CO<sub>2</sub> úr lífmassa úr hvers konar trjágróðri ofan og neðanjarðar.
- Losun CO<sub>2</sub> vegna brennslu plöntuleifa (svo sem sinubruna).
- Losun CO<sub>2</sub> úr lífvana lífrænu efni (DOM).

Gera ætti grein fyrir framangreindri losun sem kolefni af lífrænum uppruna (e. biogenic) en slík losun telst vera hluti af náttúrulegri kolefnishringrás og liggur því utan ramma eiginlegs losunarbókhalds fyrirtækja (þ.m.t. fyrirtækja í landbúnaði). Undantekning frá þessu er þó losun úr jarðvegi og lífmassa, sem tilkomin er vegna breytinga á landnotkun. Slíka losun ætti að taka með í bókhaldið, þar sem hún er í raun varanleg. Sömuleiðis ætti að taka alla losun í formi metans (CH<sub>4</sub>) og glaðlofts (N<sub>2</sub>O), t.d. úr lífmassa og vegna niðurbrots lífvana efnis (DOM) við loftfirrðar aðstæður, inn í bókhaldið, þar sem hún getur ekki talist af lífrænum uppruna.

Samkvæmt landbúnaðarleiðbeiningunum er ekki ástæða til að gera ráð fyrir bindingu kolefnis í votlendi í losunarbókhaldi, þar sem bindingin sé svo hæg að hún sé í raun hverfandi.<sup>26</sup>

Hér að framan hefur eingöngu verið fjallað um lífrænan kolefnisforða, þ.e. kolefnisforða sem geymdur er í lífrænum efnum (kolefniskeðjum). Í jarðvegi getur einnig verið mikið af ólífrænu kolefni (sem ekki er bundið öðrum efnum í kolefniskeðjum). Kalsíumkarbónat (CaCO<sub>3</sub>) er dæmi um slíkt efni. Ólíkt lífræna kolefninu hefur landnotkun og breytingar á henni alla jafna lítil áhrif á tilvist ólífræns kolefnis í jarðvegi. Engu að síður kemur til greina að gera grein fyrir breytingum á ólífrænum kolefnisforða í losunarbókhaldi, einkum þar sem notaður er tilbúinn áburður sem inniheldur ammoníumsúlfat, en slíkur áburður er stundum notaður til að lækka pH-gildi jarðvegs (gera hann súrari). Ammoníumsúlfat getur leitt til verulegs niðurbrots á karbónötum með þeim afleiðingum að ólífrænt kolefni losnar úr jarðvegi sem CO<sub>2</sub>. Alla jafna er erfitt að nálgast tölulegar upplýsingar um breytingar á ólífrænum kolefnisforða, en ákjósanlegt væri að áætla losun út frá magni ammoníumsúlfsats og gera grein fyrir þeirri losun í losunarbókhaldi.<sup>27</sup>

Kolefni sem binst í timburafurðum á ekki heima í losunarbókhaldi.<sup>28</sup> Hafi binding í timburmassa ofanjarðar verið reiknuð með gæti þurft að draga bindingu í timburafurðum frá til að koma í veg fyrir ofmat á loftslagsávinningi bindingarinnar. Lífmassi í einærum og fjölærum gróðri er tiltölulega skammvinnur og þar vegur losun og binding hvort annað upp að mestu. Losun á sér stað með uppskeru, bruna og niðurbroti, en vöxtur nýrra plantna vegur upp á móti. Því ætti ekki að telja þessa kolefnisstrauma með í losunarbókhaldi.

Áhrif breyttrar landnotkunar á kolefnisforða eru sjaldnast línuleg. Þetta á m.a. við um bindingu í skógrækt, en þar er bindingin lítil fyrstu árinu eftir gróðursetningu en fer síðan vaxandi ár frá ári. Loks hægist aftur á bindingunni þegar trén nálgast það að verða fullvaxin. Í landbúnaðarleiðbeiningunum er engu að síður mælt með línulegri nálgun þar sem áætlaðri heildarbreytingu á kolefnisforða í kjölfar breytinga á landnotkun er dreift jafnt á allan áhrifatímann og árleg meðalbreyting færð í losunarbókhald.<sup>29</sup> Þannig fáist best samræmi í bókhaldsaðferðum.

---

<sup>24</sup> Í landbúnaðarleiðbeiningunum er ekki tekið fram við hvaða lágmarksdýpt jarðvegs sé æskilegt að miða í þessu samhengi.

<sup>25</sup> World Resource Institute, á.á.

<sup>26</sup> Sama heimild.

<sup>27</sup> Sama heimild.

<sup>28</sup> Sama heimild.

<sup>29</sup> Sama heimild.

Rétt eins og í öðru bókhaldi geta afskriftir skipt máli í losunarbókhaldi. Breytingar á landnotkun geta haft langvarandi áhrif á kolefnisforða viðkomandi svæðis, jafnvel til margra áratuga. Sem dæmi má taka að þegar hætt er að plægja land tekur það kolefnisforðann 15-60 ár að ná fyrra jafnvægi, allt eftir því hvernig staðið var að plægingu og skiptiræktun. Í öðrum tilvikum getur þróunin jafnvel tekið aldir. Dæmi um það er hægt minnkandi kolefnisforði þegar graslendi er tekið til ræktunar og hægt vaxandi kolefnisforði þegar uppskeru er hætt og landið breytist til fyrra horfs. Á Íslandi er nærtækast að nefna breytingar á kolefnisforða við framræslu votlendis, en fræðilega séð getur framræst votlendi losað koldíoxíð í nokkrar aldir. Í endurheimtu votlendi tekur það kolefnisforðann hugsanlega enn lengri tíma að byggjast upp á ný. Af framanskráðu er ljóst að oft er ekki réttlætanlegt að færa jákvæðan eða neikvæðan árangur eða afleiðingar af breytingu á landnotkun að öllu leyti á það bókhaldsár þegar breytingin er framkvæmd, heldur er eðlilegt að dreifa árangrinum á lengra tíma, t.d. fram að þeirri framtíðardagsetningu þegar ætla má að allur árangurinn sé kominn fram og kolefnisforðinn búinn að ná nýju jafnvægi þar sem losun og binding kolefnis vega hvort annað upp. Þessu má líkja við t.d. kaup fyrirtækis á fasteign. Kaupverð eignarinnar er ekki fært á rekstrarreikning fyrirtækisins á kaupdegi, heldur er kaupverðið fært á efnahagsreikning og tiltekinn hundruðshluti þess síðan færður yfir á rekstrarreikning á hverju ári sem afskriftir þar til eignin hefur verið afskrifuð að fullu og ekkert stendur eftir á efnahagsreikningnum.

Afskriftarreglan í losunarbókhaldi er í aðalatriðum sú, skv. landbúnaðarleiðbeiningunum, að sé losun vegna breytinga á landnotkun gefin upp sem heildartala þá beri að dreifa henni jafnt (línulega) á afskriftartímann, en sé losun gefin upp sem árleg breyting skuli afskriftum ekki beitt. Í landbúnaðarleiðbeiningunum er lagt til að miðað sé við 20 ára afskriftartíma, sé losun vegna breytinga á landnotkun gefin upp sem heildartala án þess að þekkt sé hversu langan tíma breytingin tekur. Þetta eigi m.a. við um kolefnisforða í lífvana lífrænu efni (DOM) og um lífrænt kolefni í steinefnajarðvegi. Þetta sama 20 ára viðmið sé notað að öðru jöfnu í landsbókhaldi þjóða. Í einhverjum tilvikum kann þetta að vera of langur tími, svo sem í hitabeltisloftslagi, en í öðrum tilvikum of skammur, svo sem í heimskautaloftslagi. Sé annað viðmið notað í landsbókhaldi einstakra ríkja er eðlilegt að miðað sé við það í losunarbókhaldi aðila í viðkomandi ríki. Þetta tuttugu ára viðmið hefur það í för með sér að hafi breyting á landnotkun átt sér stað meira en 20 árum fyrir fyrsta losunarbókhaldsár (grunnár) tiltekins rekstraraðila, þá skuli ekki gerð grein fyrir jákvæðum eða neikvæðum árangri breytingarinnar í bókhaldinu. Hafi breytingin hins vegar verið gerð á síðustu 20 árum ætti að færa 1/20 hluta árangursins til bókar á hverju ári þar til 20 ár eru liðin frá breytingu. Það sama gildir væntanlega þegar afskriftartíminn er annar, eins og á t.d. við um skógrækt og endurheimt votlendis. Í einhverjum tilvikum kann að reynast erfitt að fá upplýsingar um tímasetningar og eðli breytinga á landnotkun á liðnum árum, svo sem þegar eigendaskipti verða á landi. Í landbúnaðarleiðbeiningunum er mælt með að í slíkum tilvikum meti nýr landeigandi áhrif liðinna breytinga með hliðsjón af þróun mála á viðkomandi landsvæði, eða styðjist við loftmyndir til að átta sig á tímasetningu og umfangi breytinganna og þar með hvort ástæða sé til að færa áhrifin til bókar og þá hversu lengi. Öflun gagna af þessu tagi getur þó verið flókin og tímafrek.<sup>30</sup> Í tilvikum sem þessum er mikilvægt, til að tryggja gagnsæi og rekjanleika, að í losunarbókhaldi sé gerð grein fyrir aðferðum og takmörkunum við öflun gagna. Þetta á reyndar við um allar afskriftir í losunarbókhaldi, þannig að ljóst sé að bókhaldið endurspegli raunveruleikann ekki að öllu leyti, heldur sé um nálgun að ræða. Ef verklag við landnýtingu breytist, þannig að t.d. binding sem þegar hefur verið afskrifuð (færð til bókar) að hluta eða öllu leyti tapist á nýjan leik, er mikilvægt að gerð sé grein fyrir því í losunarbókhaldinu frá þeim tíma sem verklaginu var breytt. Hafi t.d. plægingu verið hætt fyrir nokkrum árum en síðan tekin upp að nýju, mun kolefnisforði jarðvegsins fara ört minnkandi á nýjan leik. Þá þarf að færa aukna losun til bókar, þar til öllum ávinningnum hefur verið skilað.

Þrátt fyrir þau miklu áhrif sem landnotkun og breytingar á henni geta haft á kolefnisspor matvæla, verður horft fram hjá þessum þætti í þessari skýrslu við mat á kolefnisspori matvæla. Þetta er gert

---

<sup>30</sup> World Resource Institute, á.á. (Bl. 68).

vegna þeirrar miklu óvissu sem enn ríkir um raunverulegan kolefnisbúskap í jarðvegi og gróðri. Vert er að nefna að aðferðafræði við mat á losun og bindingu vegna landnotkunar er skemmra á veg komin en frá öðrum uppsprettum í landsbókhaldi Íslands og því hefur verið hrundið af stað sérstakri umbótaáætlun svo bæta megi landsbókhaldið að þessu leyti.<sup>31</sup> Áætlunin nær til loka ársins 2023. Í tengslum við þessa vinnu er betri upplýsinga að vænta bæði hvað varðar flatarmál mismunandi landflokka sem nýttir eru í landbúnaði og losun frá landi í mismunandi flokkum. Í kjölfarið er eðlilegt að uppfæra kolefnissporsútreikningana í samræmi við þær niðurstöður sem fást úr verkefninu, auk þess að ráðast í aðgerðir til að draga úr losun og auka bindingu.

#### 4.7 Uppskipting á framleiðsluþætti

Fyrirtæki í matvælaframleiðslu framleiða oft fleiri en eina söluvæna afurð. Þetta á t.d. við um framleiðslu sem byggir á einni tiltekinni tegund dýra eða plantna, sem gefur samt af sér fleiri en eina söluhæfa afurð (t.d. sauðfjárbú sem framleiðir lambakjöt, innmat, ull o.fl.), svo og blandaðan búskap þar sem framleiðslan byggir á fleiri en einni tegund. Þá getur verið gagnlegt og eðlilegt að skipta losuninni niður á mismunandi framleiðsluþætti. Samkvæmt landbúnaðarleiðbeiningunum er einkum um tvær leiðir að ræða, annars vegar út frá fýsískum eiginleikum (massa eða næringargildi) framleiðsluvaranna og hins vegar út frá peningalegu virði þeirra.

Skipting losunar á framleiðsluþætti eftir fýsískum þáttum ætti alla jafna að vera fyrsti valkostur þegar losun er skipt með þessum hætti, þar sem skipting eftir peningalegu virði er mjög háð markaðsaðstæðum á hverjum tíma og þær aðstæður geta breyst mikið frá ári til árs, m.a. vegna tiskustrauma. Vara sem enginn markaður var fyrir á tilteknu ári getur þannig orðið eftirsótt að ári, og öfugt, og að sama skapi geta sveiflur í markaðsverði verið mjög verulegar. Meginforsenda þess að raunhæft sé að skipta losun á framleiðsluþætti eftir fýsískum þáttum er þó sú að gögn um þessa þætti séu tiltæk. Einnig þarf þá að vera hægt að benda á orsakasamhengi á milli fýsisku þáttanna og losunarinnar.

Eftirfarandi jöfnur sýna dæmi um hvernig skipta má losun á framleiðsluþætti út frá fýsískum mælikvörðum. Ein leiðin í því sambandi er að miða uppskiptinguna við massa varanna:

$$\text{Losun vöru } y = \frac{\text{massi framleiddrar vöru } y}{\text{heildarmassi framleiddra vara}} \times \text{heildarlosun}$$

Annar möguleiki er að miða skiptinguna við næringargildi varanna:

$$\text{Losun vöru } y = \frac{\text{næringargildi vöru } y}{\text{heildarnæringargildi framleiddra vara}} \times \text{heildarlosun}$$

Sé ákveðið að miða skiptinguna við peningalegt virði lítur dæmið svona út:

$$\text{Losun vöru } y = \frac{\text{virði framleiddrar vöru } y}{\text{heildarvirði framleiddra vara}} \times \text{heildarlosun}$$

Sérhver aðferð við uppskiptingu á framleiðsluþætti hefur kosti og galla. Ef skipt er upp eftir massa, getur komið upp sú staða að 1 kg af eðlisléttri vöru sé verðmætara en 1 kg af eðlisþyngrri vöru af sama uppruna, eða öfugt. Þetta gæti t.d. átt við um kjöt og ull eða kjöt og innmat, ef tekið er dæmi af sauðfjárafurðir. Lambsskrokkur einn og sér (eftir slátrun, þ.e. kjöt og bein) er t.a.m. gjarnan um 42% af massa lambsins þegar því er slátrað. Hin 58 prósentin eru innmatur, gærur, blóð, hausar, fætur o.fl., sem allt er frekar verðlitið. Ef kolefnissporinu væri skipt á allar þessar afurðir eftir vigt fengi kjötið líklega of lítið vægi (42% af kolefnissporinu), enda þótt það sé e.t.v. aðalsöluvaran. Svipað gæti kannski átt við um merablóð og hrossakjöt o.s.frv. Kosturinn við að miða við massa er sennilega helst sá að

---

<sup>31</sup> Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021b.

þær tölur sveiflast minna en t.d. krónutalan, (sjá framar). Peningalegt virði gefur vissulega vísbandingu um tilgang framleiðslunnar en er jafnframt mjög óstöðugt. Og ef miðað er við næringargildi getur niðurstaðan verið mjög ólík eftir því hvort miðað er við próteininnihald eða hitaeiningar. Engin aðferð er þannig algóð eða alsæl. Uppskipting á framleiðsluþætti hefur verið viðvarandi vandamál við gerð lífferilsgreininga í gegnum tíðina. Þrátt fyrir umfjöllun um viðfangsefnið í alþjóðlegum stöðlum er ósamræmi á milli mismunandi lífferilsgreininga augljóst og því er oft erfitt að gera samanburð.

#### 4.8 Samantekt ábendinga

Hér eru aðalatriði kaflans dregin saman og settar fram ábendingar.

- *Aðferðafræðigrunnur:*  
Mælt er með því að alþjóðlegum og evrópskum stöðlum og leiðbeiningum sé fylgt, t.d. stöðlum frá GHG Protocol (losunarsvið 1, 2 og 3).
- *Mat á losun, losunarstuðlar og hlýnunarmáttur:*  
Mælt er með því að nota sömu aðferðir og losunarstuðla og í landsbókhaldi Íslands alls staðar þar sem því verður viðkomið. Að öðrum kosti verði notaðar viðurkenndar aðferðir frá IPCC<sup>32</sup> og alþjóðlega viðurkenndar reiknivélar (t.d. reiknivél ICAO vegna losunar frá flugi).<sup>33</sup> Þar sem nota þarf aðrar aðferðir sé greint skilmerkilega frá heimildum. Notaður sé sami hlýnunarmáttur fyrir allar gróðurhúsalofttegundir og gert er í landsbókhaldinu.
- *Kerfismörk aðgerðaeining:*  
Lagt er til að kolefnisspor matvæla sér reiknað „frá vöggum að dreifingarstöð“ í kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af ætum mat (beinlaus biti þar sem það á við). Það einfaldar samanburð við sambærilegar greiningar í öðrum löndum.
- *Uppskipting á framleiðsluþætti:*  
Aðferðir við uppskiptingu verða að taka miða af aðstæðum í hverju tilviki. Almennt er mælt með að frekar sé miðað við fýsiska þætti (svo sem vigt eða næringargildi) en peningalega, en engin leið er að mæla fyrir um eina aðferð sem gilt geti fyrir allar tegundir matvælaframleiðslu.
- *Landnotkun:*  
Mælt er með því að byggja útreikninga á losun/bindingu vegna landnotkunar á áætlaðri nettóbreytingu kolefnisforða (t.d. í tonnum CO<sub>2</sub>/ha/ár).

#### 4.9 Fyrirvari

Rétt er að undirstrika að útreikningar á kolefnisspori eru alfarið háðir þeim takmörkunum sem tiltæk gögn setja. Í mörgum tilvikum reyndist erfitt að afla eins ítarlegra gagna og nauðsynlegt hefði verið í aðdraganda þeirra útreikninga sem kynntir eru í þessari skýrslu og af þeim sökum reyndist ekki unnt að fullreikna kolefnisspor í öllum helstu greinum matvælaframleiðslunnar. Því ber að líta á þessa útreikninga sem fyrsta skref við mat á kolefnissporinu. Ljóst er að til þess að fá fyllilega marktækar og samanburðarhæfar niðurstöður um kolefnisspor helstu greina matvælaframleiðslu hérlandis þarf að leggjast í mun ítarlegri gagnaöflun og greiningar en unnt var að ráðast í innan ramma þessa verkefnis, þar á meðal varðandi losun vegna landnotkunar og uppskiptingu losunar á framleiðsluþætti og framleiðsluvörur. Í því samhengi er mælt með að reikna kolefnisspor frá nægjanlegum fjölda framleiðenda í góðu samstarfi við viðkomandi grein, frekar en að reikna sporið út frá tölum á landsvísu eins og hér er gert. Matvælaframleiðsla getur verið mjög breytileg eftir framleiðendum, jafnvel innan sömu greinar. Þess vegna er einfaldara að reikna kolefnisspor hjá einstökum framleiðendum en fyrir framleiðslugreinar í heild, m.a. vegna þess að þar er hægt að afla réttari gagna um framleiðsluna, raunverulega notkun ýmissa aðfanga og um meðhöndlun úrgangs.

---

<sup>32</sup> IPCC, 2006.

<sup>33</sup> ICAO, 2023.



## 5 Gögn

Afla þarf margs konar gagna fyrir útreikninga á kolefnisspori, enda ráðast gæði útreikninga algerlega af þeim gögnum sem þeir byggja á. Ef vel á að vera þarf m.a. að afla gagna um framleiðslu, fjölda búfjár ef við á (jafnvel eftir aldri og kyni), framleiðsluáðferðir, notkun aðfanga og hvaðan aðföngin koma, hvernig þau eru flutt á framleiðslustað, hvað er gert við afföll og úrgang o.s.frv. Mikilvægt er að gögnin séu samræmd og aðgengileg. Einnig þarf að finna viðeigandi losunarstuðla, sem helst þurfa að vera opinberlega viðurkenndir.

Matvælaframleiðsla er iðulega mjög breytileg eftir framleiðendum, jafnvel innan sömu greinar. Þess vegna er mun einfaldara að reikna kolefnisspor hjá einstökum framleiðendum en fyrir framleiðslugreinar í heild, m.a. vegna þess að þar er hægt að afla réttari gagna um raunverulega notkun ýmissa aðfanga og um meðhöndlun úrgangs.

Eftirfarandi tafla gefur vísbendingu um helstu gögn sem þurfa að liggja til grundvallar vönduðum útreikningum á kolefnisspori matvæla.

Tafla 4. Gögn sem afla þarf til að reikna kolefnisspor í matvælavinnslu.

Uppsprettur	Gögn
Almennar upplýsingar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarðvegsgerð, rakastig, framræsla, sýrustig</li> <li>Hitastig</li> <li>Flatarmál mismunandi uppskeru, afrakstur akurplantna eftir tegundum</li> </ul>
Iðragerjun	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fjöldi búfjár eftir aldri og tegund</li> <li>Tímalengd framleiðslu eftir aldurskeiði gripa</li> <li>Kaup og sala á gripum</li> <li>Magn, tegund og meltanleiki fóðurs</li> <li>Gæði fóðurplantna á beitilandi</li> <li>Tímalengd beitar á beitilandi</li> <li>Dagleg inntaka þurrefnis á haus</li> <li>Tegund og gerð fóðurbætiefna</li> </ul>
Meðhöndlun búfjáraður	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegund meðhöndlunarkerfis (þurrgeymsla, votgeymsla, metanvinnsla)</li> <li>Magn búfjáraður meðhöndlað í hverju kerfi</li> <li>Fjöldi daga í notkun</li> </ul>
Áburðarnotkun og nýting uppskeruleifa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegund áburðar/leifa og köfnunarefnisinnihald</li> <li>Dreifingarhlutfall (kg/ha)</li> <li>Dreifingaraðferð (yfirborðsdreifing, niðurplæging)</li> <li>Dagsetningar þegar áburði er dreift</li> <li>Magn uppskeruleifa skilað í jarðveg (returned to soil)</li> <li>Magn aðkeypts/selds búfjáraður</li> </ul>
Framræsla og jarðvinnsla	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarðvinnsluáðferðir</li> <li>Ártal þegar breytingar á jarðvinnsluáðferðum hafa átt sér stað</li> <li>Flatarmál ræktarlands þar sem jarðvinnsluáðferðum hefur verið breytt</li> <li>Flatarmál framræsts lífræns jarðvegs (t.d. mólendis)</li> <li>Magn lífræns efnis í jarðvegi (SOM: Soil Organic Matter)</li> </ul>
Opin brennsla á uppskeruleifum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fjöldi ha</li> <li>Magn uppskeruleifa sem verða eftir á akri á hvern ha</li> </ul>
Breytingar á landnotkun	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landflokkar og -gerðir sem um ræðir</li> <li>Flatarmál lands sem um ræðir</li> <li>Ártal umræddra breytinga</li> </ul>
Skógarumhirða (viður)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magn viðuruppskeru</li> <li>Magn viðarleifa (woody detritus) sem skildar eru eftir á staðnum</li> </ul>
Eldsneytisnotkun (farartæki, búnaður)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eldsneytisnotkun (magn) eftir tegundum, eða</li> <li>Birgðastaða við áramót eftir tegundum eldsneytis og magn keypts eldsneytis</li> </ul>
Rafmagnsnotkun	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rafmagnskaup</li> <li>Magn rafmagns framleitt og nýtt á staðnum eða selt inn á rafkerfið</li> </ul>
Kælibúnaður	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magn kældra/frystra framleiðsluvara</li> <li>Birgðastaða (t.d. við áramót) eftir tegundum kælimiðla</li> <li>Magn keyptrá kælimiðla eftir tegund</li> </ul>

Sem fyrr segir heldur Umhverfisstofnun utan um landsbókhald Íslands og skilar upplýsingum til skrifstofu Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna og til ESB vegna samstarfs Íslands og ESB í loftslagsmálum. Bókhaldinu er skilað til skrifstofu loftslagssamningsins í apríl á hverju ári og nær yfir

árlega losun frá grunnárinu 1990.<sup>34</sup> Þessi skil samanstanda annars vegar af fjölmörgum töflum sem skilað er á excel-formi og nefnast CRF (Common Reporting Format) og hins vegar af skriflegri skýrslu (landsskýrslu – NIR (National Inventory Report)) þar sem aðferðafræði útreikninga og helstu niðurstöðum er lýst. Í landsbókhaldinu er að finna mikið af upplýsingum sem nýtast við útreikninga á kolefnisspori matvæla, svo sem losunarstuðla og upplýsingar um fjölda búfjár. Það síðarnefnda er einnig að finna í Mælaborði landbúnaðarins og að einhverju leyti í tölfraði Hagstofu Íslands, en í þeim gagnaböndum vantar of mikið á upplýsingar m.a. um fjölda ungvíðis til að hægt sé að byggja útreikninga algjörlega á þeim. Upplýsingar um framleiðslu matvæla er að finna í tölfraði Hagstofunnar, Mælaborði landbúnaðarins og Mælaborði fiskeldis. Fjárvís, skýrsluhald fyrir sauðfjárrækt,<sup>35</sup> og Huppa, skýrsluhald nautgriparræktar,<sup>36</sup> eru gagnagrunnar með alls kyns upplýsingum um afurðir og aðföng í þessum greinum. Mögulega mætti vinna úr þessum gagnagrunnum þær upplýsingar um aðföng sem þörf er á við útreikninga á kolefnisspori. Þá er í sumum tilfellum hægt að nýta upplýsingar úr grænu bókhaldi fyrirtækja og samfélagsskýrslum matvælafyrirtækja. Þá hefur kolefnisspor nokkurra búgreina hérlendis, auk laxeldis, nýlega verið reiknað og fyrir liggja skýrslur með niðurstöðum þeirra útreikninga.

Umhverfisstofnun gefur árlega út losunarstuðla sem ráðlegt er að nota til að reikna út losun frá helstu uppsprettum gróðurhúsalofttegunda í rekstri fyrirtækja, stofnana og sveitarfélaga á Íslandi.<sup>37</sup> Gefnir eru út losunarstuðlar í eftirtöldum sex flokkum: Eldsneyti, samgöngur, orka, úrgangur, áburðarnotkun og kælimiðlar. Meginreglan við útreikninga á kolefnisspori er að nota þessa stuðla svo langt sem þeir ná. Við útreikninga á kolefnisspori matvæla þarf hins vegar mun fleiri stuðla og því þarf oft að fylla í eyður bæði með útreikningum á stuðlum út frá upplýsingum sem Umhverfisstofnun skilar árlega til skrifstofu loftslagssamningsins sem og með erlendum stuðlum.<sup>38</sup>

Þegar unnið er að útreikningum á losun vegna matvælaframleiðslu er nauðsynlegt að vera í góðu sambandi við framleiðendur, svo og við Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi (SFS), Bændasamtök Íslands og einstakar búgreinadeildir innan þeirra, þar sem þar er oft að finna sértækar upplýsingar, svo sem um algenga notkun ýmissa aðfanga í viðkomandi framleiðslugreinum. Nauðsynlegt er að uppfæra þessar upplýsingar reglulega þannig að þær séu í sem bestum takti við framleiðsluhætti á hverjum tíma, enda breytist margt frá einu ári til hins næsta hvað þetta varðar eftir því sem umbótum vindur fram (orkuskipti, breyttir framleiðsluhættir, betri umbúðir o.s.frv.).

Að einhverju leyti er hægt að leita til opinberra aðila, svo sem rannsóknar- og eftirlitsstofnana, til að fá fyllri upplýsingar um einstaka þætti sem skipta máli við útreikninga á kolefnisspori matvæla. Þetta getur m.a. átt við um upplýsingar um vanhöld og afföll af ýmsu tagi.

Þegar kolefnisspor er reiknað í fyrsta sinn kemur oft berlega í ljós að tiltæk gagnasöfn hafa ekki verið byggð upp með það í huga að þau nýtist við útreikninga á kolefnisspori. Upplýsingar um eldsneytiskaup eru gott dæmi um þetta. Í hefðbundnum búreikningum er t.d. oftast meira lagt upp úr krónufjölda en lítrafjölda, en eðli málsins samkvæmt ræðst losun vegna eldsneytisbrennslu af magninu en ekki verðinu. Í tengslum við þetta má einnig nefna að stjórnvöld hafa ekki látið verða af þeim áformum sem kynnt voru í 1. útgáfu Aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum (2018) að breyta reglugerð um grænt bókhald (nr. 851/2002) þannig að fyrirtækjum sem skila grænu bókhaldi beri að gera grein fyrir kolefnisspori sínu, auk þess sem skyldan til að skila grænu bókhaldi skyldi útvíkkuð þannig að hún myndi ná til allra

---

<sup>34</sup> Í apríl 2023 skilaði Ísland tölum um losun frá 1990-2021. Árið 2024 mun bókhaldið ná frá 1990-2022.

<sup>35</sup> RML, 2023.

<sup>36</sup> RML, 2023b.

<sup>37</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>38</sup> Þegar þetta er skrifað (nóvember 2023) hafa losunarstuðlar Umhverfisstofnunar ekki verið uppfærðir fyrir árið 2023. Þar sem skipt var um stuðla fyrir hlýnunarmátt fyrir skil Íslands til loftslagssamningsins árið 2023 hefði verið mikilvægt að hafa uppfærða stuðla. Því var að mestu stuðst við stuðla sem reiknaðir voru út frá upplýsingum sem Ísland skilaði til loftslagssamningsins í apríl 2023, frekar en útgefna stuðla frá árinu 2022.

helstu atvinnugreina sem brenna jarðefnaeldsneyti.<sup>39</sup> Þessar breytingar hefðu auðveldað útreikninga og dregið úr óvissu í niðurstöðunum.

Í sumum tilvikum er ekki nægjanlegt að skoða upplýsingar um aðföng á framleiðsluárinu til að fá raunsanna mynd af kolefnisspori framleiðslunnar. Til útskýringar á þessu má nefna að aðföng sem keypt eru á tilteknu ári nýtast ekki endilega við framleiðslu þess árs, heldur e.t.v. fyrst og fremst á næsta ári þar á eftir. Þetta getur valdið umtalsverðum sveiflum í kolefnisspori, án þess að nein breyting verði á eðli framleiðslunnar eða aðferðum við hana. Þetta er sérstaklega mikilvægt í þeim tilvikum þar sem miklar breytingar verða á magni framleiðslunnar eftir árum (náttúrulegar sveiflur, bú stækkuð eða minnkuð, minnkuð eða aukin fiskgengd/kvóti, mismunandi vanhöld). Sveiflur í lagerhaldi einar og sér geta valdið skekkjum af þessu tagi. Þannig mætti hugsa sér að seint á tilteknu ári sé keyptur stór lager af fóðri sem endist allt næsta ár án þess að neitt fóður sé keypt þá. Dæmi af öðrum toga eru t.d. sveiflur í fjölda búfjár og frjósemi, sveiflur í afkomu fiskistofna, sem og breytingar á landnotkun sem geta haft veruleg áhrif á reiknað kolefnisspor á því ári sem ráðist er í breytingarnar, þó að í raun sé tilgangur breytinganna sá einn að auka framleiðsluna á komandi árum.

Af þeim ástæðum sem hér hafa verið raktar væri að mörgu leyti heppilegra að byggja útreikninga á kolefnisspori vegna aðfanga í matvælaframleiðslu á nokkurra ára meðaltali, t.d. þriggja ára. Ekki er til fyllilega samræmd aðferðafræði til að fylgja í þessum efnum og því er hér þrátt fyrir allt fylgt þeirri meginreglu að byggja útreikninga á tölulegum gögnum framleiðsluársins. Gagnasöfnun sem næði yfir nokkurra ára tímabil hefði auk heldur ekki rúmast innan ramma verkefnisins.

Í stuttu máli má segja að eftirtaldir þættir skapi öðrum fremur vanda við öflun gagna til útreiknings á kolefnisspori matvælaframleiðslu:

- Erfitt er að nálgast nákvæmar upplýsingar um raunverulega olíunotkun til framleiðslu fyrir hvert kg eða hvert tonn af framleiddum matvælum.
- Upplýsingar um kolefnisspor innfluttra aðfanga á borð við fræ, útsæði, varnarefni o.s.frv. eru oft af skornum skammti. Þessar upplýsingar, eða að öðrum kosti nákvæmar upplýsingar um framleiðsluaðferðir o.fl., þyrftu að fylgja aðföngum við innflutning.
- Upplýsingar um geymslu búfjáraþurðar eru iðulega ónákvæmar, bæði um geymslutíma og varðandi það hvort áburður er geymdur í votgeymslum eða þurrgeymslum.
- Tiltækar upplýsingar um áburðarnotkun (tegund áburðar og köfnunarefnisinnihald) virðast í mörgum tilvikum fremur ónákvæmar.
- Upplýsingar um magn og afdrif uppskeru- og plöntuleifa eru iðulega af skornum skammti.
- Upplýsingar um magn og afdrif annars úrgangs eru takmarkaðar.
- Upplýsingar um notkun kælimiðla virðast vandfengnar.
- Mjög mikið skortir á að upplýsingar og aðferðafræði vegna útreikninga á kolefnisspori vegna landnotkunar séu fullnægjandi.
- Flókið er að skipta losun upp á framleiðsluþætti og -vörur.

---

<sup>39</sup> Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2018.

## 6 Kolefnisspor sauðfjárræktar

### 6.1 Inngangur

Sauðfjárrækt er stunduð á rúmlega tvö þúsund búum hérlandis og eru flest búin á Suðurlandi, Norðurlandi vestra og Norðurlandi eystra.<sup>40</sup> Stór sauðfjársláturhús er að finna á Selfossi, Hvammstanga, Blönduósi, Sauðárkróki, Húsavík og Kópaskeri. Sauðfjárræktin byggir að mestu á heimaframleiddu fóðri (heyi) og beit og er innflutt fóður að líkindum vel innan við 5% af vetrarfóðrinu.<sup>41</sup> Meginframleiðsluvara sauðfjárræktar er lambakjöt, en einnig verður til ærkjöt, innmatur, tólg, ull og gætur. Árið 2021 voru sláturlömbin 453.589 og meðfallþungi 17,7 kg.<sup>42</sup> Haustþungi lamba var um 38,3 kg að meðaltali.<sup>43</sup> Samtals voru framleidd 9.395 tonn af kjöti og er þá ærkjöt meðtalið.<sup>44</sup>



Á sauðfjárnú tilheyrir losun vegna dýrahalds, áburðarnotkunar, túnræktar, eldsneytisnotkunar, sem og losun vegna beitarlands losunarsviði 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa bóndans sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti, áburði, heyrúlluplasti, fóðri o.fl.) og vegna flutninga á sláturgripum í sláturhús, meðhöndlunar kjöts í sláturhúsum (svo sem frystingar, kælingar og pökkunar) og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð.

### 6.2 Aðföng

Helstu aðföng í sauðfjárrækt eru tilbúinn áburður, eldsneyti og heyrúlluplast. Gera má ráð fyrir að 70 kg af köfnunarefnisáburði séu árlega borin á hvern hektara af túnum og að hver hektari dugi til að fóðra 10 vetrarfóðraðar ær.<sup>45</sup> Heildarfjöldi áa árið 2021 var 300.860 og því hefur þurft um 2.106 tonn af köfnunarefni í áburði það ár. Áburðartegundir eru mismunandi og kolefnisspor þeirra sömuleiðis. Heildarnotkun áburðar var 8.428 tonn ef miðað er við að meðalköfnunarefnisinnihald áburðarins hafi verið um 25%. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna framleiðslu og flutnings áburðar er tekin með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, en losun vegna notkunar áburðarins fellur undir losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1). Útreikningar á kolefnisspori í áburðarframleiðslu taka hér mið af leiðbeiningum IPCC, þ.e. að losun sé 1,694 t CO<sub>2</sub>-ígildi á hvert tonn NH<sub>3</sub> (eða 2,057 tonn CO<sub>2</sub>-ígildi á hvert tonn af N),<sup>46</sup> en losun vegna flutninga (einnig þess hluta sem ekki inniheldur köfnunarefni, miðað

<sup>40</sup> Matvælaráðuneytið, 2023.

<sup>41</sup> Landbúnaðarháskóli Íslands, 2021.

<sup>42</sup> RML, 2023.

<sup>43</sup> Landbúnaðarháskóli Íslands, 2018.

<sup>44</sup> Matvælaráðuneytið, 2023.

<sup>45</sup> Birna Sigrún Hallsdóttir og Stefán Gíslason, 2017.

<sup>46</sup> IPCC, 2006.

við að köfnunarefnisinnihaldið sé 25%) var reiknuð út frá opinberum breskum losunarstuðlum.<sup>47</sup> Í þeim útreikningum var gert ráð fyrir að aðföngin væru flutt með flutningabílum um 150 km leið til hafnar í Rotterdam og komi til landsins með skipi þaðan (um 2.188 km sjóleið).<sup>48</sup> Flutningar innanlands voru hins vegar miðaðir við að meðalfjarlægð býlis frá uppskipunarhöfn væri 150 km. Fyrir flutninga með gámaskipi var notaður losunarstuðullinn 16,204 g/t-km (að teknu tilliti til losunar vegna framleiðslu og flutninga eldsneytisins (WTT)) sem er meðaltal fyrir gámaskip skv. bresku stuðlunum. Fyrir landflutninga var miðað við 105,17 g/t-km (með WTT) sem er meðaltal fyrir meðalhlaðinn flutningabíl. Losun vegna framleiðslu og flutninga tilbúins áburðar fyrir sauðfjárrækt á Íslandi 2021 nam skv. þessu samtals 5.012,7 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda.

Fóðurnotkun í sauðfjárrækt er frekar lítil og er fóðrið að stórum hluta framleitt á viðkomandi búi. Losun vegna áburðarnotkunar og annarra aðfanga til þeirrar framleiðslu er því tekin með í reikninginn undir öðrum liðum.

Heyrúlluplast er notað í heyskap í sauðfjárrækt. Ef miðað er við að um 2 kg af plasti þurfi á hverja vetrarfóðraða á þarf samtals um 602 tonn á ári. Heyrúlluplast er svokallað LDPE-plast (e. low density polyethylen). Útreikningar á kolefnisspori framleiðslunnar taka hér mið af opinberum breskum losunarstuðlum en þar er gert ráð fyrir 2,6006 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda á hvert tonn af plasti<sup>49</sup> en losun vegna flutninga er reiknuð eins og lýst er hér að ofan fyrir áburð. Losunin nemur samkvæmt þessu samtals 1.613,5 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda.

Dísilolía er notuð á traktora sem og á ýmis tæki og búnað. Ef miðað er við að notkunin sé um 12,5 lítrar á hverja vetrarfóðraða á voru samtals notaðir 3.760.750 lítrar í sauðfjárræktinni hérlandis árið 2021. Framleiðsla og flutningur eldsneytis er tekinn með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, þ.e.a.s. sú losun sem verður á leið eldsneytisins frá lind að tanki (WTT: well to tank), þ.e. áður en sauðfjárbúið kaupir eldsneytið. Til að meta þessa losun er stuðst við opinbera breska losunarstuðla en þar er gert ráð fyrir losun vegna WTT nemi 0,63235 kg CO<sub>2</sub>-ígilda á hvern lítra af dísilolíu.<sup>50</sup> Losunin nemur því um 2.378,8 tonnum. Brennsla eldsneytisins telst hins vegar vera hluti af eigin starfsemi búanna og er reiknuð með í losun undir losunarsviði 1, sjá kafla 6.4.2.

Tafla 5 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutnings aðfanga fyrir sauðfjárbú á Íslandi 2021.

Tafla 5. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]
Tilbúinn áburður (framleiðsla og flutningar)	5.012,7
Heyrúlluplast (framleiðsla og flutningar)	1.613,5
Dísilolía (frá lind að tanki, WTT)	2.378,8
Samtals	9.004,9

### 6.3 Orkunotkun

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa sauðfjárbús sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Ef gert er ráð fyrir að rafmagnsnotkun sé 44 kWh á hverja vetrarfóðraða á var heildarrafmagnsnotkun í sauðfjárrækt um 13.238 MWh árið 2021. Losun vegna þessarar raforkunotkunar var þá um 136 tonnum, miðað við að losun sé 10,3 g á hverja kWh, en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs.<sup>51</sup>

<sup>47</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>48</sup> Samkvæmt reiknivél <https://sea-distances.org>

<sup>49</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>50</sup> Sama heimild.

<sup>51</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

Tafla 6. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	13.237.840	136,3

## 6.4 Eigin starfsemi

Losun á býli má rekja til búfjárhalds, notkunar áburðar og olíunotkunar (losunarsvið 1). Þar sem um jörturdýr er að ræða er losun vegna búfjárhalds ráðandi þáttur í kolefnisspori greinarinnar.

### 6.4.1 Losun vegna búfjárhalds og notkunar áburðar

Í meltingarvegi jörturdýra á sér stað loftfirrt niðurbrot (gerjun) fæðunnar. Við gerjunina myndast metan sem losnar út í andrúmsloftið vegna vindgangs (með ropi og prumpi). Búfjáráburður frá sauðfé (skítur og hland) inniheldur talsvert magn af lífrænum efnum og köfnunarefnissamböndum og við geymslu þessa áburðar getur myndast bæði metan og glaðloft. Margir þættir hafa áhrif á magn metans sem myndast vegna vindgangs og meðhöndlunar búfjáráburðar sem og magn glaðlofts sem myndast vegna meðhöndlunar áburðarins. Meðal þessara þátta eru samsetning og meltanleiki fóðurs, geymsluskilyrði áburðar (votgeymsla, þurrgeymsla) o.fl. Til að meta heildarlosun vegna búfjár og búfjáráburðar þarf að hafa upplýsingar um fjölda búfjár og um alla þessa áhrifaþætti.

Tafla 7 sýnir heildarfjölda og meðalþyngd sauðfjár á Íslandi árið 2021 eftir undirflokkum (ær, gemlingar, hrútar, lömb), magn köfnunarefnis í skít sem fellur til (Nex), það hlutfall búfjáráburðar sem ætla má að falli til í haga og um líklega skiptingu þess áburðar sem fellur til í fjárhúsum eftir því hvort hann er geymdur í þurr- eða votgeymslu. Þessar upplýsingar eru fengnar úr Landsbókhaldi Íslands.<sup>52</sup> Við útreikninga á losun er fjöldi lamba veginn miðað við að meðallíftími lamba sé um 4,5 mánuðir. Árlegur veginn fjöldi lamba árið 2021 var samkvæmt því 227.346 (606.257 x 4,5/12).

Tafla 7. Fjöldi og þyngd sauðfjár eftir undirflokkum, magn köfnunarefnis í skít (Nex) og hlutfall búfjáráburðar sem fellur til í haga eða lendir í áburðargeymslu.

	Fjöldi	Þyngd [kg]	Nex [kg/grip/ár]	Geymsla búfjáráburðar [%]		
				Hagi	Þurrgeymsla	Votgeymsla
Ær	300.860	64,9	10,6	45,2%	35,6%	19,2%
Gemlingar	73.731	50,4	10,7	45,2%	35,6%	19,2%
Hrútar	10.653	93,3	11,7	45,2%	35,6%	19,2%
Lömb	606.257	22,4	8,1	98,5%	1,5%	0,0%

Losunarstuðlar fyrir metanmyndun í meltingarvegi fyrir hvern undirflokk sauðfjár (Tafla 8) eru metnir út frá orkuinntöku og metanmyndunarhlutfalli í meltingarvegi gripanna. Í sauðfjárrækt geta að hámarki myndast 0,19 rúmmetrar af metani á hvert kg af þurrefni búfjáráburðar.<sup>53</sup> Metanmyndunin (hlutfall af hámarksmetanmyndun) er svo mismikil eftir því hvort áburðurinn fellur til í haga (1%), í þurrgeymslu (2%) eða votgeymslu (17%) og fer hlutfallið eftir því hversu greiðan aðgang súrefni hefur að skítum. Því betri sem loftunin er því minna metan myndast. Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi og vegna meðhöndlunar búfjáráburðar má lesa beint úr Landsskýrslu Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda sem Umhverfisstofnun gefur út árlega.<sup>54</sup> Þess má geta að stuðlarnir eru uppfærðir svo til árlega.

Glaðloft myndast sem hliðarafurð vegna nítrunar og afnitrunar köfnunarefnissambanda í búfjáráburði. Losun vegna geymslu búfjáráburðar veltur á köfnunarefnis- og kolefnisinnihaldi áburðarins, tegund áburðargeymslu og hversu lengi áburðurinn er geymdur í viðkomandi geymslu. Losunarstuðull fyrir

<sup>52</sup> Umhverfisstofnun, 2023.

<sup>53</sup> IPCC, 2006.

<sup>54</sup> Sjá: <https://ust.is/loft/losun-grodurhusalofttegunda/skyrslur-og-itarefni/>

glaðloft er reiknaður út frá köfnunarefnismagni búfjáraburðar (Nex) sem fellur til í áburðargeymslu, áætlaðri glaðloftsmyndunargetu í áburðargeymslum (0,5%) og hversu mikið glaðloft myndast á hvert kg af köfnunarefni í búfjáraburði (0,005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N).

Tafla 8 inniheldur upplýsingar um ofangreinda losunarstuðla. Þessa stuðla má lesa úr CRF-tölum sem Umhverfisstofnun skilar árlega til skrifstofu loftslagssamningsins ásamt Landsskýrslu um losun gróðurhúsalofttegunda.

Tafla 8. Losunarstuðlar (kg lofttegundar/grip/ár) fyrir metan og glaðloft vegna meltingar og meðhöndlunar búfjáraburðar.

	CH <sub>4</sub> melting	CH <sub>4</sub> búfjáraburður	N <sub>2</sub> O búfjáraburður
Ær	10,3	0,95	0,030
Gemlingar	8,4	0,95	0,030
Hrútar	11,3	1,04	0,035
Lömb	5,3	0,14	

Tafla 9 inniheldur upplýsingar um losun metans og glaðlofts vegna dýrahalds í sauðfjárrækt, þ.e. metan vegna vindgangs og metans og glaðlofts vegna meðhöndlunar búfjáraburðar. Heildarlosunin var 157.657,8 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Rokgjarnasti hluti köfnunarefnisins í áburðargeymslum gufar að hluta upp. Þetta köfnunarefni flyst til í umhverfinu og getur valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á (óbein losun vegna meðhöndlunar búfjáraburðar). Ekki er hægt að lesa losunarstuðla vegna þessarar óbeinu losunar beint úr Landsskýrslu Íslands, né fylgiskjöllum. Losunina þarf því að reikna út í samræmi við reiknireglur IPCC. Samkvæmt þeim er fyrst metið það hlutfall köfnunarefnis sem gufar upp og það magn er svo margfaldað með losunarstuðlinum 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N á hvert kg af köfnunarefni sem gufað hefur upp.

Losun glaðlofts vegna búfjáraburðar sem fellur til í haga telst sem losun vegna notkunar áburðar. Sá hluti sem fellur til í áburðargeymslum er á endanum einnig borinn á tún og veldur losun þar.

Tafla 9. Losun metans og glaðlofts vegna búfjáhalds í sauðfjárræk (t CO<sub>2</sub>-ígildi).

	CH <sub>4</sub> vindgangur	CH <sub>4</sub> búfjáraburður	N <sub>2</sub> O búfjáraburður		Samtals
			bein losun	óbein losun	
Ær	86.804	8.007	2.353	1.838	99.002
Gemlingar	17.253	1.970	588	452	20.263
Hrútar	3.375	311	98	71	3.865
Lömb	33.625	912			34.538
Samtals	141.057	11.201	3.039	2.362	157.659

Sem fyrr segir fellur búfjáraburður til í haga, í votgeymslu og í þurrgeymslu. Tafla 10 inniheldur upplýsingar um magn köfnunarefnis í búfjáraburði sem fellur til í sauðfjárrækt á Íslandi eftir því hvar hann fellur til.

Tafla 10. Köfnunarefni sem fellur til í haga eða í þurr- eða votgeymslum (tonn N).

	N í búfjáráburði [tonn]			N tilbúinn áburður	N Samtals
	hagi	þurrgeymsla	votgeymsla		
Ær	1.445	1.139	613		
Gemlingar	356	280	151		
Hrútar	56	44	24		
Lömb	1.837	-	-		
Samtals	3.666	1.491	788	2.106	8.050

Eins og sjá má voru samtals 2.279 tonn af köfnunarefni (1.491+788) borin á tún í formi búfjáráburðar árið 2021. Auk þess féllu til 3.666 tonn af köfnunarefni vegna sauðfjár í haga. Þessu til viðbótar voru um 2.106 tonn af köfnunarefni borin á tún í formi tilbúins áburðar (sjá kafla 6.2).

Hluti þess köfnunarefnis sem borið er á tún og fellur til í haga myndar glaðloft fyrir tilstilli örvera í jarðvegi (0,01 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N). Slík losun nam samtals 31.129,8 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Hluti köfnunarefnisins skolast út (30%) og gufar upp (3,3% fyrir tilbúinn áburð og 15% fyrir búfjáráburð)<sup>55</sup> og er ekki nýtilegt gróðri. Þetta köfnunarefni flyst til í umhverfinu og getur valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á. Losun glaðlofts vegna áborins köfnunarefnis sem skolast út og gufar upp nam samtals 10.720,9 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Heildarlosun glaðlofts vegna áburðarnotkunar (bein og óbein losun) var því samtals 41.850,7 t CO<sub>2</sub>-ígildi árið 2021.

Heildarlosun vegna búfjárhalds og áburðarnotkunar samkvæmt framanskráðu var samtals 199.508,5 t CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021 (157.657,8+41.850,7).

#### 6.4.2 Losun vegna notkunar ýmissa aðfanga

Eins og fram hefur komið losna gróðurhúsalofttegundir vegna notkunar eldsneytis og áburðar í búfjárrækt. Gerð var grein fyrir losun vegna notkunar tilbúins áburðar í kaflanum hér að framan. Sem fyrr segir er gert ráð fyrir að notkun dísilólíu hafi numið 3.760.750 lítrum árið 2021. Við brennslu á einum lítra af dísilólíu á traktorum losna um 3,03335 kg af gróðurhúsalofttegundum.<sup>56</sup> Losun vegna brennslu þessarar dísilólíu samsvaraði því um 11.407,7 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021.

### 6.5 Frálag

Losun vegna flutninga á sláturgripum í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar sem og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3. Ekki reyndist unnt að reikna losun vegna frálags á þessu stigi vegna skorts á gögnum.

### 6.6 Losun gróðurhúsalofttegunda í sauðfjárrækt - samantekt

Tafla 11 sýnir losun í sauðfjárrækt árið 2021. Eins og sjá má var losun vegna dýrahalds langstærsti losunarpátturinn. Losun frá vöggu að hliði var samtals 220.058 tonn koldíoxíðsígilda. Ekki reyndist unnt að meta losun frá vöggu að dreifingarstöð að sinni. Kjötframleiðsla árið 2021 var 9.395 tonn. Þetta þýðir að losun var 23,4 kg á hvert framleitt kg frá vöggu að hliði (244.433/9.395). Þess ber þó að geta að ekki er sanngjarnt að skrifa allt kolefnissporið á kjötframleiðsluna þar sem einnig fellur til ull, innmatur, tólg og gærur við framleiðsluna. Að skipta sporinu niður á framleiðsluþætti fellur hins vegar utan ramma þessa verkefnis. Eðlilegt er að gefa upp kolefnissporið á hvert kg af ætum, beinlausum bita. Ef miðað er við að 66% af fallþunga sé ætur, beinlaus biti<sup>57</sup> er kolefnissporið frá vöggu að hliði

<sup>55</sup> UNFCCC, 2023. (Hlutföll fengin úr CRF)

<sup>56</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>57</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

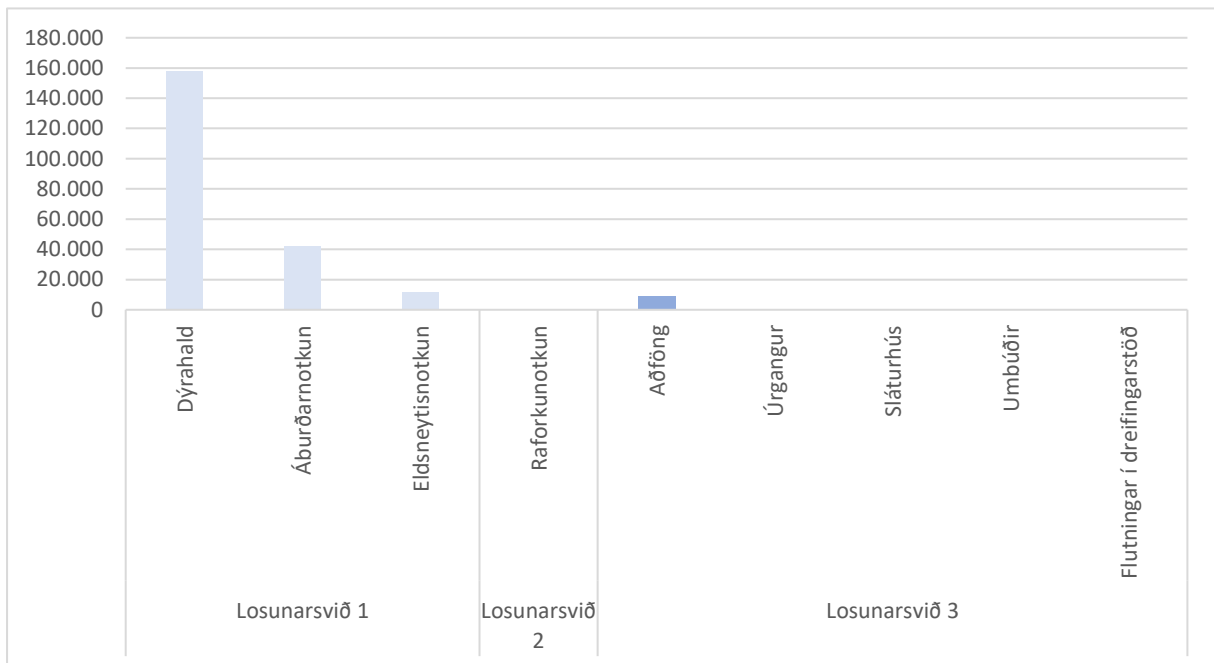


35,49 kg á hvert framleitt kg. Sem fyrr segir er þetta þó einhvers konar hámark þar sem enn á eftir að skipta kolefnissporinu niður á fleiri framleiðsluþætti.

Tafla 11. Losun eftir uppsprettum í sauðfjárrækt.

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Dýrahald	157.658
Áburðarnotkun	41.851
Jarðeldsneytisnotkun	11.408
Raforkunotkun á býli	136
Aðföng (framleiðsla og flutningar)	9.005
Úrgangur	
Slátrun, pökkun, flutningar í dreifingarstöð	
<b>Samtals</b>	<b>220.058</b>

Mynd 4 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 4. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í sauðfjárrækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

## 7 Kolefnisspor nautgriparæktar

### 7.1 Inngangur

Nautgriparækt er stunduð á rúmlega sjö hundruð búum hérlendis og eru flest búin á Suðurlandi, Norðurlandi vestra og Norðurlandi eystra.<sup>58</sup> Fjöldi þeirra framleiðenda sem stunda kjötframleiðslu eingöngu (126 í árslok 2022) er lítil í samanburði við þá sem stunda mjólkurframleiðslu (495 í árslok 2022).<sup>59</sup> Hjá mjólkurframleiðendum er kjötframleiðsla hliðarbúgrein og byggir aðallega á íslenskum gripum. Sérhæfð nautakjötsframleiðsla byggir að hluta til á gripum af holdanautakynjum.<sup>60</sup> Stór sláturhús er að finna á Hellu, Selfossi, Sauðárkróki og Akureyri. Nautgriparæktin byggir á heimaframleiddu fóðri (heyi) og beit, sem og á innlendu og innfluttu fóðri.<sup>61</sup> Meginframleiðsluvörur nautgriparæktar eru nautakjöt og mjólkurvörur, en einnig falla til skinn við slátrun. Árið 2021 voru framleidd 4.965 tonn af kjöti<sup>62</sup> og 148,8 milljón lítrar af mjólk.<sup>63</sup>



Á nautgripabúi tilheyrir losun vegna dýrahalds, eldsneytisnotkunar, áburðarnotkunar, túnræktar, sem og losun vegna beitarlands losunarsviði 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa bóndans sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti, áburði, plágueyðum, heyrúlluplast og fóðri) og vegna flutninga á sláturgripum í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð. Í sumum tilfellum eru kálfar sendir annað í áframeldi, en ekki er tekið tillit til þess hér.

### 7.2 Aðföng

Helstu aðföng í nautgriparækt eru fóður, tilbúinn áburður, eldsneyti og heyrúlluplast. Magn fóðurs í nautgriparækt er mjög breytilegt eftir aldri og kyni gripa, svo sem hvort um er að ræða mjólkurkúr, holdanaut eða kálfa. Gera má ráð fyrir að fóðurnotkun á hvern grip sé að meðaltali rúmlega 568 kg á ári.<sup>64</sup> Heildarfjöldi gripa var 80.563 árið 2021 (sjá nánar í kafla 7.4.1). Heildarfóðurnotkun árið 2021 var því um 45.783 tonn. Losun vegna framleiðslu og flutninga fóðursins var 26.858,1 tonn. Þá er miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,55 kg á hvert kg af fóðri.<sup>65</sup> Þar við bætist losun vegna flutninga þar sem miðað er við 2.188 km siglingu, losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir

<sup>58</sup> Matvælaráðuneytið, 2023.

<sup>59</sup> RML, 2023.

<sup>60</sup> Landbúnaðarháskóli Íslands, 2021.

<sup>61</sup> Landbúnaðarháskóli Íslands, 2021.

<sup>62</sup> Matvælaráðuneytið, 2023.

<sup>63</sup> <https://www.bondi.is/frettir/sam-1488-milljon-litra-mjolkurframleidsla-arid-2021>

<sup>64</sup> Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Yngvadóttir, 2019.

<sup>65</sup> Sama heimild.

sjóflutninga,<sup>66</sup> 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað héraðs) og losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>67</sup> Gert er ráð fyrir að helmingur fóðursins sé framleiddur héraðs og ekki reiknað með losun vegna flutninga á þeim hluta.

Ef gert er ráð fyrir að um 221 kg af köfnunarefnisáburði séu árlega borin á fyrir hvern grip<sup>68</sup> var heildarnotkun köfnunarefnisáburðar 4.019 tonn árið 2021. Áburðartegundir eru mismunandi og kolefnisspor þeirra sömuleiðis. Ef miðað er við að meðalköfnunarefnisinnihald áburðarins hafi verið um 23%<sup>69</sup> var heildarnotkun áburðar 17.818 tonn árið 2021. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna framleiðslu og flutnings áburðar er tekin með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, en losun vegna notkunar áburðarins fellur undir losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1). Útreikningar á kolefnisspori í áburðarframleiðslu taka hér mið af leiðbeiningum IPCC, þ.e. að losun sé 1,694 t CO<sub>2</sub>-ígildi á hvert tonn NH<sub>3</sub> (eða 2,057 tonn CO<sub>2</sub>-ígildi á hvert tonn af N),<sup>70</sup> en losun vegna flutninga (einnig þess hluta sem ekki inniheldur köfnunarefni) var reiknuð út frá opinberum breskum losunarstuðlum.<sup>71</sup> Í þeim útreikningum var gert ráð fyrir að aðföngin væru flutt með flutningabílum um 100 km leið til hafnar í Rotterdam og komi til landsins með skipi þaðan (um 2.188 km sjóleið).<sup>72</sup> Flutningar innanlands voru hins vegar miðaðir við að meðalfjarlægð býlis frá uppskipunarhöfn væri 150 km. Fyrir flutninga með gámaskipi var notaður losunarstuðullinn 16,204 g/t-km (að teknu tilliti til losunar vegna framleiðslu og flutninga eldsneytisins (WTT)) sem er meðaltal fyrir gámaskip skv. bresku stuðlunum. Fyrir landflutninga var miðað við 105,17 g/t-km (með WTT) sem er meðaltal fyrir meðalhlaðinn flutningabíl. Losun vegna framleiðslu og flutninga tilbúins áburðar fyrir nautgriparækt á Íslandi 2021 nam skv. þessu samtals 9.706,6 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda.

Heyrúlluplast er notað í heyskap í nautgriparækt. Ef miðað er við að um 10 kg af plasti þurfi á hvern grip<sup>73</sup> þarf samtals um 832 tonn á ári. Heyrúlluplast er svokallað LDPE-plast (e. low density polyethylen). Útreikningar á kolefnisspori framleiðslunnar taka hér mið af opinberum breskum losunarstuðlum en þar er gert ráð fyrir 2,6006 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda á hvert tonn af plasti<sup>74</sup> en losun vegna flutninga er reiknuð eins og lýst er hér að ofan fyrir áburð. Losunin nemur samkvæmt þessu samtals 2.229,6 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda.

Dísilolía er notuð á traktora sem og á ýmis tæki og búnað. Ef miðað er við að notkunin sé um 78 lítrar á hvern grip voru samtals notaðir 6.266.011 lítrar í nautgriparæktinni héraðs árið 2021. Framleiðsla og flutningur eldsneytis er tekinn með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, þ.e.a.s. sú losun sem verður á leið eldsneytisins frá lind að tanki (WTT: well to tank), þ.e. áður en búið kaupir eldsneytið. Til að meta þessa losun er stuðst við opinbera breska losunarstuðla en þar er gert ráð fyrir losun vegna WTT nemi 0,63235 kg CO<sub>2</sub>-ígilda á hvern lítra af dísilolíu.<sup>75</sup> Losunin nemur því um 3.963,4 tonnum. Brennsla eldsneytisins telst hins vegar vera hluti af eigin starfsemi búanna og er reiknuð með í losun undir losunarsviði 1, sjá kafla 7.4.2.

---

<sup>66</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>67</sup> Sama heimild.

<sup>68</sup> Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Yngvadóttir, 2019.

<sup>69</sup> Sama heimild.

<sup>70</sup> IPCC, 2006.

<sup>71</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>72</sup> Samkvæmt reiknivél <https://sea-distances.org>

<sup>73</sup> Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Yngvadóttir, 2019.

<sup>74</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>75</sup> Sama heimild.

Tafla 12 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutnings aðfanga í nautgriparækt á Íslandi 2021.

Tafla 12. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]
Fóður (framleiðsla og flutningar)	26.858,1
Áburður (framleiðsla og flutningar)	9.706,6
Áburður (framleiðsla og flutningar)	2.229,6
Dísilolía (frá lind að tanki, WTT)	3.963,4
Samtals	42.757,8

### 7.3 Orkunotkun

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa nautgripabús sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Ef gert er ráð fyrir að árleg rafmagnsnotkun sé um 326 kWh á hvern grip<sup>76</sup> var heildarrafmagnsnotkun í nautgriparækt um 26.271 MWh árið 2021. Losun vegna þessarar raforkunotkunar var þá um 270,6 tonn, miðað við að losun sé 10,3 g á hverja kWh, en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs.<sup>77</sup>

Tafla 13. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	26.270.543	270,6

### 7.4 Eigin starfsemi

Losun á býli má rekja til búfjárhalds, notkunar áburðar og olíunotkunar (losunarsvið 1). Þegar um jörturdýr er að ræða er losun vegna búfjárhalds ráðandi þáttur kolefnisspori greinarinnar.

#### 7.4.1 Losun vegna búfjárhalds og notkunar áburðar

Í meltingarvegi jörturdýra á sér stað loftfirt niðurbrot (gerjun) fæðunnar. Við gerjunina myndast metan sem losnar út í andrúmsloftið vegna vindgangs (með ropi og prumpi). Búfjáraður frá nautgripum (skítur og hland) inniheldur talsvert magn af lífrænum efnum og köfnunarefnissamböndum og við geymslu þessa áburðar getur myndast bæði metan og glaðloft. Margir þættir hafa áhrif á magn metans sem myndast vegna vindgangs og meðhöndlunar búfjáraðurar sem og magn glaðlofts sem myndast vegna meðhöndlunar áburðararins. Meðal þessara þátta eru samsetning og meltanleiki fóðurs, geymsluskilyrði áburðar (votgeymsla, þurrgeymsla) o.fl. Til að meta heildarlosun vegna búfjár og búfjáraðurar þarf að hafa upplýsingar um fjölda búfjár og um alla þessa áhrifaþætti.

Tafla 14 sýnir heildarfjölda og meðalþyngd nautgripa á Íslandi árið 2021 eftir undirflokkum (mjólkurkúr, holdanaut, kálfar), magn köfnunarefnis í skít sem fellur til (Nex), það hlutfall búfjáraðurar sem ætla má að falli til í haga og um líklega skiptingu þess áburðar sem fellur til í

<sup>76</sup> Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Yngvadóttir, 2019.

<sup>77</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

gripahúsum eftir því hvort hann er geymdur í þurr- eða votgeymslu. Þessar upplýsingar eru fengnar úr Landsbókhaldi Íslands.<sup>78</sup>

Tafla 14. Fjöldi og þyngd nautgripa eftir undirflokkum, magn köfnunarefnis (Nex) í skít og hlutfall búfjáraðurðar sem fellur til í haga eða lendir í áburðargeymslu.

	Fjöldi	Þyngd [kg]	Nex [kg/grip/ár]	Geymsla búfjáraðurðar [%]		
				Hagi	Þurrgeymsla	Votgeymsla
Mjólkurkýr	25.772	471,0	94,3	84,7%	-	15,3%
Holdakýr	3.572	470,0	66,4	8,2%	-	91,8%
Kálfar og kvígur	51.219	265,4	35,2	56,7%	32,1%	11,2%

Losunarstuðlar fyrir metanmyndun í meltingarvegi fyrir hvern undirflokk nautgripa (Tafla 15) eru metnir út frá orkuinntöku (GE), orkuinnihaldi metans á hvert kg (55,65 MJ/kg) og metanmyndunarhlutfalli (Ym) í meltingarvegi gripanna. Í nautgriparækt geta að hámarki myndast 0,24 rúmmetrar af metani á hvert kg af þurrefni búfjáraðurðar mjólkurkúa, en 0,18 rúmmetrar á hvert kg af þurrefni búfjáraðurðar holdakúa og kálfa. Metanmyndunin (hlutfall af hámarksmetanmyndun) er svo mismikil eftir því hvort áburðurinn fellur til í haga (1%), í þurrgeymslu (2%) eða votgeymslu (17%) og fer hlutfallið eftir því hversu greiðan aðgang súrefni hefur að skítum. Því betri sem loftunin er því minna metan myndast. Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi og vegna meðhöndlunar búfjáraðurðar má lesa beint úr Landsskýrslu Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda sem Umhverfisstofnun gefur út árlega.<sup>79</sup> Þess má geta að stuðlarnir eru uppfærðir svo til árlega.

Glaðloft myndast sem hliðarafurð vegna nítrunar og afnítrunar köfnunarefnissambanda í búfjáraðurði. Losun vegna geymslu búfjáraðurðar veltur á köfnunarefnis- og kolefnisinnihaldi áburðarins, tegund áburðargeymslu og hversu lengi áburðurinn er geymdur í viðkomandi geymslu. Losunarstuðull fyrir glaðloft er reiknaður út frá köfnunarefnismagni búfjáraðurðar (Nex) sem fellur til í áburðargeymslu, áætlaðri glaðloftsmýndunargetu í áburðargeymslum (0,5%) og hversu mikið glaðloft myndast á hvert kg af köfnunarefni í búfjáraðurði (0,005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N).

Tafla 15 inniheldur upplýsingar um ofangreinda losunarstuðla. Þessa stuðla má lesa úr CRF-töflum sem Umhverfisstofnun skilar árlega til skrifstofu loftslagssamningsins ásamt Landsskýrslu um losun gróðurhúsalofttegunda.

Tafla 15. Losunarstuðlar (kg lofttegundar/grip/ár) fyrir metan og glaðloft vegna meltingar og meðhöndlunar búfjáraðurðar.

	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	melting	búfjáraðurður	búfjáraðurður
Mjólkurkýr	113,8	38,69	0,062
Holdakýr	70,1	2,93	0,004
Kálfar	38,4	7,91	0,096

Tafla 16 inniheldur upplýsingar um losun metans og glaðlofts vegna dýrahalds í nautgripafjarrækt, þ.e. metan vegna vindgangs og metans og glaðlofts vegna meðhöndlunar búfjáraðurðar. Heildarlosunin var 157.659 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Rokgjarnasti hluti köfnunarefnisins í áburðargeymslum gufar að hluta upp. Þetta köfnunarefni flyst til í umhverfinu og getur valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á (óbein losun vegna meðhöndlunar búfjáraðurðar). Ekki er hægt að lesa losunarstuðla vegna þessarar óbeinu losunar beint úr Landsskýrslu Íslands, né fylgiskjöllum. Losunina þarf því að reikna út í samræmi við reiknireglur IPCC. Samkvæmt þeim er fyrst metið það hlutfall köfnunarefnis sem gufar

<sup>78</sup> Umhverfisstofnun, 2023.

<sup>79</sup> Sjá: <https://ust.is/loft/losun-grodurhusaloftegunda/skyrslur-og-itarefni/>

upp og það magn er svo margfaldað með losunarstuðlinum 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N á hvert kg af köfnunarefni sem gufað hefur upp.

Losun glaðlofts vegna búfjáraðurar sem fellur til í haga telst sem losun vegna notkunar áburðar. Sá hluti sem fellur til í áburðargeymslum er á endanum einnig borinn á tún og veldur losun þar.

Tafla 16. Losun metans og glaðlofts vegna búfjáraðs í nautgriparrækt (t CO<sub>2</sub>-ígildi).

	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O búfjáraðurar		Samtals
	vindgangur	búfjáraðurar	bein losun	óbein losun	
Mjólkurkúr	82.154,8	27.920,5	425,0	1.713,6	112.213,9
Holdakúr	7.015,4	293,2	4,0	16,2	7.328,9
Kálfar	55.130,4	11.343,7	1.307,0	1.528,3	69.309,4
Samtals	144.300,6	39.557,5	1.736,0	3.258,2	188.852,3

Sem fyrr segir fellur búfjáraðurar til í haga, í votgeymslu og í þurrgeymslu. Tafla 17 inniheldur upplýsingar um magn köfnunarefnis í búfjáraðurar sem fellur til í nautgriparrækt á Íslandi eftir því hvar hann fellur til.

Tafla 17. Köfnunarefni sem fellur til í haga eða í þurr- eða votgeymslum (tonn N).

	N í búfjáraðurar [tonn]			N	N
	hagi	þurrgeymsla	votgeymsla	tilbúinn áburðar	Samtals
Mjólkurkúr	372,9		2.057,4		
Holdakúr	217,8		19,5		
Kálfar	283,3	324,9	1.196,7		
Samtals	874,0	324,9	3.273,6	4.019,0	8.491,5

Eins og sjá má voru samtals 3.598,5 tonn af köfnunarefni (3.273,6+324,9) borin á tún í formi búfjáraðurar árið 2021. Auk þess féllu til 324,9 tonn af köfnunarefni vegna kálfa í haga. Þessu til viðbótar voru um 4.019,0 tonn af köfnunarefni borin á tún í formi tilbúins áburðar (sjá kafla 7.2). Hluti þess köfnunarefnis sem borið er á tún og fellur til í haga myndar glaðloft fyrir tilstilli örvera í jarðvegi (0,01 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N ef borið er á tún en 0,02 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N ef það fellur til í haga). Slík losun nam samtals 32.103,0 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Hluti köfnunarefnisins skolast út (30%) og gufar upp (3,3% fyrir tilbúinn áburð og 15% fyrir búfjáraðurar)<sup>80</sup> og er ekki nýtilegt gróðri. Þetta köfnunarefni flyst til í umhverfinu og getur valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á. Losun glaðlofts vegna áborins köfnunarefnis sem skolast út og gufar upp nam samtals 10.129,8 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021. Heildarlosun glaðlofts vegna áburðar notkunar (bein og óbein losun) var því samtals 42.232,8 t CO<sub>2</sub>-ígildi.

Heildarlosun vegna búfjáraðs og áburðar notkunar samkvæmt framanskráðu var samtals 229.108,9 t CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021 (188.852,3+42.232,8).

#### 7.4.2 Losun vegna notkunar ýmissa aðfanga

Eins og fram hefur komið losna gróðurhúsalofttegundir vegna notkunar eldsneytis og áburðar í búfjarrækt. Gerð var grein fyrir losun vegna notkunar tilbúins áburðar í kaflanum hér að framan. Sem fyrr segir er gert ráð fyrir að notkun dísilólíu hafi numið 6.266.011 lítrum árið 2021. Við brennslu á einum lítra af dísilólíu losna um 3,03335 kg af gróðurhúsalofttegundum.<sup>81</sup> Losun vegna brennslu þessarar dísilólíu samsvaraði því um 19.007,0 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2021.

<sup>80</sup> UNFCCC, 2023. (Hlutföll fengin úr CRF)

<sup>81</sup> UNFCCC, 2023.

## 7.5 Frálag

Losun vegna flutninga á sláturgripum í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar sem og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3. Ekki reyndist unnt að reikna losun vegna frálags á þessu stigi vegna skorts á gögnum

## 7.6 Losun gróðurhúsalofttegunda í nautgriparækt - samantekt

Tafla 18 sýnir losun í nautgriparækt á Íslandi árið 2021. Eins og sjá má var losun vegna dýrahalds langstærsti losunarpátturinn, en samtals var losun frá vöggum að hliði 291.144 tonn koldíoxíðsigilda. Ekki reyndist unnt að meta losun frá vöggum að dreifingarstöð í þessu tilviki. Kjötframleiðsla árið 2021 var 4.965 tonn og mjólkurframleiðsla 148,8 milljón lítrar. Ekki var mögulegt að skipta sporinu niður á þessar framleiðsluvörur innan ramma þessa verkefnis. Í skýrslu sem Efla vann fyrir Landssamband kúabænda árið 2019 var kolefnisspor mjólkur áætlað 1,0 kg á hvern lítra.<sup>82</sup> Sé miðað við þá tölu þá var heildarlosun vegna mjólkurframleiðslu 148.800 tonn árið 2021. Heildarlosun nautgriparæktar árið 2021 var sem fyrr segir 291.144 tonn og ef losun vegna mjólkurframleiðslu var 148.800 tonn standa eftir 142.344 tonn. Skrifist sú losun öll á kjötframleiðsluna var losun hennar vegna 28,7 kg á hvert framleitt kg frá vöggum að hliði (142.344/4.965). Þess ber þó að geta að ekki er sanngjarnt að skrifa allt kolefnissporið á kjötframleiðsluna þar sem einnig falla til aðrar vörur við framleiðsluna. Eðlilegt er að gefa upp kolefnissporið á hvert kg af ætum, beinlausum bita. Ef miðað er við að 69,5% af fallþunga sé ætur, beinlaus biti<sup>83</sup> er kolefnisspor nautgripakjöts frá vöggum að hliði 41,3 kg á hvert framleitt kg. Sem fyrr segir er þetta þó einhvers konar hámark þar sem enn á eftir að skipta kolefnissporinu niður á fleiri framleiðsluþætti, auk þess sem hugsanlegt er – og jafnvel líklegt<sup>84</sup> – að þáttur mjólkurframleiðslunnar sé stærri en hér er gert ráð fyrir.

Tafla 18. Losun eftir uppsprettum í nautgriparækt.

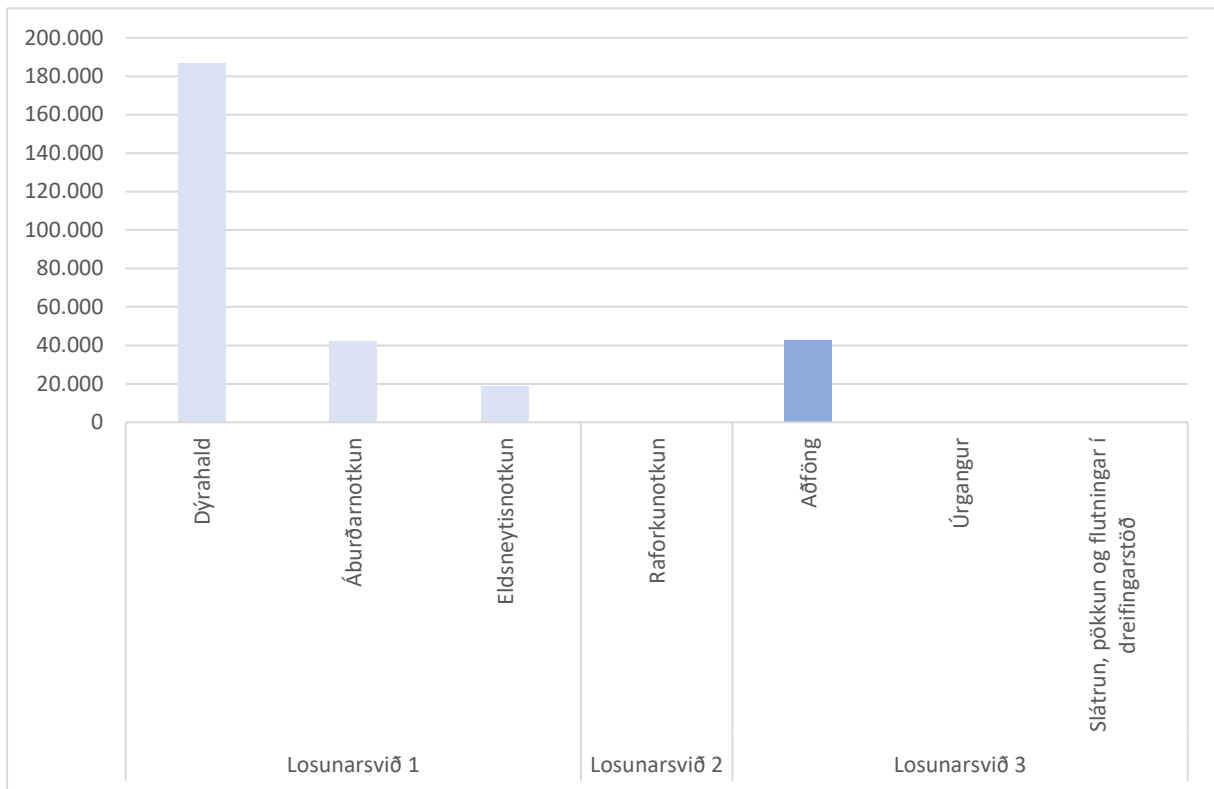
Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Metan frá meltingarvegi	186.876
Áburðarnotkun	42.233
Jarðeldsneytisnotkun	19.007
Raforkunotkun á býli	271
Aðföng (framleiðsla og flutningar)	42.758
Úrgangur	
Slátrun, pökkun, flutningar í dreifingarstöð	
<b>Samtals</b>	<b>291.144</b>

<sup>82</sup> Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Yngvadóttir, 2019.

<sup>83</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

<sup>84</sup> Skv. Clune og félögum er meðalkolefnisspor mjólkurframleiðslu í Evrópu 1,32 kg á hvert kg.

Mynd 5 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda í nautgriparækt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 5. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í nautgriparækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).



## 8 Kolefnisspor kjúklinga- og eggjaframleiðslu

### 8.1 Inngangur

Alifuglarækt er stunduð á tæplega tvö hundruð búum hérlendis og eru stærstu búin á Höfuðborgarsvæðinu, Suðurnesjum og Suðurlandi.<sup>85</sup> Stór sláturhús er að finna í nágrenni stærstu búanna. Kjúklinga- og eggjaframleiðsla hérlendis byggir á stöðugum innflutningi stofneggja og innfluttu fóðri. Meginframleiðsluvara eru egg annars vegar og kjúklingakjöt hins vegar. Árið 2021 voru framleidd 4.200 tonn af eggjum<sup>86</sup> og 9.500 tonn af kjöti.<sup>87</sup>



Kjúklingaframleiðsla á Íslandi á uppruna sinn í erfðaeftni holdafugla af Ross-stofni sem flutt er inn frá Svíþjóð í formi stofneggja, alla jafna 7-8 sinnum á ári. Eggjunum er ungað út í einangrunarstöðvum, annars vegar hjá Stofnunga á Hvanneyri og hins vegar hjá Matfugli í Þorlákshöfn. Þaðan eru ungarnir fluttir í uppeldishús þar sem þeir eru aldir fram undir 20 vikna aldur (18-19 vikur). Eftir það liggur leiðin í varphús þar sem hænurnar hefja fljótlega varp. Á þessu stigi er gjarnan talað um 1. kynslóðar hænur. Líftími þessara fugla er alla jafna um eitt og hálf ár þegar allt er talið, en stofninum er viðhaldið jafnóðum með nýjum innflutningi. Eggjum frá stofnhænunum er ungað út í þremur útungunarstöðvum og ungarnir sem skríða þar úr eggjum eru sendir dagsgamlir til kjúklingabúa víðsvegar um landið. Eftir 32-35 daga eldi á búunum eru fuglarnir búnir að ná sláturstærð og eru þá sendir til slátrunar. Eldishúsin eru síðan þrífín og sótthreinsuð og gerð tilbúin til að taka við næstu sendingu af dagsgömlum ungum. Algengast er að eldið fari fram í 8 lotum árlega. Þrjú sláturhús eru starfandi í landinu. Sláturhúsin sjá um alla vinnslu og þökkun og þaðan fer varan á neytendamarkað.

Nánast öll egg sem framleidd eru á Íslandi eiga uppruna sinn í erfðaeftni af Lohmannstofni sem flutt er inn frá Noregi í formi stofneggja, alla jafna tvisvar á ári. Eggjunum er ungað út í einangrunarstöð Stofnunga ehf. í Skorradal og ungarnir aldir þar fyrstu vikurnar. Um það leyti sem hænurnar í hópnum hafa náð þroska til að hefja varp eru þær fluttar í tvö varphús, annað á Suðurnesjum og hitt á Kjalarnesi. Á þessu stigi er gjarnan talað um 1. kynslóðar hænur. Eggjum frá þessum hænum er ungað út í útungunarstöð í Mosfellsbæ. Þaðan eru hænurnar sem skríða úr eggjunum sendar til eggjabúa víðsvegar um landið. Þær eru með öðrum orðum 2. kynslóðar hænur – og þegar þær hafa náð nægum þroska hefst hin eiginlega eggjaframleiðsla. Líftími hænanna er alla jafna um eitt og hálf ár þegar allt er talið, en stofninum á hverju búi er viðhaldið jafnóðum með nýjum ungum frá Mosfellsbæ. Auk norskættuðu Lohmanneggjanna kemur hlutfallslega óverulegt magn af eggjum frá íslenskum landnámshænum.

Á eggja- og kjúklingabúum fellur losun vegna dýrahalds og eldsneytisnotkunar undir losunarsvið 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa bóndans á eggja- og kjúklingabúi sem

<sup>85</sup> Hagstofa Íslands, 2023b.

<sup>86</sup> Hagstofa Íslands, 2023c.

<sup>87</sup> Matvælaráðuneytið 2023.

nýttist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna meðhöndlunar úrgangs, vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti, undirburði og fódri) og í tilfelli kjúklinga einnig losun vegna flutninga í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar.

## 8.2 Kolefnisspor kjúklingaræktar

Samkvæmt tölum Hagstofu Íslands komu samtals 5.749.100 holdakjúklingar úr 7.267.143 eggjum árið 2021,<sup>88</sup> sem jafngildir klakhlutfalli upp á 79,1%. Sem fyrr segir voru framleidd 9.500 tonn af kjöti árið 2021.

### 8.2.1 Aðföng

Helstu aðföng í kjúklingarækt eru eldsneyti, fódur og undirburður. Ennfremur má segja að hver holdakjúklingur sem fluttur er til eldis á kjúklingabúi komi með „bakpoka“ með sér, ef nota má þá líkingu fyrir þá losun gróðurhúsalofttegunda sem hefur átt sér stað áður en fuglinn kemur dagsgamall í eldishús. Þetta er losun vegna innflutnings og flutninga stofneggja að útungunarstöðvum, vegna útungunar stofneggja, eldis stofnfugla og losunar í varphúsum.

#### 8.2.1.1 Bakpokinn

Árlega eru flutt inn rúmlega 210.000 egg til landsins frá Klippan í Svíþjóð í 8 ferðum. Hins vegar er misjafnt eftir árum hver heildarfjöldi holdakjúklinga verður eftir því hversu mikil vanhöld verða á viðkomandi ári. Hér er miðað við að fjöldi stofnfugla hafi verið 72.600 árið 2021. Innfluttu eggin vega samtals um 13.839 kg (65 g hvert egg) auk þess sem flutningsumbúðirnar vega samtals um 1.277 kg (6 g á hvert egg). Ef gert er ráð fyrir að eggin séu flutt með sendibíl frá Klippan að flugvelli í Ängelholm (29 km), þaðan með flugi til Keflavíkur með millilendingu í Arlanda og frá Keflavík aftur með sendibíl að útungunarstöðvum annars vegar á Hvanneyri (126 km) og hins vegar í Þorlákshöfn (84 km) er heildarlosun vegna þessara flutninga 49,0 tonn koldíoxíðsígilda á ári. Hér er miðað við að sendibílnir eyði 6,75 l á hverja 100 km og að losun vegna notkunar dísilolíu sé 3,4023 kg koldíoxíðsígilda á hvern lítra.<sup>89</sup> Þá er losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT) meðtalin. Losun vegna flutninga með flugi er metin í reiknivél Alþjóðaflugmálastofnunarinnar (ICAO).<sup>90</sup>

Útungun stofneggja og eldi stofnfugla veldur ýmiss konar losun. Egg klekjast að jafnaði út á um 20 dögum. Stofnungar eru kyngreindir strax eftir klak og er það verk í höndum tveggja sérþjálfara kyngreina sem koma fjórum sinnum á ári frá nágrannabæ Stavanger í Noregi í hvora útungunarstöð (þ.e. eina ferð fyrir hvert klak). Ef gert er ráð fyrir að kyngreinarnir aki fyrst til Stavanger (32 km aðra leið), taki þaðan flug til Keflavíkur með millilendingu í Osló og taki loks bílaleigubíl á Hvanneyri og til Þorlákshafnar (4 sinnum á hvorn áfangastað) er heildarlosun vegna ferðanna 7,1 tonn. Hér er miðað við að kyngreinarnir ferðist um á bensínbílum sem eyði 7 lítrum á hverja 100 km og að losun vegna notkunar bensíns sé 2,9020.<sup>91</sup> Þá er losun vegna WTT meðtalin. Losun vegna flugsins er metin með reiknivél ICAO.<sup>92</sup>

Í útungunar-, stofnfuglaeldis- og varphúsum á sér stað losun vegna rafmagnsnotkunar, og vegna notkunar fódurs, undirburðar og dísilolíu. Losun vegna rafmagnsframleiðslu er samtals 8,1 tonn ef miðað er við að 788.240 kWh sé notaðar samtals svið útungun, eldi stofnfugla og í varphúsum<sup>93</sup> og notaður losunarstuðull Umhverfisstofnunar fyrir raforkuframleiðslu 2021.<sup>94</sup> Gera má ráð fyrir að

---

<sup>88</sup> Hagstofan, 2023c.

<sup>89</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>90</sup> ICAO, 2023.

<sup>91</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>92</sup> ICAO, 2023.

<sup>93</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>94</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

samtals séu notuð 2.633 tonn af fóðri á þessum stigum kjúklingaframleiðslunnar.<sup>95</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga fóðursins er 1.509,5 tonn. Þá er miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,5 kg á hvert kg af fóðri en sá stuðull er fenginn annars vegar út frá upplýsingum um dæmigerða samsetningu fóðurs og hins vegar kolefnisspori einstakra innihaldsefna (m.a. maís, sojabaunir og hveiti) skv. samantekt Clune og félaga frá 2016.<sup>96</sup> Þar við bætist losun vegna innflutnings hráefnanna, þar sem miðað við 2.188 km siglingu og losunarstuðullinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>97</sup> og 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>98</sup> Gera má ráð fyrir að 68 tonn af undirburði séu notuð á þessum stigum kjúklingaframleiðslunnar.<sup>99</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga á undirburði er þá samtals um 7,6 tonn. Þá er gert ráð fyrir að timburkurl sé notað til undirburðar og að það sé flutt með skipi um 2.188 km siglingarleið og með vöruflutningabíl um 200 km. Útreikningar á losun vegna framleiðslunnar voru byggðir á breskum losunarstuðlum (u.þ.b. 38,543 kg/t af kurl)<sup>100</sup> og sömu stuðlar notaðir fyrir flutninga eins og gert var fyrir fóðrið. Dísilolía er notuð á vinnuvélar og sem varaafli fyrir hitaveitu. Notkun dísilolíu sem varaafli fyrir hitaveitu er mjög breytileg frá einum stað til annars og frá ári til árs. Ef gert er ráð fyrir að notkun dísilolíu nemi um 29.846 lítrum<sup>101</sup> nemur losunin 109,4 tonnum. Þá er miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu til þessarar notkunar losni um 3,6659 kg að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).<sup>102</sup>

Sem fyrr segir hefur dýrahald í för með sér losun glaðlofts og metans. Losunarstuðull fyrir hænsnfugla er samtals 1,3874 kg koldíoxíðsigilda á hvern fugl á ári. Annars vegar er um að ræða eldi stofnfugla í 20 vikur í eldishúsum (veginn ársfjöldi er  $72.600 \times 140/365 = 27.847$  fuglar) og er losun vegna þeirra því 38,6 tonn. Hins vegar er um að ræða losun vegna sömu fugla sem aldir eru í varphúsum í heilt ár. Losun í varphúsum er því um  $72.600 \times 1,387 = 100,7$  tonn. Heildarlosun vegna dýrahalds á þessum stigum framleiðslunnar er því 139,4 tonn koldíoxíðsigilda.

Nokkur úrgangur fellur til á þessu stigi, þ.e.a.s. við eldi foreldrakynslóðarinnar. Í fyrsta lagi er flestum hönum sem koma úr stofneggjum fargað strax. Þó er haldið eftir hæfilegum fjölda til að frjóvga egg fyrir ræktun á næstu kynslóð. Úrgangur frá útungunarstöðvunum er einkum egg, eggjaskurn og dauðir ungar. Úrgangur frá uppeldishúsum er fyrst og fremst hæsnaskítur með lítills háttar undirburði. Nær allur skítur sem fellur til er þó nýttur sem áburður, ýmist á tún, eða í skógrækt og landgræðslu. Annar úrgangur sem fellur til á uppeldisbúunum er aðallega dauðir fuglar. Eftir um 20 vikna dvöl í uppeldishúsum eru stofnfuglarnir sem fyrr segir sendir í varphús. Hæsnaskítur er yfirgnæfandi hluti þess úrgangs sem til fellur í varphúsum og er hann nánast allur nýttur til áburðar á sama hátt og skítur frá uppeldishúsum. Annar úrgangur sem fellur til í varphúsum er aðallega dauðir fuglar. Hér er gert ráð fyrir að á þessum stigum framleiðslunnar falli samtals til um 363 tonn af úrgangi sem ekki er nýttur beint sem áburður. Ef gert er ráð fyrir að um helmingur þessa úrgangs fari til vinnslu í Orkugerðinni og að helmingur fari til urðunar má gera ráð fyrir að losun vegna úrgangsmeðhöndlunar sé um 256,2 tonn, miðað við að meðalvegalengd að urðunarstað sé um 25 km.

Eins og ráða má af umfjölluninni hér að framan kallar kjúklingaræktin á töluverða flutninga frá því að innfluttu stofneggjum hefur verið ungað út og þar til hin „endanlega“ holdakjúklingakynslóð er komin út á kjúklingabúin. Allir þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á sendibílanum sem annast flutningana. Sem fyrr segir fer útungun innfluttra stofneggja fram á tveimur stöðum: Hvanneyri og Þorlákshöfn. Frá Hvanneyri eru ungar fluttir í 4 eldishús, tvisvar á ári í hvert: Hvanneyri (0 km), Múlakot (14 km), Svartagil (38 km) og Þrándarlund (161 km). Frá Þorlákshöfn eru

---

<sup>95</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>96</sup> Stephen Clune o.fl. 2016.

<sup>97</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>98</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>99</sup> Sama heimild.

<sup>100</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>101</sup> Sama heimild.

<sup>102</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

fuglar fluttir 4 sinnum á ári til Stokkseyrar/Þórustaða (41 km). Frá eldihúsunum eru 20 vikna gamlir fuglar síðan fluttir tvisvar á ári frá Hvanneyri og Múlakoti í varphús að Reykjum (70 og 79 km) og tvisvar á ári frá Svartagili og Þrándarlundi í varphús Reykjagarðs að Ásmundarstöðum (178 og 34 km). Varphús er að Þórustöðum og því þarf ekki að flytja fugla sem eru í eldi á Stokkseyri/Þórustöðum. Frá varphúsunum þremur (Reykjum, Ásmundarstöðum og Þórustöðum) eru egg send í útungun. Á Reykjum er útungun á staðnum en frá Ásmundarstöðum eru eggin flutt vikulega á Hellu (15 km) og frá Þórustöðum vikulega á Melavelli (70 km). Efir útungun eru dagsgamlir holdakjúklingar síðan fluttir á kjúklingabú um allt land eins og fyrr segir. Ef gert er ráð fyrir að farnar séu um 450 slíkar ferðir á ári og að meðalvegalengdin aðra leið sé um 50 km er heildarvegalengdin sem aka þarf með egg og fugla á að giska 56.464 km (1.180+1.444+8.840+45.000) á ári þegar búið er að gera ráð fyrir akstri tómmra bíla til baka. Ef miðað er við að sendibílarnir eyði um 6,75 lítrum af dísilolíu á hverja 100 km og að losunin sé 3,4023 kg koldíoxíðsígildi á hvern lítra (með WTT) þá er heildarlosunin 13,0 tonn ári.

Tafla 19 felur í sér samantekt á þeirri losun sem tilheyrir „bakpokanum“ skv. upplýsingunum hér að framan.

Tafla 19. Bakpoki – kjúklingaframleiðsla.

	Losun [tonn]
Innflutningur stofneggja	49,0
Kyngreining stofnunga	7,1
Rafmagnsnotkun	8,1
Fóður (framleiðsla og flutningar)	1.509,5
Undirburður (framleiðsla og flutningar)	7,6
Dísilolía (framleiðsla og flutningar)	109,4
Losun vegna dýrahalds	139,4
Förgun úrgangs	256,2
Flutningar stofnfugla og varpfugla	13,0
Samtals	2.099,3

Sem fyrr segir komu samtals 5.749.100 holdakjúklingar úr 7.267.143 eggjum árið 2021. Bakpokinn skiptist því niður á þennan fjölda holdakjúklinga og reiknast vera 0,3651 kg CO<sub>2</sub>íg fyrir hvern kjúkling sem framleiddur er.

### 8.2.1.2 Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga

Árið 2021 var fóðurnotkun á kjúklingabúum um 17.866 tonn, auk þess sem undirburður var um 332 tonn.<sup>103</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga fóðursins var 10.242,3 tonn. Þá er miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,5 kg á hvert kg af fóðri en sá stuðull er fenginn út frá upplýsingum um dæmigerða samsetningu fóðurs og hins vegar kolefnisspori einstakra innihaldsefna (m.a. maís, sojabaunir og hveiti) skv. samantekt Clune og félaga frá 2016.<sup>104</sup> Þar við bætist losun vegna innflutnings hráefnanna, þar sem miðað við 2.188 km siglingu og losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>105</sup> og 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðulinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>106</sup>

Losun vegna framleiðslu og flutninga á undirburði var samtals um 38,1 tonn. Þar er gert ráð fyrir að 332 tonn af timburkurli séu notað til undirburðar og að þau sé flutt með skipi um 2.188 km siglingarleið og með vöruflutningabíl um 200 km (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að

<sup>103</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>104</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

<sup>105</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>106</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

áfangastað hérlandis). Útreikningar á losun vegna framleiðslunnar voru byggðir á breskum losunarstuðlum (u.þ.b. 38,543 kg/t af kurli) og sömu stuðlar notaðir fyrir flutninga eins og gert var fyrir fóðrið).

Dísilolía er sem fyrr segir notuð á vinnuvélar og sem varaafli fyrir hitaveitu. Losun vegna brennslu dísilolíu fellur undir losunarsvið 1, en losun vegna framleiðslu og flutninga dísilolíunnar (WTT) fellur undir losunarsvið 3. Ef gert er ráð fyrir að notkun dísilolíu hafi numið um 169.126 lítrum árið 2021 var losun vegna framleiðslu og flutnings hennar (WTT) 107,0 tonn, miðað við breskan losunarstuðul fyrir WTT (0,63235 kg/l).<sup>107</sup>

Tafla 20 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga á kjúklingabúum árið 2021.

Tafla 20. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]
Fóður	10.242,3
Undirburður	38,1
Dísilolía, WTT	107,0
Samtals	10.387,4

### 8.2.2 Orkunotkun

Raforkunotkun á kjúklingabúum fellur undir losunarsvið 2. Gert er ráð fyrir að rafmagnsnotkun kjúklingabúa á landsvísu hafi verið um 1.908.555 kWh árið 2021.<sup>108</sup> Losun vegna raforkuframleiðslu 2021 var 10,3 g á hverja kWh<sup>109</sup> og því má áætla að heildarlosun vegna raforkunotkunarinnar hafi samsvarað um 19,7 tonnum.

Tafla 21. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	1.908.555	19,7

### 8.2.3 Losun í eigin starfsemi

Losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) á sér stað vegna búfjárhalds og notkunar aðfanga.

#### 8.2.3.1 Losun vegna búfjárhalds

Metan myndast í meltingarvegi húsdýra og sleppur þaðan út í andrúmsloftið. Magnið er eðlilega mjög mismunandi eftir stærð dýranna og eins skiptir líffærafræðin verulegu máli. Þannig myndast alla jafna mun meira metan í meltingarvegi jórturdýra en annarra dýra. Metanmyndun í meltingarvegi hænsna er óveruleg, eða u.þ.b. 0,02 kg af metani í hverjum fugli á ári. Búfjáraður (skítur og hland) inniheldur talsvert magn af lífrænum efnum og köfnunarefnissamböndum og við geymslu búfjáraður getur myndast bæði metan og glaðloft. Búfjáraður sem myndast í kjúklingaeldi er geymdur í þurrgeymslum. Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi og vegna meðhöndlunar búfjáraður má lesa beint úr Landsskýrslu Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda sem Umhverfisstofnun gefur út árlega.<sup>110</sup> Stuðul fyrir hænsnfugla er að finna þar í töflu 5.23 (0,02 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár). Losunarstuðull fyrir metanmyndun vegna geymslu búfjáraður er að finna í töflu 5.32 í landsskýrslunni (0,02 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár fyrir holdakjúklinga). Samkvæmt CRF-töflum landsbókhaldsins er losun glaðlofts vegna búfjáraður áætluð um 0,001 kg N<sub>2</sub>O/haus/ár. Losunarstuðull vegna

<sup>107</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>108</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>109</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>110</sup> Sjá: <https://ust.is/loft/losun-grodurhusalofteggunda/skyrslur-og-itarefni/>

dýrahalds er því samtals 1,387  $((0,02+0,02)\times 28 + 0,001\times 265)$  kg koldíoxíðsígilda á hvern fugl á ári.<sup>111</sup> Veginn ársfjöldi holdakjúklinga 2021 var 504.031  $(5.749.100\times 32/365)$ , miðað við að meðallíftími séu 32 dagar. Heildarlosun vegna dýrahalds var samkvæmt því 699,3 tonn koldíoxíðsígilda árið 2021. Tafla 22 sýnir heildarfjölda holdakjúklinga Íslandi árið 2021 og losun vegna dýrahalds.

Tafla 22. Fjöldi holdakjúklinga og losun frá þeim.

	Veginn fjöldi	Losun [tonn]
Dýrahald	504.031	699,3

### 8.2.3.2 Losun vegna notkunar aðfanga

Sem fyrr segir var fóðurnotkun á kjúklingabúum um 17.866 tonn árið 2021, auk þess sem undirburður var um 332 tonn. Engin losun verður á búunum vegna notkunar þessara aðfanga, heldur aðeins vegna framleiðslu þeirra og flutninga. Öðru máli gegnir um eldsneytið, en talsverð losun gróðurhúsalofttegunda á sér stað þegar því er brennt. Í kjúklingaeldi er eldsneyti, einkum dísilolíu, notað á vinnuvélar og sem varafl fyrir hitaveitu. Notkun dísilolíu sem varafl fyrir hitaveitu er mjög breytileg frá einum stað til annars og frá ári til árs og ekki eru til nákvæmar tölur um hana. Sé gert ráð fyrir að samtals hafi verið notaðir 169.126 lítrar af dísilolíu í greininni árið 2021 hefur losun vegna brennslu eldsneytis verið 513,0 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda, miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu losni 3,0334 kg koldíoxíðsígilda.<sup>112</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga eldsneytis tilheyrir losunarsviði 3 (sjá kafla 8.2.1.2).

Tafla 23. Losun vegna brennslu eldsneytis.

	Magn [lítrar]	Losun [tonn]
Brennsla eldsneytis	169.126	513,0

### 8.2.4 Frálag

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna meðhöndlunar úrgangs og vegna flutninga í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og þökkunar og flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3, frálagsmegin.

#### 8.2.4.1 Losun vegna meðhöndlunar úrgangs

Úrgangur frá kjúklingabúum er fyrst og fremst hænsnaskítur með lítils háttar undirburði. Nær allur skítur sem fellur til er nýttur sem áburður, ýmist á tún eða í skógrækt og landgræðslu. Annar úrgangur sem fellur til á kjúklingabúunum er aðallega dauðir fuglar. Hér er gert ráð fyrir að á þessum stikum framleiðslunnar falli samtals til um 123 tonn úrgangi sem ekki er nýttur beint sem áburður. Ef gert er ráð fyrir að um helmingur þessa úrgangs fari til vinnslu í Orkugerðinni og að helmingur fari til urðunar má gera ráð fyrir að losun hafi verið um 86,6 tonn. Þá er miðað við að losun vegna urðunar sé 1,4039 kg/kg,<sup>113</sup> að meðalvegalengd að urðunarstað sé um 25 km og að losunarstuðullinn fyrir landflutninga sé 0,15017 kg/t-km.<sup>114</sup>

<sup>111</sup> Tölurnar 28 og 265 standa fyrir hlýnunararmátt (Global Warming Potential (GWP)) annars vegar metans og hins vegar glaðlofts.

<sup>112</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>113</sup> Sama heimild.

<sup>114</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

Tafla 24. Losun vegna meðhöndlunar og flutninga úrgangs frá kjúklingabúum.

	Losun [tonn]
Meðhöndlun og flutningar úrgangs	86,6

#### 8.2.4.2 Losun vegna slátrunar, pökkunar og flutninga að dreifingarstöð

Eins og fram hefur komið komu samtals 5.749.100 holdakjúklingar úr 7.267.143 eggjum árið 2021. Ef gert er ráð fyrir 2% afföllum má gera ráð fyrir að 5.634.118 holdakjúklingar hafi verið sendir frá kjúklingabúum til slátrunar, samtals 12.025.000 kg á fæti, miðað við að sláturþyngd fuglanna sé 2,1344 kg að meðaltali.<sup>115</sup> Um 200.000 kg af kjöti af holdahænum voru framleidd árið 2021. Samkvæmt viðmiðum Matvælastofnunar þarf að margfalda sláturvigt alifugla með sláturskrokk yfir 1,76 kg með 1,35 til að fá lifandi þunga.<sup>116</sup> Því má gera ráð fyrir að lifandi vigt holdahænanna sem sendar voru til slátrunar hafi verið samtals 270.000 kg.

Þrjú kjúklingaslátruhús eru rekin á landinu, þar af tvö í Mosfellsbæ og eitt á Hellu. Kjúklingar (og holdahænur) eru flutt til slátrunar í sérútbúnum vöruflutningabílum með tengivagna. Hér er gert ráð fyrir að hvert slátruhús um sig taki við einum slíkum bílfarmi á hverjum virkum degi árið um kring. Sé reiknað með 250 virkum dögum eru þá farnar 750 slíkar ferðir á ári. Sé meðalflutningsvegalengdin 50 km samsvarar þetta 37.500 km akstri á ári aðra leiðina, eða 75.000 km fram og til baka. Upphafsstaðurinn er breytilegur en endamarkið alltaf það sama, þ.e. eitt slátruhúsanna þriggja. Að því gefnu að flutningabíllinn eyði 25 lítrum af dísilolíu á hverja 100 km verður heildareyðslan 18.750 lítrar og losunin 63,8 tonn miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu losni um 3,4023 kg að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).<sup>117</sup>

Gera má er ráð fyrir að raforkunotkun í slátruhúsunum hafi verið um 4.326.866 kWh árið 2021.<sup>118</sup> Því má ætla að losun vegna raforkunotkunar hafi samsvarað um 44,6 tonnum miðað við að 10,3 g losni við framleiðslu á hverri kWh (sjá framar). Þá er miðað við að losun sé 10,3 g á hverja kWh, en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs.

Í mjög grófum dráttum má áætla að magn úrgangs frá kjúklingaslátruhúsunum samsvari mismuninum á þyngd lifandi fugla sem koma inn í húsið og afurða sem fara þaðan út. Samkvæmt þessu má áætla að heildarmagn úrgangs frá húsunum 2021 hafi verið nálægt 2.795 tonnum (12.295-9.500=2.795). Hér er gert ráð fyrir að um þriðjungur þessa magns (hausar og innfyli, 932 tonn) geti nýst til framleiðslu á minkafóðri. Þá er gert ráð fyrir að helmingur þess sem eftir stendur (lappir, blóð og fiður, 932 tonn) fari í vinnslu hjá Orkugerðinni en hinn helmingurinn (932 tonn) sendur til urðunar. Hér er miðað við að sá hluti sem fari til Orkugerðarinnar og í minkafóðurvinnslu sé sóttur af viðkomandi aðilum og skrifast því losun á þá aðila. Fyrir úrgang til urðunar er reiknað með 50 km flutningsvegalengd að meðaltali. Losun vegna urðunar er þá 1.308,2 tonn koldíoxíðsigilda (miðað við 1,4039 tonn á hvert urðað tonn<sup>119</sup>) og losun vegna flutninganna 7,0 tonn miðað við að losun flutningabíllanna sé 0,15017 kg á hvern t-km (losun vegna WTT er þá innifalin).<sup>120</sup> Þess má geta að gert er ráð fyrir að svo til allur úrgangur fari til vinnslu hjá Orkugerðinni á næstu mánuðum. Með þeirri breytingu myndi kolefnissporið lækka nokkuð frá því sem hér er reiknað.

Notkun umbúða samsvarar um 250 tonnum á ári.<sup>121</sup> Gera má ráð fyrir að þetta sé að langmestu leyti plast, þ.e. annars vegar plastfilma og hins vegar bakkar úr frauðplasti eða hörðu plasti. Losunarstuðull

<sup>115</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>116</sup> Matvælastofnun, 2020.

<sup>117</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>118</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>119</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>120</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>121</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

fyrir plastumbúðir (3,1163 kg CO<sub>2</sub>/g/kg) er fenginn úr opinberu bresku safni losunarstuðla.<sup>122</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga umbúðanna var 797,4 tonn árið 2021 miðað við framangreindar forsendur varðandi framleiðslu, 2.188 km siglingu og losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>123</sup> og 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðulinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>124</sup>

Ef gert er ráð fyrir að pakkaðar afurðir séu fluttar frá hverju sláturhúsi að dreifingarstöð í Reykjavík vikulega verður samsvarandi akstur 6.240 km ( $52 \cdot (100 + 10 + 10)$ ) á ári aðra leiðina, eða 12.480 km fram og til baka. Að því gefnu að flutningabíllinn eyði 25 lítrum af dísilolíu á hverja 100 km verður heildareyðslan 3.120 lítrar og losunin 10,6 tonn miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu losni um 3,4023 kg að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).

Tafla 25 gefur yfirlit yfir losun frá starfsemi kjúklingasláturhúsanna og losun vegna flutninga í dreifingarstöð.

Tafla 25. Losun vegna slátrunar, meðhöndlunar úrgangs, pökkunar og flutninga í dreifingarstöð.

	Losun [tonn]
Flutningar kjúklinga í sláturhús	63,8
Rafmagn	44,6
Flutningur og meðhöndlun úrgangs	1.315,2
Umbúðir	797,4
Flutningar að dreifingarstöð	10,6
Samtals	2.231,6

### 8.2.5 Losun gróðurhúsalofttegunda í kjúklingarækt - samantekt

Tafla 26 sýnir losun í kjúklingarækt árið 2021 miðað við framangreindar forsendur. Eins og sjá má var losun vegna framleiðslu og flutninga fódurs langstærsti losunarpátturinn, en aðrir stærstu þættir eru meðhöndlun úrgangs frá sláturhúsum, og fóður og annað sem nýtt er við eldi foreldrakynslóðar („bakpokinn“). Losun frá vöggu að hliði var samtals 13.805,2 tonn koldíoxíðsigilda. Heildarlosun frá vöggu að dreifingarstöð var samtals 16.036,8 tonn, sem samsvarar 1,69 kg á hvert kg kjúklingakjöts sem sett er á markað (16.036,8/9.500). Inni í framleiðslutölu eru bein og annað sem ekki nýtist til manneldis. Sé reiknað með að um 70% heildarframleiðslunnar séu „ætir bitar“ verður kolefnissporið  $16.036,8 / (9.500 \cdot 0,7) = 2,41$  kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af kjúklingakjöti.

<sup>122</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>123</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

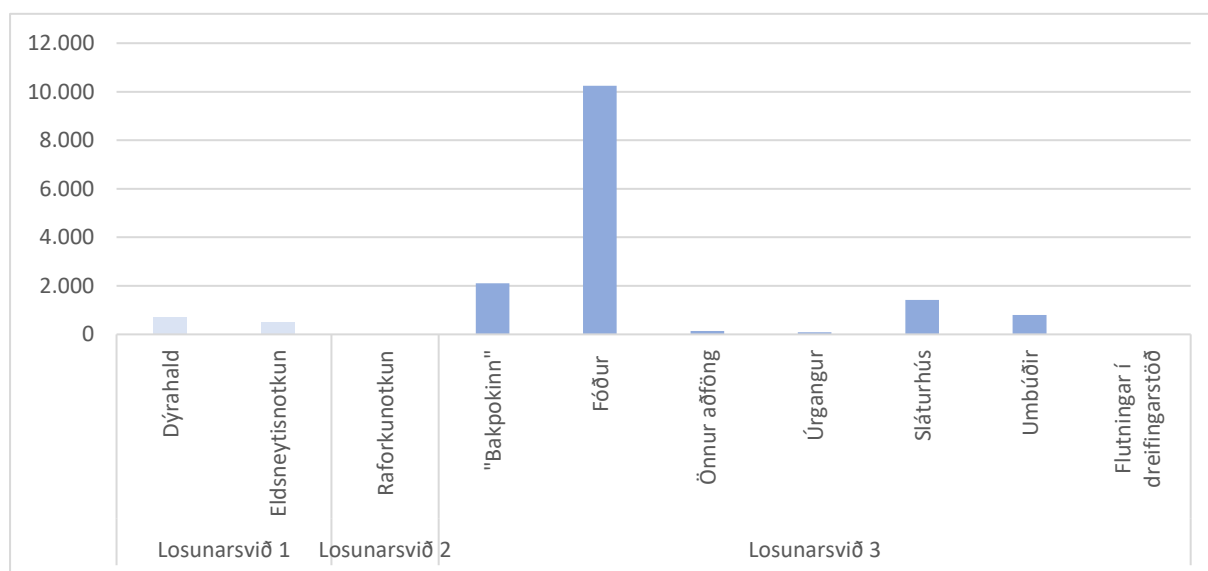
<sup>124</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).



Tafla 26. Losun gróðurhúsalofttegunda í kjúklingarækt (samantekt).

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Dýrahald	699,3
Jarðeldsneytisnotkun	513,0
Raforkunotkun	19,7
„Bakpokinn“	2099,3
Fóður (framleiðsla og flutningar)	10.242,3
Önnur aðföng (framleiðsla og flutningar)	145,1
Úrgangur	86,6
Sláturhús	1423,6
Umbúðir	797,4
Flutningar í dreifingarstöð	10,6
<b>Samtals</b>	<b>16.036,8</b>

Mynd 6 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 6. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í kjúklingarækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsígilda).

### 8.3 Kolefnisspor eggja

Samkvæmt tölum Hagstofu Íslands voru framleidd 4.200 tonn af eggjum á Íslandi árið 2021.<sup>125</sup> Sem fyrr segir eiga nánast öll egg sem framleidd eru á Íslandi uppruna sinn í erfðaefni af Lohmannstofni. Stofnegg eru flutt inn frá Noregi alla jafna tvisvar á ári. Eggjunum er ungað út í einangrunarstöð Stofnunga ehf. að Mófellsstöðum í Skorradal og ungarnir aldir þar fyrstu vikurnar. Um það leyti sem hænurnar (1. kynslóðar hænur) í hópnum hafa náð þroska til að hefja varp eru þær fluttar í tvö varphús, annað á Suðurnesjum og hitt á Kjalarnesi. Eggjum frá þessum hænum er síðan ungað út í útungunarstöð í Mosfellsbæ. Þaðan eru dagsgamlar hænur (2. kynslóðar hænur) sendar til eggjabúa víðsvegar um landið og þegar þær hafa náð nægum þroska hefst hin eiginlega eggjaframleiðsla. Líftími hænanna er alla jafna rúmlega eitt og hálf ár þegar allt er talið, en stofninum á hverju búi er viðhaldið

<sup>125</sup> Hagstofa Íslands, 2023c.

jafnóðum með nýjum ungum frá Mosfellsbæ. Auk norskættuðu Lohmanneggjanna kemur hlutfallslega óverulegt magn af eggjum frá íslenskum landnámshænum.

### 8.3.1 Aðföng

Helstu aðföng í eggjaframleiðslu eru eldsneyti, fóður og undirburður. Ennfremur má segja að hver varphæna á eggjabúi komi með „bakpoka“ með sér, ef nota má þá líkingu fyrir þá losun gróðurhúsalofttegunda sem hefur átt sér stað áður en fuglinn kemur í eggjabúið. Þetta er losun vegna innflutnings og flutninga stofneggja að útungunarstöðvum, vegna útungunar stofneggja, eldis 1. kynslóðar fugla, losunar í varphúsum, flutninga í útungunarhús, útungunar 2. kynslóðar varphæna og loks vegna flutnings þeirra í eggjabúin.

#### 8.3.1.1 Bakpokinn

Árlega eru flutt inn rúmlega 15.000 egg til landsins frá Bryne í Noregi í tveimur ferðum.<sup>126</sup> Það er hins vegar misjafnt eftir árum hver heildarfjöldi varphæna og heildarmagn framleiddra eggja verður og fer það eftir hversu mikil vanhöld verða á viðkomandi ári. Þessi 15.000 egg vega samtals um 900 kg (60 g hvert egg) auk þess sem flutningsumbúðirnar vega samtals um 112,5 kg (7,5 g á hvert egg). Því vega eggin og umbúðirnar samtals um 1.013 kg. Ef gert er ráð fyrir að eggin séu flutt með sendibíl frá Bryne að flugvællinum í Stavanger (32 km), þaðan með flugi til Keflavíkur með millilendingu í Osló og loks frá Keflavík með sendibíl að útungunarstöð að Mófellsstöðum (130 km) er heildarlosun vegna þessara flutninga 2,7 tonn koldíoxíðsigilda á ári. Hér er þá miðað við að eggin séu flutt með sendibílum sem eyða 6,75 l á hverja 100 km og að losun vegna notkunar dísilolíu sé 3,4023 kg koldíoxíðsigildi á hvern lítra. Þá er losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT) meðtalin. Losun vegna flutninga með flugi er metin með reiknivél Alþjóðaflugmálastofnunarinnar (ICAO).<sup>127</sup>

Útungun stofneggja og eldi stofnfugla veldur ýmiss konar losun. Egg klekjast að jafnaði út á um 20 dögum. Stofnungar eru kyngreindir strax eftir klak og er það verk í höndum sérþjáfaðs kyngreinis sem kemur tvisvar á ári frá nágrannabæ Stavanger í Noregi (þ.e. eina ferð fyrir hvort klak). Ef gert er ráð fyrir að hann aki fyrst til Stavanger (32 km aðra leið), taki þaðan flug til Keflavíkur með millilendingu í Osló og taki loks bílaleigubíl að Mófellsstöðum (2 ferðir) er heildarlosun vegna ferðanna um 1,0 tonn. Hér er miðað við að kyngreinarnir ferðist um á bensínbílum sem eyði 7 lítrum á hverja 100 km og að losun vegna notkunar bensíns sé 2,9020.<sup>128</sup> Þá er losun vegna WTT meðtalin. Losun vegna flugsins er metin með reiknivél ICAO.<sup>129</sup>

Í útungunar-, stofnfuglaeldis- og varphúsunum á sér stað losun vegna rafmagnsnotkunar og notkunar fóðurs, undirburðar og dísilolíu. Losun vegna rafmagnsframleiðslu er samtals 0,7 tonn ef miðað er við að 70.132 kWh<sup>130</sup> séu notaðar við útungun, eldi stofnfugla, í varphúsum og við útungun 2. kynslóðar varphæna og notaðar losunarstuðull Umhverfisstofnunar vegna raforkuframleiðslu 2021 (10,3 g/kWh). Gera má ráð fyrir að samtals sé notað 301 tonn af fóðri á þessum stigum framleiðslunnar.<sup>131</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga fóðursins er 170,3 tonn, miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,50 kg á hvert kg af fóðri en sá stuðull er fenginn út frá upplýsingum um dæmigerða samsetningu fóðurs og hins vegar kolefnisspori einstakra innihaldsefna (m.a. maís, sojabaunir og hveiti) skv. samantekt Clune og félaga frá 2016.<sup>132</sup> Þar við bætist losun vegna innflutnings hráefnanna, þar sem miðað er við losunarstuðulinn 0,035 kg/kg miðað við 2.188 km siglingu og 0,007 kg/kg miðað við 50 km akstur. Gera má ráð fyrir að 1,5 tonn af undirburði séu notuð á þessum stigum

---

<sup>126</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>127</sup> ICAO, 2023.

<sup>128</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>129</sup> ICAO, 2023.

<sup>130</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>131</sup> Sama heimild.

<sup>132</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

framleiðslunnar.<sup>133</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga á undirburði er samtals um 0,2 tonn, miðað við að timburkurl sé notað til undirburðar og að það sé flutt með skipi um 2.188 km siglingarleið og með vöruflutningabíl um 50 km. Útreikningar á losun vegna framleiðslunnar voru byggðir á breskum losunarstuðlum (u.þ.b. 38,543 kg/t af kurli) og sömu stuðlar notaðir fyrir flutningana eins og gert var fyrir fóðrið. Dísilolía er notuð á vinnuvélar og sem varaafli fyrir hitaveitu. Notkun dísilolíu sem varaafli fyrir hitaveitu er mjög breytileg frá einum stað til annars og frá ári til árs. Ef gert er ráð fyrir að notkun dísilolíu á þessum stigum framleiðslunnar nemi um 366 lítrum nemur losunin 1,3 tonnum. Þá er miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu til þessarar notkunar losni um 3,6659 kg að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).<sup>134</sup>

Fyrstu kynslóðar fuglar (5.500 hænur og 600 hanar) eru sendar í varphús eftir um 10-16 vikna dvöl á Mófellsstöðum. Þar hefja hænurnar varp eftir nokkra aðlögun, um 20 vikna gamlar. Eftir að varp hefst lifa varphænur í u.þ.b. eitt ár. Sem fyrr segir hefur dýrahald jafnan í för með sér losun glaðlofts og metans. Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi er að finna í töflu 5.23 í Landsskýrslu Íslands (0,02 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár). Losunarstuðul fyrir metanmyndun vegna geymslu búfjáraður er að finna í töflu 5.32 (0,615 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár fyrir varphænur en 0,02 fyrir aðra hænsnfugla). Þessar upplýsingar í skýrslunni virðast byggjast á þeirri forsendu að 50% af hæsnaskítum lendi í þurrgeymslum og 50% í votgeymslum. Í töflu 5.34 í sömu skýrslu kemur hins vegar fram að allur skítur lendi í þurrgeymslum og er það í samræmi við upplýsingar úr greininni.<sup>135</sup> Hér þykir því réttara að nota stuðulinn fyrir þurrgeymslur, sem er 0,03 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár, sbr. töflu 10.15 í leiðbeiningum IPCC.<sup>136</sup> Út frá CRF-töflum landsbókhaldsins má sjá að losun glaðlofts vegna búfjáraður er 0,001 kg N<sub>2</sub>O/haus/ár. Losunarstuðull fyrir varphænur er því samtals 1,6674 kg ((0,02+0,03)×28 + 0,001×265) koldíoxíðsigildi á hvern fugl á ári en 1,387 fyrir aðra hænsnfugla. Losun fuglanna 6.100 er því samkvæmt þessu 1,387 kg á haus í 20 vikur (140 daga) sem gerir samtals 3,2 tonn (6.100×140/365×1,387/1000). Losun 5.500 varphæna og 600 hana í eitt ár í varphúsi er hins vegar 10,0 tonn (5.500×1,667/1000+600×1,387/1000). Heildarlosun vegna dýrahalds á þessum stigum framleiðslunnar er því 13,2 tonn koldíoxíðsigilda.

Nokkur úrgangur fellur til á þessum stigum framleiðslunnar. Úrgangur frá útungunarstöðvunum er einkum egg, eggjaskurn og dauðir ungar, en flestum hönum sem koma úr stofneggjum er fargað strax eftir kyngreiningu. Þó er haldið eftir hæfilegum fjölda til að frjóvga egg fyrir ræktun á næstu kynslóð. Úrgangur frá uppeldishúsunum er fyrst og fremst hæsnaskítur með lítils háttar undirburði. Nær allur skítur sem fellur til er nýttur sem áburður, ýmist á tún, eða í skógrækt og landgræðslu. Losun vegna notkunar á hæsnaskít er talin fram þar sem skíturinn er nýttur. Annar úrgangur sem fellur til á uppeldisbúunum er aðallega dauðir fuglar. Eftir um 16 vikna dvöl í uppeldishúsunum eru stofnfuglarnir sendir í varphús. Hæsnaskítur er yfirgnæfandi hluti þess úrgangs sem til fellur þar, en hann er sem fyrr segir nánast allur nýttur. Annar úrgangur sem fellur til í varphúsunum er aðallega dauðir fuglar. Hér er gert ráð fyrir að á þessum stigum framleiðslunnar falli samtals til um 112 tonn af úrgangi sem ekki er nýttur beint sem áburður.<sup>137</sup> Gert er ráð fyrir að um helmingur þessa úrgangs fari til vinnslu í Orkugerðinni og að helmingur fari til urðunar. Gera má ráð fyrir að losun vegna flutninga og urðunar hafi verið um 78,8 tonn, miðað við losunarstuðulinn 1,4039 kg/kg fyrir urðun og 25 km meðalvegalengd að urðunarstað.

Eins og fram hefur komið eru fuglarnir fluttir frá útungunarstöð í eldishús (1. kynslóð) og þaðan í varphús. Eggín úr varphúsunum eru flutt í útungun og þaðan eru dagsgamlir ungar (2. kynslóð) sendir á eggjabúin sjálf. Þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á sendibílana sem annast flutningana. Útungun stofneggja fer fram á Mófellsstöðum og þaðan eru fuglar fluttir í tvö varphús, tvisvar á ári í hvort: Kjalarnes (55 km) og Vatnsleysuströnd (110 km). Þaðan eru egg send

<sup>133</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>134</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2023 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>135</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>136</sup> IPCC, 2006.

<sup>137</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

vikulega (50 sinnum á ári) til útungunar á Reykjabúinu í Mosfellsbæ (15 og 45 km). Dagsgömlum ungum er svo ekið að eggjabúum víðsvegar um landið (12 stór og allnokkur minni). Ef gert er ráð fyrir að farnar sé um 150 ferðir á ári með dagsamla 2. kynslóðar varphænur á bú víðsvegar um landið um 80 km að meðaltali í hverri ferð er heildarvegalengdin sem aka þarf með egg og fugla á að giska 30.660 km (660+6.000+24.000). Ef miðað er við að sendibílarnir eyði um 6,75 lítrum af dísilolíu á hverja 100 km og að losunin sé 3,4023 kg koldíoxíðsigildi á hvern lítra (með WTT) þá er heildarlosunin 7,0 tonn ári.

Tafla 27 hefur að geyma samantekt losun sem tilheyrir bakpokanum, þ.e.a.s. losun sem verður áður en 2. kynslóðar varphænur koma á eggjabúin.

Tafla 27. Bakpoki – eggjaframleiðsla.

	Losun [tonn]
Innflutningur stofneggja	2,7
Kyngreining stofnunga	1,0
Rafmagnsnotkun	0,7
Fóður (framleiðsla og flutningar)	170,3
Undirburður (framleiðsla og flutningar)	0,2
Dísilolía (framleiðsla og flutningar)	1,2
Losun vegna dýrahalds	13,2
Förgun úrgangs	78,8
Flutningar stofnfugla og varpfugla	7,0
Samtals	275,4

### 8.3.1.2 Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga

Miðað er við að um 2,2 kg af fóðri þurfi fyrir hvert framleitt kg af eggjum,<sup>138</sup> sem þýðir að 9.240 tonn af fóðri hafi þurft til að framleiða 4.200 kg af eggjum árið 2021. Losun vegna framleiðslu og flutninga þessa fóðurs er áætluð um 5.297,1 tonn. Þá er miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,5 kg á hvert kg af fóðri en sá stuðull er fenginn annars vegar út frá upplýsingum um dæmigerða samsetningu fóðurs og hins vegar út frá kolefnisspori einstakra innihaldsefna (m.a. maís, sojabaunir og hveiti) skv. samantekt Clune og félaga frá 2016.<sup>139</sup> Þar við bætist losun vegna innflutnings hráefnanna, þar sem miðað við 2.188 km siglingu og losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga.<sup>140</sup> Þá er miðað við 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað héraðs) og losunarstuðulinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>141</sup>

Undirburður er ekki notaður í verulegum mæli á eggjabúum, en það er þó misjafnt eftir fyrirkomulagi á búunum. Þannig er enginn undirburður notaður þar sem hænur eru hafðar í búrum og sömuleiðis óverulegur þar sem fuglarnir eru hafðir á pöllum. Í lausagönguhúsum er notkun undirburðar hins vegar meiri. Hér er gert ráð fyrir að notuð sé um 3 kg á hvert tonn af eggjum eða um 12,6 tonn alls.<sup>142</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga á undirburði er þá samtals um 1,4 tonn. Gert er ráð fyrir að timburkurl sé notað til undirburðar og að það sé flutt með skipi um 2.188 km siglingarleið og með vöruflutningabíl um 200 km (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað héraðs). Útreikningar á losun vegna framleiðslunnar voru byggðir á breskum losunarstuðlum (u.þ.b. 38,543 kg/t af kurl) og sömu stuðlar notaðir fyrir flutninga eins og gert var fyrir fóðrið).

<sup>138</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>139</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

<sup>140</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>141</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>142</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

Dísilolía er sem fyrr segir notuð á vinnuvélar og sem varaafli fyrir hitaveitu. Losun vegna brennslu dísilolíu fellur undir losunarsvið 1. Losun vegna framleiðslu og flutninga dísilolíunnar (WTT) fellur hins vegar undir losunarsvið 3 (aðfangamegin). Ef gert er ráð fyrir að notkun dísilolíu nemi um 12.600 lítrum<sup>143</sup> nemur losun vegna WTT 8,0 tonnum. Losunarstuðull fyrir WTT er fenginn úr bresku stuðlunum og er 0,6278 kg/l.

Tafla 28 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga eggjabúa árið 2021.

Tafla 28. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga til eggjabúa.

	Losun [tonn]
Fóður	5.297,1
Undirburður	1,4
Dísilolía, WTT	8,0
Samtals	5.306,5

### 8.3.2 Orkunotkun

Orkunotkun á eggjabúum fellur undir losunarsvið 2. Gert er ráð fyrir að rafmagnsnotkun á búunum sé um 0,24 kWh á hvert framleitt kg af eggjum<sup>144</sup> og því var rafmagnsnotkun á landsvísu um 1.008.000 kWh árið 2021. Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja kWh,<sup>145</sup> en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Því má áætla að losun vegna þessarar raforkunotkunar hafi samsvarað um 10,4 tonnum.

Tafla 29. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	1.008.000	10,4

### 8.3.3 Losun í eigin starfsemi

Losun í eigin starfsemi á sér stað vegna búfjárhalds og notkunar aðfanga.

#### 8.3.3.1 Losun vegna dýrahalds

Metan myndast í meltingarvegi húsdýra og sleppur þaðan út í andrúmsloftið. Sem fyrr segir er metanmyndun í meltingarvegi hænsna þó óveruleg. Við geymslu búfjáraburðar getur myndast bæði metan og glaðloft. Búfjáraburðurinn sem myndast í eggjabúum er geymdur í þurrgeymslum, en losun frá slíkum geymslum er minni en frá votgeymslum. Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi og vegna meðhöndlunar búfjáraburðar má lesa beint úr Landsskýrslu Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda sem Umhverfisstofnun gefur út árlega.<sup>146</sup> Losunarstuðul fyrir metanmyndun í meltingarvegi er að finna í töflu 5.23 og er 0,02 kg CH<sub>4</sub>/grip/ár. Losunarstuðul fyrir metanmyndun vegna geymslu búfjáraburðar er að finna í töflu 5.32 og er 0,615 kg CH<sub>4</sub>/grip/ár fyrir varphænur en 0,02 fyrir aðra fugla. Þessar upplýsingar í skýrslunni virðast byggjast á þeirri forsendu að 50% af hænsnaskítum lendi í þurrgeymslum og 50% í votgeymslum. Í töflu 5.34 í sömu skýrslu kemur hins vegar fram að allur skítur lendi í þurrgeymslum og er það í samræmi við upplýsingar úr greininni.<sup>147</sup> Hér þykir því réttara að nota stuðulinn fyrir þurrgeymslur, eða 0,03 kg CH<sub>4</sub>/haus/ár, sbr. töflu 10.15 í leiðbeiningum IPCC.<sup>148</sup> Út frá CRF-töflum landsbókhaldsins má sjá að losun glaðlofts vegna

<sup>143</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>144</sup> Sama heimild.

<sup>145</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>146</sup> Sjá: <https://ust.is/loft/losun-grodurhusalofttegunda/skyrslur-og-itarefni/>

<sup>147</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>148</sup> IPCC, 2006.

búfjáraþurðar er 0,001 kg N<sub>2</sub>O/haus/ár. Losunarstuðull fyrir varphænur er því samtals 1,6674 ((0,02+0,03)x28 + 0,001x265) kg koldíoxíðsígilda á hvern fugl á ári<sup>149</sup> en sem fyrr segir 1,3874 kg fyrir aðra fugla. Til að verpa 4.200 tonnum af eggjum þarf um 210.000 varphænur, miðað við að hver hæna gefi af sér um 20 kg af eggjum á einu ári. Samkvæmt tölum Hagstofunnar voru þó aðeins skráðar 187.565 varphænur í landinu árið 2021. Hér er gert ráð fyrir að tölur um eggjaframleiðslu séu áreiðanlegri en tölur um hænufjölda, þ.e. að ársframleiðsla 2. kynslóðar varphæna hafi verið 4.200 tonn og hænurnar að jafnaði verið 210.000 talsins. Sem fyrr segir eru hænuungar sendir út til eggjabúanna dagsgamlir. Frá þeim tíma líða u.þ.b. 20 vikur þar til hænurnar byrja að verpa. Til einföldunar er hér gert ráð fyrir að hænurnar verpi á fullum afköstum í 365 daga og sé fargað að þeim tíma liðnum. Af framansögðu leiðir að á hverjum tíma eru hænurnar á búunum talsvert fleiri en 210.000 talsins, þar sem sú tala á í raun aðeins við verpandi hænur. Hægt er að hugsa dæmið þannig að á tilteknu hænsnabúi séu 210.000 hænur sem allar eru nákvæmlega jafngamlar og hefja allar varp 1. janúar á tilteknu ári. Þessar hænur ættu að geta verpt 4.200 kg af eggjum til ársloka. Ef halda á sömu framleiðslu árið á eftir þarf að taka inn nýjan hóp með jafnmörgum hænum snemma í ágúst þegar 20 vikur eru til áramóta. Þessar 20 vikur væru þá samtals 420.000 hænur á búinu, þar af helmingur verpandi. Meðalfjöldinn yfir árið er þá  $210.000 \times 52/52 + 210.000 \times 20/52 = 290.769$  hænur. Heildarlosun vegna dýrahalds væri þá 462,2 tonn koldíoxíðsígilda, (ath. mismunandi losunarstuðla fyrir verpandi hænur annars vegar og aðra hænsnfugla hins vegar (sjá framar)).

Tafla 30 gefur yfirlit yfir heildarfjölda varphæna á Íslandi árið 2021 og losun vegna dýrahalds.

Tafla 30. Fjöldi varphæna og losun frá þeim.

	Fjöldi	Losun [tonn]
Varphænur	210.000	350,2
Verðandi varphænur	80.769	112,1
Samtals	290.769	462,2

### 8.3.3.2 Losun vegna notkunar aðfanga

Sem fyrr segir er miðað við að um 2,2 kg af fódri þurfi fyrir hvert framleitt kg af eggjum. Samkvæmt því þarf þá 9.240 tonn af fódri til að framleiða 4.200 kg af eggjum. Undirburður er ekki notaður í verulegum mæli á eggjabúum, en það er þó misjafnt eftir fyrirkomulagi á búunum. Þannig er enginn undirburður notaður þar sem hænur eru hafðar í búrum og sömuleiðis óverulegur þar sem fuglarnir eru hafðir á pöllum. Í lausagönguhúsum er notkun undirburðar hins vegar meiri. Hér er gert ráð fyrir að notuð séu um 3 kg á hvert framleitt tonn af eggjum eða samtals um 12,6 tonn. Engin losun verður á búinu vegna þessara aðfanga, en losun á sér hins vegar stað vegna framleiðslu þeirra og flutninga (sjá kafla 8.3.1.2). Eins og fram hefur komið losna gróðurhúsalofttegundir vegna notkunar eldsneytis. Eldsneyti er nýtt á vinnuvélar og sem varafli hitaveitu. Ekki eru til nákvæmar tölur um þessa notkun en ef gert er ráð fyrir að hún sé um 3 lítrar af dísilólíu á hvert framleitt tonn af eggjum var notkunin 12.600 lítrar árið 2021.<sup>150</sup> Losun vegna brennslu þessarar dísilólíu var því 38,2 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda, miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilólíu losni 3,0334 kg koldíoxíðsígilda.<sup>151</sup>

<sup>149</sup> Tölurnar 28 og 265 standa fyrir hlýunarmátt (Global Warming Potential (GWP)) annars vegar metans og hins vegar glaðlofts.

<sup>150</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>151</sup> UNFCCC, 2023.

Tafla 31 gefur yfirlit yfir losun vegna notkunar aðfanga í eggjaframleiðslu á Íslandi 2021.

Tafla 31. Losun vegna brennslu eldsneytis.

	Magn [lítrar]	Losun [tonn]
Brennsla eldsneytis	12.600	38,2

### 8.3.4 Frálag

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna meðhöndlunar úrgangs, kælingar, þökkunar og flutninga í dreifistöð tilheyrir losunarsviði 3.

#### 8.3.4.1 Losun vegna meðhöndlunar úrgangs

Hænsnaskítur er yfirgnæfandi hluti þess úrgangs sem fellur til á eggjabúum. Eftir því sem best er vitað er nær allur hænsnaskítur sem til fellur á Íslandi notaður til áburðar í uppgræðslu eða í ræktun. Losun vegna notkunar hænsnaskíts sem áburðar er því ekki talin fram hér. Annar úrgangur sem fellur til á eggjabúum eru einkum dauðir fuglar. Magnið er hægt að áætla með því að margfalda meðalþyngd hvers fugls við ævilok (1,79 kg) með fjölda fugla í húsi og er þá miðað við að fjöldanum sé haldið stöðugum frá ári til árs. Þetta samsvarar 376 tonnum (210.000x1,79) á ári miðað við 210.000 fugla. Ef gert er ráð fyrir að um helmingur þessa úrgangs fari til vinnslu í Orkugerðinni og að helmingur fari til urðunar má gera ráð fyrir að losun hafi verið um 265,3 tonn, miðað við losunarstuðulinn 1,4039 kg/kg vegna urðunar, að meðalvegalengd að urðunarstað sé um 50 km og að losunarstuðull fyrir landflutninga sé 0,15017 kg/t-km.<sup>152</sup>

Tafla 32 sýnir losun vegna meðhöndlunar úrgangs frá eggjabúum árið 2021.

Tafla 32. Losun vegna meðhöndlunar úrgangs.

	Losun [tonn]
Meðhöndlun úrgangs	265,3

#### 8.3.4.2 Losun vegna þökkunar og flutninga að dreifingarstöð

Á eggjabúum er eggjum raðað í eggjabakka, ýmist litla bakka fyrir neytendamarkað með 6, 10 eða 12 eggjum í hverjum eða í stærri bakka með 30 eggjum fyrir stærri notendur. Bakkarnir eru alla jafna úr endurunnum pappa. Þar við bætist svo nokkurt magn af kössum úr bylgjupappa. Hér er gert ráð fyrir að notuð séu um 70 kg af pappambúðum á hvert tonn af eggjum, þar af 62 kg af eggjabökkum og 8 kg af pappakössum (sbr. grænt bókhald Nesbús).<sup>153</sup> Fyrir 4.200 tonn af eggjum samsvarar þetta um 260 tonnum af eggjabökkum og 34 tonnum af pappakössum. Losunarstuðull fyrir framleiðslu pappambúða (0,73167 kg CO<sub>2</sub>/g/kg) er fenginn úr opinberu bresku safni losunarstuðla fyrir endurunnin pappa. Losun vegna framleiðslu og flutninga 294 tonna af umbúðum er því 233,1 tonn miðað við framangreindar forsendur varðandi framleiðslu, 2.188 km siglingu, losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>154</sup> 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðulinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>155</sup>

Eggin úr eggjabúunum eru flutt frá búunum að dreifingarstöðvum. Þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á sendibílana sem annast flutningana. Ef gert er ráð fyrir að egg séu keyrð vikulega (50 vikur) frá 20 búum að meðaltali 100 km leið (aðra leið) samsvarar heildaraksturinn 200.000 km á ári (20x50x200). Ef miðað er við að sendibílnir eyði um 6,75 lítrum af dísilolíu á hverja

<sup>152</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>153</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021.

<sup>154</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>155</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

100 km og að losunin sé 3,4023 kg koldíoxíðsígilda á hvern lítra (með WTT) þá er heildarlosunin 45,9 tonn ári.

Tafla 33 gefur yfirlit yfir losun vegna þökkunar og flutninga á eggjum.

Tafla 33. Losun vegna þökkunar og flutninga á eggjum.

	Losun [tonn]
Umbúðir	233,1
Flutningar í dreifingarstöð	45,9
Samtals	279,0

### 8.3.5 Losun gróðurhúsalofttegunda við framleiðslu eggja – samantekt

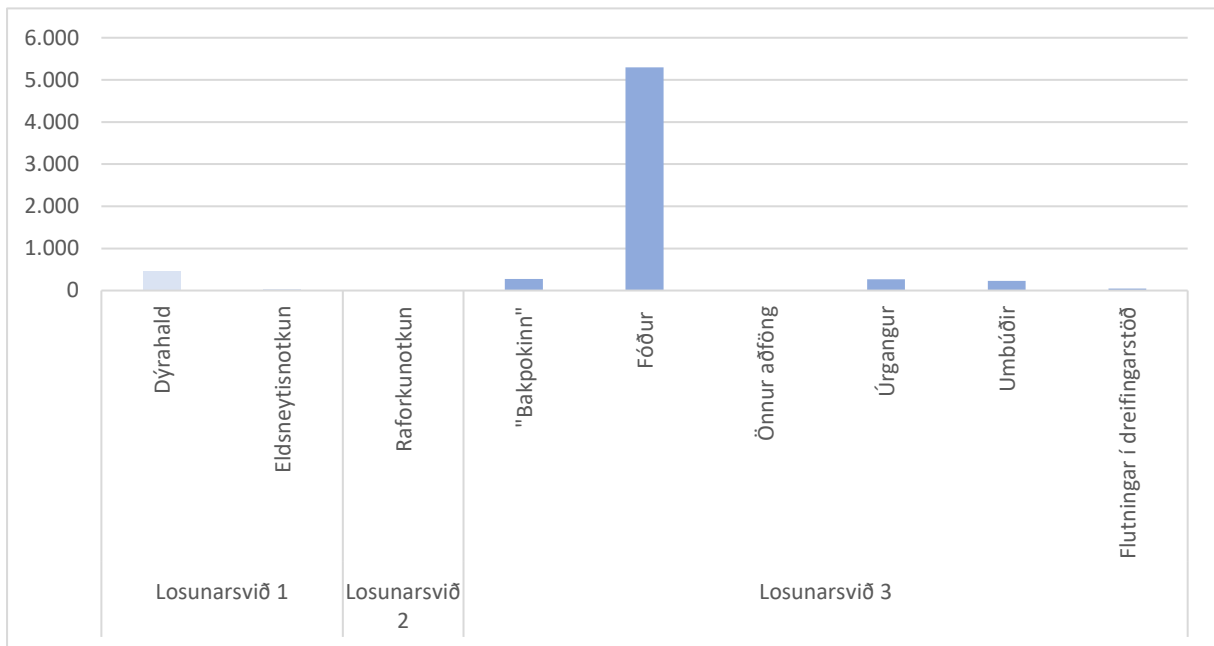
Tafla 34 sýnir losun í eggjaframleiðslu árið 2021 miðað við framangreindar forsendur. Eins og sjá má var losun vegna framleiðslu og flutninga fóðurs langstærsti losunarpátturinn, en aðrir stórir þættir eru dýrahald, úrgangur, og annað sem nýtt er við eldi foreldrakynslóðar („Bakpokinn“). Losun frá vöggju að hliði var samtals 6.358,0 tonn koldíoxíðsígilda, en heildarlosun frá vöggju að dreifingarstöð 6.637,2 tonn. Það samsvarar 1,58 kg á hvert kg af eggjum sem sett voru á markað (6.637,0/4.200).

Tafla 34. Losun gróðurhúsalofttegunda í eggjaframleiðslu (samantekt).

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Dýrahald	462,2
Jarðeldsneytisnotkun	38,2
Raforkunotkun	10,4
„Bakpokinn“	275,4
Úrgangur	265,3
Fóður (framleiðsla og flutningar)	5.297,1
Önnur aðföng (framleiðsla og flutningar)	9,4
Þökkun	233,1
Flutningar í dreifingarstöð	45,9
<b>Samtals</b>	<b>6.637,0</b>



Mynd 7 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 7. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í eggjaframleiðslu eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

## 9 Kolefnisspor svínakjötsframleiðslu

### 9.1 Inngangur

Svínakjötsframleiðsla er stunduð á 10-15 búum hérlendis og eru stærstu búin á Höfuðborgarsvæðinu, Suðurlandi og Suðurnesjum.<sup>156</sup> Sláturhús er að finna í nágrenni stærstu búanna. Árið 2021 voru framleidd 6.575 tonn af kjöti.<sup>157</sup> Svínakjötsframleiðslan byggir á innfluttu fóðri.



Árið 2021 voru 2.954 gyltur í landinu. Að meðaltali eignast hver gylta um 26,5 grísi á ári.<sup>158</sup> Fjöldi fæddra grísa var því 78.281. Grísum er slátrað þegar þeir eru um 165 daga gamlir. Í sumum tilfellum eru unggyltur og smágrísir ræktuð í sitt hvoru lagi og grísirnir sendir annað í áframeldi, en ekki er tekið tillit til þess hér.

Á svínabúum tilheyrir losun vegna dýrahalds, eldsneytisnotkunar og meðhöndlunar úrgangs losunarsviði 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa bóndans sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti og fóðri) og vegna flutninga á sláturgripum í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar, svo og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð.

### 9.2 Aðföng

Helstu aðföng í svínakjötsframleiðslu eru fóður og eldsneyti. Losun gróðurhúsalofttegunda sem á sér stað vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum tilheyrir losunarsviði 3.

Um 3,07 kg af fóðri þarf til að framleiða hvert kg af svínakjöti.<sup>159</sup> Samkvæmt því nam fóðurnotkun svínabúa 20.197 tonnum árið 2021. Losun vegna framleiðslu og flutninga fóðursins var 11.848,1 tonn. Þá er miðað við að losun vegna framleiðslu fóðursins sé 0,55 kg á hvert kg af fóðri en sá stuðull er fenginn út frá upplýsingum um dæmigerða samsetningu fóðurs<sup>160</sup> og út frá kolefnisspori einstakra innihaldsefna (m.a. maís, sojabaunir og hveiti) skv. samantekt Clune og félaga frá 2016.<sup>161</sup> Þar við bætist losun vegna innflutnings hráefnanna, þar sem miðað við 2.188 km siglingu og losunarstuðullinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>162</sup> 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>163</sup>

Dísilólía er notuð á vinnuvélar og til húshitunar. Losun vegna brennslu dísilólíu tilheyrir losunarsviði 1. Losun vegna framleiðslu og flutninga dísilólíunnar (WTT) tilheyrir hins vegar losunarsviði 3. Ef gert er

<sup>156</sup> Matvælaráðuneytið, 2023.

<sup>157</sup> Sama heimild.

<sup>158</sup> Umhverfisstofnun, 2023.

<sup>159</sup> Stjórnugrís hf, 2022.

<sup>160</sup> The Swedish institute for food and biotechnology, 2009.

<sup>161</sup> Stephen Clune, Ende Crossin and Karli Verghese, 2016.

<sup>162</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>163</sup> Sama heimild.

ráð fyrir að notkun dísilólú nemi um 44,56 lítrum á hvert framleitt tonn<sup>164</sup> var heildarnotkunin 293.009 lítrar árið 2021. Losun vegna WTT nam því 185,3 tonnum. Losunarstuðull vegna WTT er fenginn úr bresku stuðlunum og er 0,63253 kg/l.

Við framleiðsluna eru einnig notuð lyf og hreinsiefni en ekki fengust upplýsingar um magn þeirra.

Tafla 35 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga á svínabúum árið 2021.

Tafla 35. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]
Fóður	11.848,1
Dísilólía, WTT	185,3
Samtals	12.033,4

### 9.3 Orkunotkun

Losun vegna notkunar raforku tilheyrir losunarsviði 2. Ef gert er ráð fyrir að 483,4 kWh<sup>165</sup> séu notaðar á hvert framleitt tonn af svínakjöti þá var rafmagnsnotkun á landsvísu um 3.178.339 kWh árið 2021. Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja kWh,<sup>166</sup> en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Því má áætla að losun vegna þessarar raforkunotkunar hafi samsvarað um 32,7 tonnum.

Tafla 36 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu rafmagns fyrir svínabú árið 2021.

Tafla 36. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	3.178.339	32,7

### 9.4 Eigin starfsemi

Losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) á sér stað vegna búfjárhalds, notkunar búfjáraður og notkunar aðfanga.

#### 9.4.1 Losun vegna búfjárhalds

Í meltingarvegi svína á sér stað loftfirrt niðurbrot (gerjun) fæðunnar. Metan myndast í meltingarvegi húsdýra og sleppur þaðan út í andrúmsloftið. Magnið er eðlilega mjög mismunandi eftir stærð dýranna og eins skiptir líffærafræðin verulegu máli. Þannig myndast alla jafna mun meira metan í meltingarvegi jörturdýra en annarra dýra. Búfjáraður (skítur og hland) inniheldur talsvert magn af lífrænum efnum og köfnunarefnissamböndum. Við geymslu búfjáraður getur myndast bæði metan og glaðloft. Allur svínaskítur er hins vegar geymdur í votgeymslum og þar getur ekki myndast glaðloft.<sup>167</sup>

Losunarstuðla fyrir metanmyndun í meltingarvegi og vegna meðhöndlunar búfjáraður má lesa beint úr Landsskýrslu Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda sem Umhverfisstofnun gefur út árlega.<sup>168</sup> Losunarstuðull fyrir metanmyndun í meltingarvegi er að finna í töflu 5.23 og er 1,5 kg CH<sub>4</sub>/grip/ár. Losunarstuðull fyrir metanmyndun vegna geymslu búfjáraður er að finna í töflu 5.32 og er 6 kg CH<sub>4</sub>/grip/ár fyrir svín. Losunarstuðull vegna dýrahalds er því samtals 210 kg ((1,5+6)×28) koldíóxíðsigilda á hvern grip á ári. Við útreikninga á losun frá grísum var fjöldi grísanna umreiknaður

<sup>164</sup> Stjórnugrís hf, 2022.

<sup>165</sup> Sama heimild.

<sup>166</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>167</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>168</sup> Sjá: <https://ust.is/loft/losun-grodurhusaloftegunda/skyrslur-og-itarefni>

miðað við að meðallíftími sé 165 dagar. Árlegur veginn fjöldi grísa árið 2021 var þá  $78.281 \times 165 / 365 = 35.387$ . Heildarlosun vegna dýrahalds var því 8.051,6 tonn koldíoxíðsigilda.

Tafla 37 gefur yfirlit yfir fjölda gyltna og grísa Íslandi árið 2021<sup>169</sup> og losun vegna metanmyndunar í meltingarvegi og vegna geymslu svínaskíts.

Tafla 37. Fjöldi gyltna og grísa og losun vegna dýrahalds.

	Fjöldi	Losun [tonn]
Gyltur	2.954	620,3
Grísir (veginn fjöldi)	35.387	7.431,3
Samtals		8.051,7

#### 9.4.2 Losun vegna notkunar búfjáraður

Glaðloft myndast sem hliðarafurð vegna nítrunar og afnitrunar köfnunarefnissambanda í búfjáraður. Losun glaðlofts er reiknuð út frá köfnunarefnismagni búfjáraður (Nex) sem fellur til. Samkvæmt landsbókhalda Íslands falla til 23 kg á hverja gyltu á ári og 7,58 kg á hvern grís (miðað við veginn fjölda grísa). Samtals falla því til um 336,2 tonn af köfnunarefni í skít á ári. Hluti svínaskíts er nýttur í landgræðslu og hugsanlega aðra landbúnaðarframleiðslu en svínarækt. Ekki er vitað hversu stórt hlutfall þetta er en ef gert er ráð fyrir að 20% af því köfnunarefni sem til fellur sé nýtt annars staðar var losun glaðlofts (bæði bein og óbein losun) vegna N í svínaskít 1.327,5 tonn árið 2021.

#### 9.4.3 Losun vegna notkunar aðfanga

Sem fyrr segir nam fóðurnotkun svínabúa 20.197 tonnum árið 2021. Engin losun verður á búinu vegna fóðurnotkunar, en losun verður vegna framleiðslu og flutninga (sjá kafla 9.2). Eins og fram hefur komið losna gróðurhúsalofttegundir vegna notkunar eldsneytis. Eldsneyti er nýtt á vinnuvélar og til húshitunar. Ef gert er ráð fyrir að notaðir séu um 44,6 lítrar á hvert framleitt tonn,<sup>170</sup> eða samtals 293.009 lítrar árið 2021, má gera ráð fyrir að losun vegna brennslu eldsneytis hafi verið 888,8 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda, miðað við losunarstuðulinn 3,0334 kg CO<sub>2</sub>/g/l. Losun vegna framleiðslu og flutninga eldsneytis tilheyrir sem fyrr segir losunarsviði 3.

Tafla 38. Losun vegna brennslu eldsneytis.

	Magn [lítrar]	Losun [tonn]
Brennsla eldsneytis	293.009	888,8

## 9.5 Frálag

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna meðhöndlunar úrgangs og vegna flutninga í sláturhús, meðhöndlunar kjöts, frystingar, kælingar og pökkunar og losun vegna flutninga frá sláturhúsum að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3.

#### 9.5.1 Losun vegna meðhöndlunar úrgangs

Reikna má með að til falli að meðaltali 18,33 kg af dýrahraejum á hvert framleitt tonn.<sup>171</sup> Það samsvarar samtals 120,5 tonnum af hraejum miðað við framleiðslu á 6.575 tonnum af svínakjöti. Sé gert ráð fyrir að hraein séu urðuð má reikna með að losun vegna urðunarinnar sé samtals um 169,2 tonn (miðað við 1,4039 tonn CO<sub>2</sub>/tonn). Losun vegna flutninga á urðunarstað er um 0,5 tonn miðað við að fjarlægð á

<sup>169</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>170</sup> Stjórnugrís hf., 2022.

<sup>171</sup> Sama heimild.

urðunarstað sé um 25 km. Tafla 39 gefur yfirlit yfir losun vegna meðhöndlunar úrgangs vegna svínakjötsframleiðslu 2021.

Tafla 39. Losun vegna meðhöndlunar úrgangs.

	Losun [tonn]
Meðhöndlun úrgangs	169,2
Flutningar á urðunarstað	0,5
Samtals	169,6

### 9.5.2 Losun vegna slátrunar, pökkunar og flutninga að dreifingarstöð

Ekki reyndist unnt að reikna losun vegna slátrunar vegna skorts á gögnum.

Ef gert er ráð fyrir að einkum sé notað plast við frágang á svínakjöti og að notuð séu um 2,5 kg af plasti á hvert framleitt tonn var heildarnotkun umbúðarplasts 164,4 tonn árið 2021. Losunarstuðull fyrir plastumbúðir (3,1163 kg CO<sub>2</sub>íg/kg) er fenginn úr opinberu bresku safni losunarstuðla.<sup>172</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga umbúðanna var því 524,3 tonn miðað við framangreindar forsendur varðandi framleiðslu, 2.188 km siglingu, losunarstuðulinn 0,01977 kg/t-km fyrir sjóflutninga,<sup>173</sup> 200 km akstur (100 km á erlendri grundu og 100 km frá uppskipunarhöfn að áfangastað hérlendis) og losunarstuðulinn 0,15017 kg/t-km fyrir landflutninga.<sup>174</sup>

Ef gert er ráð fyrir að pakkaðar afurðir séu fluttar um 25 km að dreifingarstöð vikulega má gera ráð fyrir að akstur sé um 1.300 km (52x25) á ári aðra leiðina, eða 2.600 km fram og til baka. Að því gefnu að flutningabíllinn eyði 25 lítrum af dísilolíu á hverja 100 km verður losunin 2,2 tonn miðað við að við brennslu á einum lítra af dísilolíu losni um 3,4023 kg að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).

Tafla 40 gefur yfirlit yfir losun vegna frálags.

Tafla 40. Losun vegna slátrunar, pökkunar og flutninga að dreifingarstöð.

	Losun [tonn]
Umbúðir	524,3
Flutningar að dreifingarstöð	2,2
Samtals	526,5

## 9.6 Losun gróðurhúsalofttegunda í svínakjötsframleiðslu – samantekt

Tafla 41 sýnir losun í svínakjötsframleiðslu árið 2021 miðað við framangreindar forsendur. Eins og sjá má var losun vegna framleiðslu og flutninga fódurs langstærsti losunarpátturinn, en dýrahald veldur einnig talsverðri losun. Losun frá vöggum að hliði var samtals 22.503,8 tonn koldíoxíðsígilda. Heildarlosun frá vöggum að dreifingarstöð var samtals 23.030,3 tonn, sem samsvarar 3,50 kg á hvert kg af svínakjöti (23.030,3/6.575). Inni í framleiðslutölunni eru bein og annað sem ekki nýtist til manneldis. Sé reiknað með að um 59% heildarframleiðslunnar<sup>175</sup> séu „ætir bitar“ verður kolefnissporið  $23.030,3 / (6.575 \times 0,59) = 5,94$  kg koldíoxíðsígilda á hvert kg af svínakjöti.

<sup>172</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>173</sup> Sama heimild.

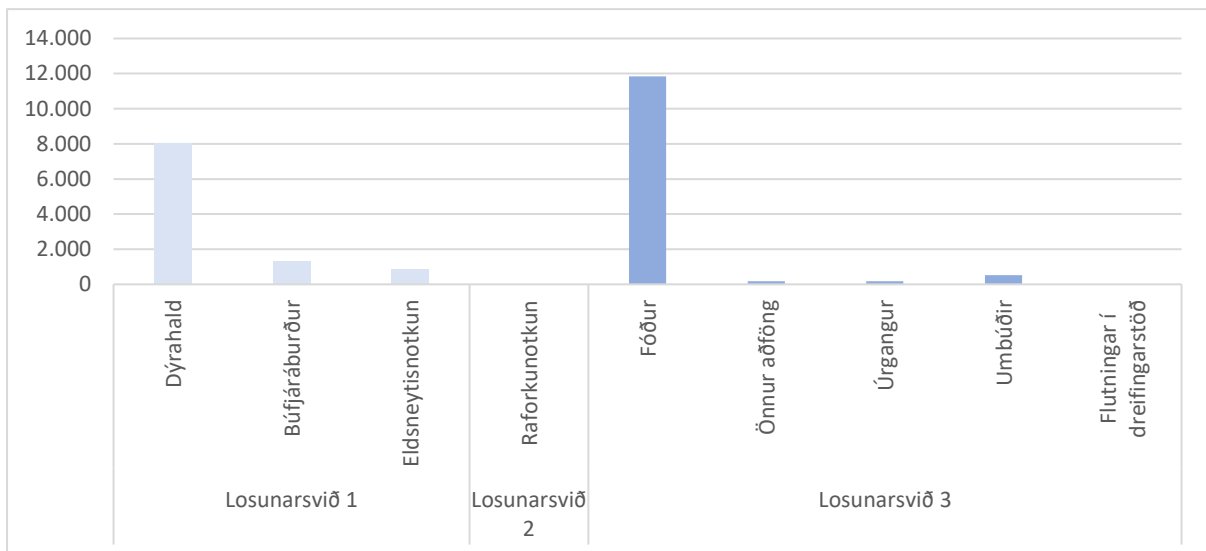
<sup>174</sup> Guðmundur Svavarsson, formaður Félags kjúklingabænda, 2023 (rafbréf).

<sup>175</sup> Stephen Clune, Ende Crossin and Karli Verghese, 2016.

Tafla 41. Losun gróðurhúsalofttegunda í svínakjötsframleiðslu (samantekt).

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Dýrahald	8.051,7
Búfjáraburður	1.327,5
Jarðeldsneytisnotkun	888,8
Raforkunotkun	32,7
Fóður (framleiðsla og flutningar)	11.848,1
Önnur aðföng (framleiðsla og flutningar)	185,3
Úrgangur	169,6
Pökkun og flutningar	526,5
<b>Samtals</b>	<b>23.030,3</b>

Mynd 8 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 8. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í svínakjötsframleiðslu eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

## 10 Kolefnisspor grænmetisframleiðslu

### 10.1 Inngangur

Ræktun grænmetis hérlendis er annars vegar útiræktun og hins vegar ylræktun í gróðurhúsum. Útiræktun grænmetis (hvítkál, spergilkál, blómkál, gulrætur o.fl.) er mest í Hrunamannahreppi en kartöflu- og rófnaeræktun er dreifðari um landið. Kartöfluræktun er þó mest á Suðurlandi (um 70%). Stærstur hluti ylræktunar matjurta fer fram á Suðurlandi, Vesturlandi, á Reykjavíkursvæðinu og á Norðurlandi eystra. Framleiðsla á ylræktuðu grænmeti í gróðurhúsum samanstendur einkum af fjórum lykilttegundum, gúrkum, tómötum, salati og papriku. Auk þess eru sveppir framleiddir í sérhæfðu húsnæði. Árið 2021 voru framleidd samtals 6.355 tonn af kartöflum, 882 tonn af gulrótum og 560 tonn af rófum í útiræktun. Þá voru framleidd 2.067 tonn af gúrkum, 1.234 tonn af tómötum, 581 tonn af sveppum, 538 tonn af salati og 184 tonn af papriku.<sup>176</sup>

Aðföng til garðyrkju eru mismunandi eftir því hvaða tegundir eru ræktaðar og hvort um sé að ræða ylrækt eða útirækt. Helstu aðföng í útirækt eru fræ, útsæði, áburður, varnarefni, jarðeldsneyti, plast, og umbúðir. Helstu aðföng í ylrækt eru fræ, áburður, lífrænar varnir, jarðeldsneyti, steinull, vikur, kælimiðlar, koldíoxíð, járnkrókar, ljósaperur og umbúðir. Þá er heilmikil raforka notuð í ylrækt.



Í garðyrkju tilheyrir losun vegna áburðarnotkunar, eldsneytisnotkunar og ræktaarlands losunarsviði 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa sem nýtist í rekstrinum fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti, áburði, yfirbreiðsluplasti, krókum, steinull, o.fl. eftir því sem við á) og vegna kælingar, þökkunar og flutninga að dreifingarstöð.

### 10.2 Kolefnisspor útiræktar

Nokkrar tegundir grænmetis eru ræktaðar úti hérlendis. Mest er framleitt af kartöflum, gulrótum og rófum, en einnig er framleitt hvítkál, spergilkál, blómkál og rauðkál. Hér verður reiknað kolefnisspor kartaflna og gulróta.

#### 10.2.1 Aðföng

Sem fyrr segir eru fræ, útsæði, áburður, varnarefni, jarðeldsneyti, plast, og umbúðir helstu aðföng til útiræktar. Losun vegna framleiðslu og flutninga þessara aðfanga sem og losun vegna meðhöndlunar úrgangs og affalla fellur undir losunarsvið 3 (aðfangamegin).

Útsæði er notað við kartöfluræktun og er ýmist aðkeypt eða framleitt á búinu sjálfu. Hér er gert ráð fyrir að helmingur útsæðis sé innfluttur og helmingur framleiddur hérlendis, samtals 2 kg fyrir hvert tonn af framleiddum kartöflum.<sup>177</sup> Fræjum er sáð í gulrótarækt og hér er gert ráð fyrir að þau séu öll

<sup>176</sup> Hagstofa Íslands, 2023c.

<sup>177</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

flutt inn og að fyrir hvert framleitt tonn af gulrótum þurfi 1,928 kg af fræjum (með umbúðum).<sup>178</sup> Heildarmagn útsæðis og fræja er því örlítill hluti af aðföngum garðyrkjunnar og hefur sáralítill áhrif á kolefnissporið. Upplýsingar liggja ekki fyrir um losun gróðurhúsalofttegunda við fræ- og útsæðisframleiðslu og er hún því ekki tekin með í kolefnissporinu. Losun vegna flutninga er hins vegar tekin með í reikninginn á sama hátt og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum. Af framanskráðu má ráða að árlega séu flutt inn u.þ.b.  $6.355/2 \times 0,002 = 6,355$  tonn af kartöfluútsæði. Á sama hátt má ætla að innflutningur gulrótafræja (með umbúðum) sé u.þ.b.  $882 \times 0,001928 = 1,7005$  tonn. Hér er gert ráð fyrir að innflutt útsæði og fræ séu að meðaltali flutt 2.187,88 km sjóleið (áætluð siglingarleið milli Rotterdam og Reykjavíkur) og 200 km á landi. Losun vegna sjóflutninga er áætluð  $0,019767 \text{ kg/t-km}$  og losun vegna landflutninga (með flutningabíl)  $0,15017 \text{ kg/t-km}$ .<sup>179</sup> Losun vegna flutninga á útsæðinu reiknast því vera  $6,355 \times (2.187,88 \times 0,019767 + 200 \times 0,15017) / 1.000 = 0,4657$  tonn koldíoxíðsigilda. Á sama hátt má ætla að losun vegna flutninga á gulrótafræjum sé  $1,7005 \times 0,0732818 = 0,1246$  tonn.

Tilbúinn áburður er alla jafna stærsti liðurinn í útreikningi á kolefnisspori útiræktar en magnið er breytilegt eftir býlum og tegundum afurða. Þannig eru að meðaltali notuð um 48 kg af áburði fyrir hvert tonn af kartöflum ( $305,04$  tonn af áburði fyrir  $6.355$  tonn af kartöflum) og  $77,76$  kg á hvert tonn af gulrótum ( $68,59$  tonn fyrir  $882$  tonn).<sup>180</sup> Þá eru áburðartegundir mismunandi og kolefnisspor þeirra sömuleiðis. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna framleiðslu og flutnings áburðar er tekin með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, en losun vegna dreifingar áburðarins fellur undir losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) sbr. kafla 10.2.3. Útreikningar á kolefnisspori í áburðarframleiðslu taka mið af leiðbeiningum IPCC en losun vegna flutninga er reiknuð með sama hætti og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum. Í samræmi við leiðbeiningar IPCC er hér gert ráð fyrir að kolefnisspor áburðarframleiðslu sé  $0,4114 \text{ kg/kg}$  miðað við 20% köfnunarefnisinnihald (kartöflur), en  $0,2468 \text{ kg/kg}$  miðað við 12% köfnunarefnisinnihald (gulrætur). Losun vegna framleiðslu á áburði fyrir kartöfluræktina gæti því verið  $305,04 \times 0,4114 = 125,5$  tonn koldíoxíðsigilda og fyrir gulrótaráæktina  $68,584 \times 0,2468 = 16,9$  tonn koldíoxíðsigilda. Sé gert ráð fyrir að tilbúinn áburður sé fluttur sömu leiðir og með sams konar tækjum og á við um útsæði og fræ (sjá framar) er losun vegna flutninga áburðarins  $22,4$  tonn koldíoxíðsigilda fyrir kartöflur og  $5,0$  tonn fyrir gulrætur.

Nokkurt magn varnarefna (skordýraeiturs, sveppaeiturs og plöntueiturs) er notað við útiræktun grænmetis. Þessi efni eru orkufrek í framleiðslu en heildarmagn þeirra er afar lítið í samanburði við magn afurða. Því vegur kolefnisspor þeirra ekki þungt í heildarniðurstöðunni. Losunarstuðull vegna framleiðslu varnarefna ( $19,76 \text{ kg/kg}$ ) er fenginn frá R. Lal,<sup>181</sup> en losun vegna flutninga á efnunum er reiknuð með sama hætti og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum. Gert er ráð fyrir að notuð séu  $0,2 \text{ kg}$  af varnarefnum á hvert framleitt tonn af kartöflum og gulrótum<sup>182</sup> (þ.e.  $1,271$  tonn fyrir kartöflur og  $0,176$  tonn fyrir gulrætur). Losun vegna framleiðslu varnarefnanna gæti því verið um  $1,271 \times 19,76 = 25,12$  tonn fyrir kartöflur og um  $0,176 \times 19,76 = 3,48$  tonn fyrir gulrætur. Miðað við sömu forsendur og áður er losun vegna flutninga varnarefnanna  $0,1$  tonn fyrir kartöflur og  $0,01$  tonn fyrir gulrætur.

Plast er notað í talsverðum mæli í útirækt grænmetis, bæði sem jarðvegsdúkur og sem yfirbreiðsla. Magnið er á að giska  $2,1 \text{ kg}$  af efni fyrir hvert framleitt tonn af kartöflum og gulrótum.<sup>183</sup> Þetta jafngildir um  $13,35$  tonnum í kartöfluræktinni og  $1,85$  tonnum fyrir gulræturnar. Við útreikning á kolefnisspori þessara aðfanga er notast við opinbera breska losunarstuðla fyrir plast, þar sem gert er ráð fyrir að við framleiðslu losni  $2,6006$  tonn  $\text{CO}_2$ ig á hvert tonn af LDPE-plasti. Losun vegna plastnotkunar í kartöflurækt reiknast skv. þessu vera  $13,35 \times 2,6006 = 34,7$  tonn og  $1,85 \times 2,6006 = 4,8$  tonn í

<sup>178</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>179</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>180</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>181</sup> R. Lal, 2004.

<sup>182</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>183</sup> Sama heimild.



gulrótaráækt. Miðað við sömu forsendur og áður er losun vegna flutninga plastsins 1,0 tonn fyrir kartöflur og 0,1 tonn fyrir gulrætur.

Framleiðsla og flutningur eldsneytis er tekinn með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, þ.e.a.s. sú losun sem verður á leið eldsneytisins frá lind að tanki (well to tank (WTT)), þ.e. áður en garðyrkjubýlið kaupir eldsneytið. Brennsla eldsneytisins telst hins vegar vera hluti af eigin starfsemi búanna (losunarsvið 1). WTT-losunin er áætluð 0,63253 kg/l. Hér er gert ráð fyrir að notaðir séu 8 l af dísilólíu fyrir hvert framleitt tonn af kartöflum og gulrótum.<sup>184</sup> WTT-losunin er þá  $6.355 \times 8 / 1.000 \times 0,63253 = 32,2$  tonn vegna kartöfluræktunarinnar og  $882 \times 8 / 1.000 \times 0,63253 = 4,5$  tonn fyrir gulræturnar.

Tafla 42 gefur yfirlit yfir losun vegna aðfanga í útirækt.

Tafla 42. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]	
	Kartöflur	Gulrætur
Útsæði/Fræ	0,5	0,1
Varnarefni	25,2	3,5
Áburður	147,8	22,0
Landbúnaðarplast	35,7	5,0
Dísilólía, WTT	32,2	4,5
Samtals	241,4	35,0

### 10.2.2 Orka

Losun vegna notkunar raforku fellur undir losunarsvið 2. Raforkunotkun útiræktar er ekki mjög mikil og tengist helst ýmsum búnaði, s.s. kælibúnaði.

Ef gert er ráð fyrir að 78 kWh séu notaðar á hvert framleitt tonn<sup>185</sup> af afurðum þá var raforkunotkun kartöfluræktar á landsvísu 495.690 kWh árið 2021 og raforkunotkun vegna ræktunar gulróta 68.796 kWh. Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja kWh en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Út frá þessum forsendum reiknast losun vegna raforkuframleiðslu vera samtals 5,1 tonn koldíoxíðsigilda fyrir kartöflur og samtals 0,7 tonn fyrir gulrætur.

Tafla 43. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Losun [tonn]	
	Kartöflur	Gulrætur
Rafmagn	5,1	0,7

### 10.2.3 Eigin starfsemi

Losun gróðurhúsalofttegunda í útirækt stafar einkum af notkun áburðar og brennslu eldsneytis, sem og notkun HFC-kælimiðla ef við á.

Við notkun áburðar losnar töluvert af glaðlofti út í andrúmsloftið. Hversu mikil losunin er fer eftir köfnunarefnisinnihaldi áburðarins hvort sem um er að ræða tilbúinn áburð eða búfjáráburð. Einnig hafa ýmsar umhverfisaðstæður (hitastig, sýrustig, rakastig) áhrif þó að útreikningar taki enn sem komið er ekki tillit til þessara þátta. Losun er metin út frá magni köfnunarefnis (N) í áburðinum.

Eins og áður hefur komið fram er hér reiknað með að 305,0 tonn af áburði séu notuð fyrir 6.355 tonn af kartöflum og 68,6 tonn fyrir 882 tonn af gulrótum. Þetta samsvarar 61,0 tonnum af hreinu

<sup>184</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>185</sup> Sama heimild.

köfnunarefni fyrir kartöflurnar miðað við 20%N og 8,2 tonnum af hreinu köfnunarefni fyrir gulræturnar miðað við 12%N. Hér er notaður losunarstuðullinn 5,2382 tonn CO<sub>2</sub>íg á hvert tonn af N,<sup>186</sup> sem gefur heildarlosun upp á 319,6 tonn koldíoxíðsígilda vegna áburðarotkunar í kartöfluræktinni og 43,1 tonn í gulrótaráæktinni.

Nokkurt magn eldsneytis er notað í útiráækt, einkum dísilolía á dráttarvélar og önnur tæki. Allt eldsneyti sem keypt er til garðyrkjunnar er tekið með í útreikningi kolefnissporsins. Framleiðsla og flutningur eldsneytisins er tekinn með í aðfangahlutanum, en brennsla eldsneytisins telst hluti af eigin starfsemi og fellur því undir losunarsvið 1. Eins og áður hefur komið fram er hér reiknað með að notaðir séu 8 l af dísilolíu fyrir hvert framleitt tonn af kartöflum og gulrótum. Losunarstuðull fyrir olíubrennsluna er 3,0334 kg á hvern lítra og heildarlosun vegna olíunotkunarinnar því  $6.355 \times 8 / 1.000 \times 3,0334 = 154,2$  tonn vegna kartöfluræktunarinnar og  $882 \times 8 / 1.000 \times 3,0334 = 21,4$  tonn fyrir gulræturnar.

Í útiráækt grænmetis er hluta afskurðar og affalla plægt niður í jarðveginn þar sem þau brotna niður og verða að nýrri næringu. Ekki reyndist unnt að afla gagna til að reikna losun vegna þessa þáttar innan ramma þessa verkefnis.

Talsvert af gróðurhúsalofttegundum getur losnað við umhirðu og nýtingu landbúnaðarlands. Þar er um að ræða koldíoxíð, metan og glaðloft, einkum vegna röskunar á jarðvegi, svo sem plægingar, en slík röskun stuðlar að losun þess kolefnis sem bundið er í jarðveginum. Einnig á losun sér stað þegar mýrar eru framræstar eða skógum eytt til að búa til ræktarland. Breytingar á landi hafa sérstöðu meðal losunarflokka í losunarútreikningum að því leyti að þetta eru ekki einungis uppsprettur heldur einnig „svelgir“, þar sem kolefni getur bundist bæði ofanjarðar í plöntum og neðanjarðar í jarðvegi. Veruleg óvissa er í mati á losun/bindingu við mismunandi landnotkun. Sem fyrr segir er ekki gerð tilraun hér til að leggja mat á losun vegna landnotkunar.

Tafla 44 gefur yfirlit yfir losun vegna notkunar áburðar og brennslu eldsneytis í útiráækt.

Tafla 44. Losun vegna notkunar áburðar og brennslu eldsneytis.

	Losun [tonn]	
	Kartöflur	Gulrætur
Notkun áburðar	319,6	43,1
Brennsla eldsneytis	154,2	21,4
Samtals	473,8	64,5

#### 10.2.4 Frálag

Pökkun á afurðum garðyrkjunnar fer að mestu leyti fram þar sem afurðirnar eru framleiddar. Við pökkun á kartöflum og gulrótum eru einkum notaðar einnota umbúðir úr plasti. Hér er gert ráð fyrir að við pökkunina séu samtals notuð um 3 kg af plastumbúðum fyrir hvert framleitt tonn, hvort sem um er að ræða kartöflur eða gulrætur.<sup>187</sup> Samkvæmt því þarf  $6.355 \times 3 / 1.000 = 19,1$  tonn af plastumbúðum fyrir kartöflurnar og  $882 \times 3 / 1.000 = 2,6$  tonn fyrir gulræturnar. Eins og áður hefur komið fram er hér reiknað með að 3,1163 tonn CO<sub>2</sub>íg losni við framleiðslu á hverju tonni af plasti. Losun vegna framleiðslu umbúðanna reiknast því vera  $19,1 \times 3,1163 = 59,4$  tonn fyrir kartöflur og  $2,646 \times 3,1163 = 8,3$  tonn fyrir gulrætur. Miðað við sömu forsendur og áður er losun vegna flutninga umbúðanna um 1,4 tonn fyrir kartöflur og 0,2 tonn fyrir gulrætur.

Framleitt grænmeti er flutt frá framleiðslustað að dreifingarstöðvum. Þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á sendibílana sem annast flutningana. Hér er gert ráð fyrir að dreifingarstöð sé í Reykjavík og að meðalakstursvegalengd frá býli sé 250 km með kartöflur og 100 km

<sup>186</sup> UNFCCC, 2023. Reiknað hlutfall.

<sup>187</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

með gulrætur. Við útreikninga er hér sem fyrr notaður losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km. Losun vegna flutninga á framleiðsluvörðunni reiknast því vera  $6.355 \times 250 \times 0,15017 / 1.000 = 238,6$  tonn koldíoxíðsigilda fyrir kartöflur og  $882 \times 100 \times 0,15017 / 1.000 = 13,2$  tonn fyrir gulrætur.

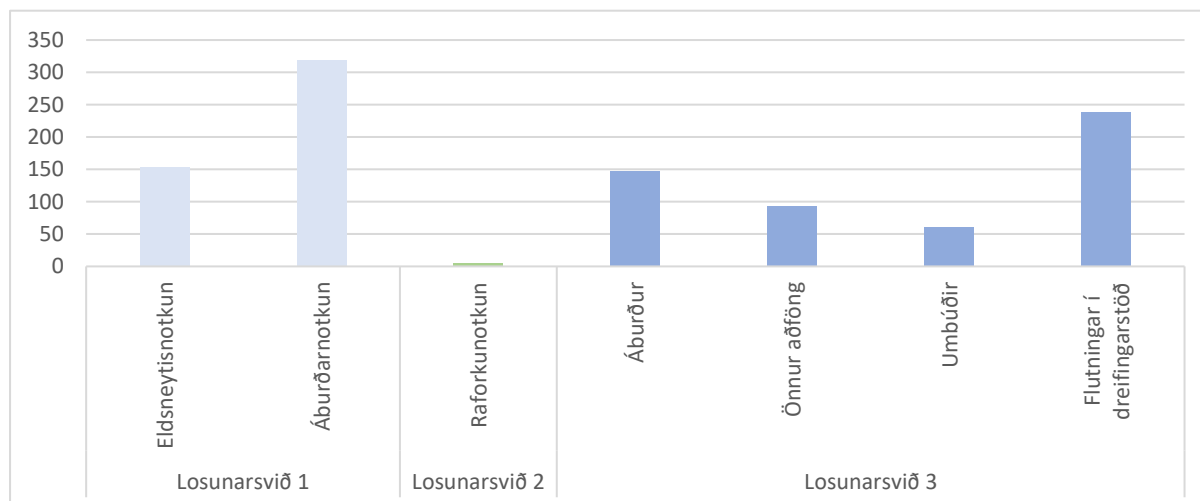
### 10.2.5 Losun gróðurhúsalofttegunda í útirækt – samantekt

Tafla 45 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda í kartöflurækt annars vegar og gulrótarækt hins vegar. Eins og sjá má er losun vegna áburðarnotkunar stærsti losunarpátturinn í útirækt. Losun kartöfluræktar var 1.019,7 tonn koldíoxíðsigilda árið 2021 og framleiðslan 6.355 tonn. Kolefnisspor kartöfluræktar var því 0,16 kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af kartöflum ( $1.019,7 / 6.355$ ). Losun í gulrótarækt var 121,9 tonn koldíoxíðsigilda og framleiðslan 882 tonn árið 2021. Kolefnisspor gulrótaræktar var því 0,14 kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af gulrótum.

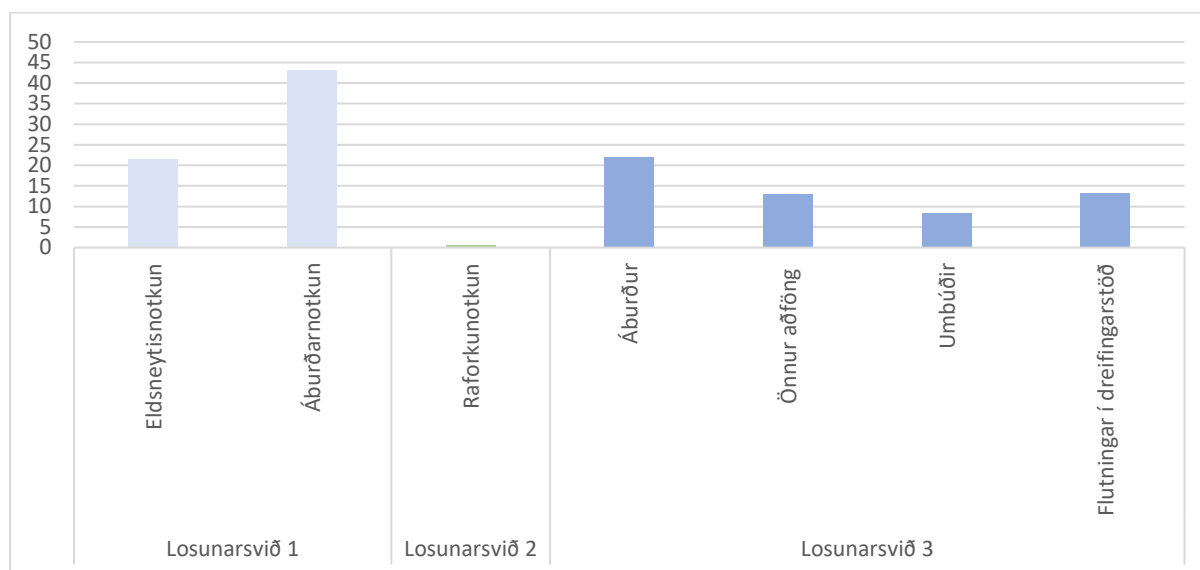
Tafla 45. Losun gróðurhúsalofttegunda í útirækt (kartöflur og gulrætur) eftir uppsprettum.

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]	
	Kartöflur	Gulrætur
Eldsneytisnotkun	154,2	21,4
Áburðarnotkun	319,6	43,1
Raforkunotkun	5,1	0,7
Áburður (framleiðsla og flutningar)	147,8	22,0
Önnur aðföng (framleiðsla og flutningar)	93,5	13,0
Umbúðir	60,8	8,4
Flutningar í dreifingarstöð	238,6	13,2
<b>Samtals</b>	<b>1.019,7</b>	<b>121,9</b>

Myndir 9 og 10 sýna sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 9. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda við kartöflurækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).



Mynd 10. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í gulrótarækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

### 10.3 Kolefnisspor ylræktar

Nokkrar tegundir grænmetis og ávaxta eru ræktaðar í gróðurhúsum hérlendis. Framleiðsla á ylræktuðu grænmeti í gróðurhúsum samanstendur einkum af fjórum lykiltegundum; gúrkum, papriku, salati og tómötum. Auk þess eru sveppir framleiddir í sérhæfðu húsnæði og nokkurt magn jarðarberja og hindberja. Árið 2021 voru framleidd 2.067 tonn af gúrkum, 1.234 tonn af tómötum, 581 tonn af sveppum, 538 tonn af salati og 184 tonn af papriku.<sup>188</sup> Hér verður reiknað kolefnisspor gúrkna og tómata.

#### 10.3.1 Aðföng

Helstu aðföngin í ylrækt eru fræ, áburður, lífrænar varnir, jarðeldsneyti, steinull, vikur, kælimiðlar, koldíoxíð, járnkrókar, ljósaperur og umbúðir. Losun vegna framleiðslu og flutninga þessara aðfanga sem og losun vegna meðhöndlunar úrgangs og affalla fellur undir losunarsvið 3 (aðfangamegin).

Fræjum er sáð í ylrækt. Gert er ráð fyrir að 0,0174 kg af fræjum (með umbúðum) þurfi fyrir hvert framleitt tonn af gúrkum og að það sama gildi um tómata.<sup>189</sup> Heildarmagn fræja er því örlítill hluti af aðföngum garðyrkjunnar og hefur sáralítill áhrif á kolefnissporið. Upplýsingar liggja ekki fyrir um losun gróðurhúsalofttegunda við fræframleiðslu og er hún því ekki tekin með í kolefnissporinu. Losun vegna flutninga er hins vegar reiknuð á sama hátt og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum. Af framanskráðu má ráða að árlega séu flutt inn u.þ.b.  $2.067 \times 0,0174 = 36$  kg af gúrkufræjum (með umbúðum). Á sama hátt má ætla að innflutningur tómatafræja (með umbúðum) sé u.þ.b.  $1.234 \times 0,0174 = 21,5$  kg af tómatafræjum (með umbúðum). Hér er gert ráð fyrir að fræ séu að meðaltali flutt 2.187,88 km sjóleið (áætluð siglingarleið milli Rotterdam og Reykjavíkur) og 200 km á landi. Losun vegna sjóflutninga er áætluð 0,019767 kg/tonn/km og losun vegna landflutninga (með flutningabíl) 0,15017 kg/tonn/km.<sup>190</sup> Losun vegna flutninga á gúrkufræjunum reiknast því vera  $36 \times (2.187,88 \times 0,019767 + 200 \times 0,15017) / 1000 = 2,6$  kg koldíoxíðsigilda. Á sama hátt má ætla að losun vegna flutninga á tómatafræjum sé  $21,5 \times (2.187,88 \times 0,019767 + 200 \times 0,15017) / 1000 = 1,6$  kg. Þessar tölur hafa nánast ekkert vægi í heildarkolefnisspori framleiðslunnar.

<sup>188</sup> Hagstofa Íslands, 2023c.

<sup>189</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>190</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

Tilbúinn áburður er alla jafna einn stærsti liðurinn í útreikningi á kolefnisspori ylræktar en magnið er breytilegt eftir býlum og tegundum afurða. Þannig eru að meðaltali notuð um 34,80 kg af áburði fyrir hvert tonn af gúrkum (71,9 tonn af áburði fyrir 2.067 tonn af gúrkum), þar sem meðalköfnunarefnisinnihald er 25%, og 38,30 kg á hvert tonn af tómötum (47,3 tonn fyrir 1.234 tonn), þar sem meðalköfnunarefnisinnihald er 12%.<sup>191</sup> Þá eru áburðartegundir mismunandi og kolefnisspor þeirra sömuleiðis. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna framleiðslu og flutnings áburðar er tekin með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, en losun vegna dreifingar áburðarins fellur undir losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) sbr. kafla 10.3.3. Útreikningar á kolefnisspori í áburðarframleiðslu taka mið af leiðbeiningum IPCC en losun vegna flutninga er reiknuð með sama hætti og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum. Í samræmi við leiðbeiningar IPCC er hér gert ráð fyrir að kolefnisspor áburðarframleiðslu sé 2,057 kg/kg N. Losun vegna framleiðslu á áburði fyrir gúrkuræktina gæti því verið um 37,0 tonn koldíoxíðsígilda og fyrir tómataræktina um 11,7 tonn koldíoxíðsígilda. Sé gert ráð fyrir að tilbúinn áburður sé fluttur sömu leiðir og með sams konar tækjum og á við um fræ (sjá framar) er losun vegna flutninga áburðarins  $71,936 \times 0,0732818 = 5,3$  tonn koldíoxíðsígilda fyrir gúrkur og 3,5 tonn fyrir tómata.

Í ylrækt er lífrænum vörnum beitt til að halda óæskilegum lífverum í skefjum. Ýmis skordýr og áttfætllumaurar – og jafnvel þráðormar, bakteríur og sveppir - hafa verið notuð í þessu skyni, auk lífrænnar sápu o.fl.<sup>192</sup> Hér er gert ráð fyrir að árlega séu flutt inn 0,052 kg af hvers konar lífrænum vörnum fyrir hvert tonn af framleiddum gúrkum (107,5 kg fyrir 2.067 tonn) og 0,5 kg fyrir hvert tonn af tómötum (617 kg fyrir 1.234 tonn).<sup>193</sup> Engar upplýsingar liggja fyrir um kolefnisspor við framleiðslu þessara lífvera og því er horft fram hjá því hér enda magnið lítið. Eðli málsins samkvæmt eru lífrænar varnir viðkvæmar í flutningi og því eru þær frekar fluttar til landsins með flugi en með skipum. Hér er gert ráð fyrir að þessi varningur sé að meðaltali fluttur 2.000 km flugleið til Reykjavíkur og 200 km á landi. Losun vegna vöruflutninga með flugi er áætluð 1,46927 kg/t-km og losun vegna landflutninga (sem fyrr) 0,15017 kg/t-km.<sup>194</sup> Losun vegna flutninga á lífrænum vörnum fyrir gúrkuræktina reiknast því vera  $107,5 \times (2.000 \times 1,46927 + 200 \times 0,15017) / 1.000 = 319,1$  kg (um 0,3 tonn) koldíoxíðsígilda. Á sama hátt má ætla að losun vegna flutninga á lífrænum vörnum fyrir tómataræktina sé 1.831,6 kg (um 1,8 tonn).

Gúrkur og tómatar eru að hluta til ræktuð í mottum eða kubbum úr steinull. Að meðaltali má ætla að notuð séu 14,40 kg af steinullarmottum við ræktun á einu tonni af gúrkum (29,8 tonn fyrir 2.067 tonn) og 2,53 kg af steinullarkubbum fyrir hvert tonn af tómötum (3,1 tonn fyrir 1.234 tonn).<sup>195</sup> Losunarstuðull fyrir steinull er 0,846 kg/kg,<sup>196</sup> sem þýðir að losun vegna framleiðslu á 29,8 tonnum af mottum reiknast vera 25,2 tonn koldíoxíðsígilda og losun vegna framleiðslu á 3,1 tonnum reiknast á sama hátt vera 2,6 tonn. Sé gert ráð fyrir að steinullin sé flutt inn með skipum og notaðar sömu kílómetratölur og sömu losunarstuðlar og gert er hér að framan, reiknast losun vegna flutninganna vera um 2,2 tonn koldíoxíðsígilda fyrir gúrkur og 0,2 tonn fyrir tómata.

Raflýsing er notuð í miklum mæli í gróðurhúsum og því fylgir talsverð notkun á ljósaperum. Gera má ráð fyrir að árlega séu fluttar inn 1,39 perur fyrir hvert framleitt tonn af gúrkum (2.877 perur fyrir 2.067 tonn) og 6,27 perur fyrir hvert framleitt tonn af tómötum (7.734 perur fyrir 1.234 tonn).<sup>197</sup> Sé miðað við að hver pera vegi 150 g að meðaltali samsvarar þetta 431,5 kg af perum fyrir gúrkurnar og 1.160 kg af perum fyrir tómata. Losunarstuðull fyrir perur er 2,0130 kg/kg,<sup>198</sup> sem þýðir að heildarlosun vegna framleiðslu á perum fyrir gúrkuræktina er 0,9 tonn koldíoxíðsígilda en 2,3 tonn fyrir

---

<sup>191</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>192</sup> Ingólfur Guðnason, 2021.

<sup>193</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>194</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>195</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>196</sup> European Commission, 2021b.

<sup>197</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>198</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023. Reiknað.

tómatana. Sé gert ráð fyrir að ljósaperur séu fluttar sömu leiðir og með sams konar tækjum og á við um flest önnur aðföng (sjá framar) er losun vegna flutninganna um 0,03 tonn koldíoxíðsígilda fyrir gúrkur og 0,09 tonn fyrir tómata.

Talsvert af járnkrókum er notað í gúrku- og tómatarækt til að hengja upp plöntur. Þessa króka er að einhverju leyti hægt að endurnota en á hverju ári þarf þó að kaupa inn nokkurt magn af þeim. Hver krókur vegur u.þ.b. 21 g eða 0,021 kg. Í gúrkurækt má gera má ráð fyrir að kaupa þurfi að meðaltali 18,74 króka (0,394 kg) fyrir hvert framleitt tonn (813,45 kg fyrir 2.067 tonn) og 184,62 króka (3,877 kg) fyrir hvert tonn af tómotum (4.784,24 kg fyrir 1.234 tonn).<sup>199</sup> Í breskum losunarstuðlum<sup>200</sup> er gert ráð fyrir að kolefnisspor málma sé 4,0180 kg/kg, sem þýðir að reiknað kolefnisspor vegna króka í gúrkurækt á Íslandi var  $0,81345 \times 4,0180 = 3,3$  tonn árið 2021 og  $4,78424 \times 4,0180 = 19,2$  tonn fyrir tómata. Sé gert ráð fyrir að krókarnir séu fluttar sömu leiðir og með sams konar tækjum og á við um flest önnur aðföng (sjá framar) er losun vegna flutninganna um 0,06 tonn koldíoxíðsígilda fyrir gúrkur og 0,35 tonn fyrir tómata.

Talsvert magn af kolsýru (koldíoxíði á kútum) er notað í ylrækt. Hér er gert ráð fyrir að notuð séu 276,2 kg af kolsýru á hvert framleitt tonn af gúrkum (571,0 tonn fyrir 2.067 tonn af gúrkum) og 1.250 kg fyrir hvert tonn af tómotum (1.542,5 tonn fyrir 1.234 tonn af tómotum).<sup>201</sup> Á árinu 2021 voru um 25% þeirrar kolsýru sem notuð var á landi flutt inn en 75% framleidd hérlandis.<sup>202</sup> Sé gert ráð fyrir að kolsýran sé að meðaltali flutt 50 km leið með flutningabíl og að sá fjórðungur sem framleiddur er erlendis sé fluttur 3.111,5 km með skipi (frá Svíþjóð) er losun vegna flutninga kolsýru fyrir gúrkuræktina um  $13,1$  tonn koldíoxíðsígilda ( $571,0 \times 25\% \times (3.111,5 \times 0,019767 + 50 \times 0,15017) / 1.000$ ). Sams konar útreikningur fyrir tómataræktina sýnir að losun vegna flutninga var um  $35,3$  tonn koldíoxíðsígilda ( $1.542,5 \times 25\% \times (3.111,5 \times 0,019767 + 50 \times 0,15017) / 1.000$ ).

Framleiðsla og flutningur eldsneytis er tekinn með í útreikninga á kolefnisspori aðfanga, þ.e.a.s. sú losun sem verður á leið eldsneytisins frá lind að tanki (well to tank (WTT)), þ.e. áður en garðyrkjubýlið kaupir eldsneytið. Brennsla eldsneytisins telst hins vegar vera hluti af eigin starfsemi búanna (losunarsvið 1). WTT-losunin er áætluð 0,63253 kg/l. Hér er gert ráð fyrir að notaðir séu 1,8 l af dísilolíu fyrir hvert framleitt tonn af gúrkum og 24,37 l fyrir hvert tonn af tómotum.<sup>203</sup> WTT-losunin er þá  $2.067 \times 1,8 \times 0,63253 / 1.000 = 2,4$  tonn vegna gúrkuræktunarinnar og  $1.234 \times 24,37 / 1.000 \times 0,63253 = 19,0$  tonn fyrir tómata.

Tafla 46 gefur yfirlit yfir losun vegna aðfanga í ylrækt.

---

<sup>199</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>200</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>201</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>202</sup> Linde, 2023 (símtal).

<sup>203</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

Tafla 46. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga í ylrækt.

	Losun [tonn]	
	Gúrkur	Tómatar
Áburður	42,3	15,1
Lífrænar varnir	0,3	1,8
Steinull	27,4	2,9
Perur	0,9	2,4
Krókar	3,3	19,5
Kolsýra	13,1	35,3
Dísilolía, WTT	2,4	19,0
Samtals	89,6	96,2

### 10.3.2 Orka

Heilmikil raforka er notuð í ylrækt. Orka sem framleidd er annars staðar og keypt af neti fellur undir losunarsvið 2, enda á losun vegna framleiðslu orkunnar sér stað fjarri viðkomandi starfsemi. Raforkunotkun í ylrækt tengist öðru fremur lýsingu í gróðurhúsum, en þar koma einnig smærri þættir við sögu.

Hér er gert ráð fyrir að 5.888,7 kWh séu notaðar á hvert framleitt tonn af gúrkum og 31.078 kWh fyrir hvert tonn af tómötum.<sup>204</sup> Heildarraforkunotkun vegna gúrkuræktar á landsvísu var samkvæmt þessu  $2.067 \times 5.888,65 = 12.171.842$  kWh árið 2021 og sambærileg tala fyrir tómataræktina var  $1.234 \times 31.078 = 38.350.252$  kWh. Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja kWh en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Samkvæmt því var heildarlosunin 125,37 tonn koldíoxíðsígilda í gúrkuræktinni og 395,01 tonn í tómataræktinni.

Tafla 47. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Gúkur	12.171.842	125,4
Tómatar	38.350.252	395,0

### 10.3.3 Eigin starfsemi

Losun gróðurhúsalofttegunda í ylrækt stafar einkum af notkun áburðar, kolsýru og eldsneytis.

Við notkun áburðar losnar töluvert af glaðlofti út í andrúmsloftið. Hversu mikil losunin er fer eftir köfnunarefnisinnihaldi áburðarins hvort sem um er að ræða tilbúinn áburð eða búfjáráburð. Einnig hafa ýmsar umhverfisaðstæður (hitastig, sýrustig, rakastig) áhrif þó að útreikningar geti enn sem komið er ekki tekið mið af slíku. Losun er metin út frá magni köfnunarefnis í áburðinum sem er notaður. Eins og fram kemur í kafla 10.3.1 má reikna með að 71,9 tonn af áburði hafi verið notuð í gúrkurækt á Íslandi árið 2021. Þetta jafngildir 18,0 t af hreinu köfnunarefni (N) miðað við að hlutfall N sé 25%. Á sama hátt voru notuð 47,3 tonn af áburði í tómatarækt, þ.e. 5,7 tonn N miðað við 12% hlutfall. Eins og í kafla 10.2.3 er hér notaður losunarstuðullinn 5,23827 tonn CO<sub>2</sub>íg á hvert tonn af N, sem gefur heildarlosun upp á 94,2 tonn koldíoxíðsígilda í gúrkuræktinni og 29,7 tonn í tómataræktinni.

Eins og fram kemur hér að framan voru notuð u.þ.b. 571 tonn af kolsýru (koldíoxíði) í gúrkuræktinni 2021 og u.þ.b. 1.542,5 tonn í tómataræktinni. Hér er gert ráð fyrir að 50% af kolsýrunni losni út í andrúmsloftið við notkun í gróðurhúsum og að 10% kolsýrunnar eigi uppruna sinn í jarðeldsneyti.<sup>205</sup> Losun er því 28,5 tonn í gúrkuræktinni og 77,1 tonn í tómataræktinni.

<sup>204</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>205</sup> Linde, 2023 (símtal).

Nokkurt magn eldsneytis er sem fyrr segir notað í ylrækt. Allt eldsneyti sem keypt er til garðyrkjunnar er tekið með í útreikningi kolefnissporsins. Framleiðsla og flutningur eldsneytisins er tekinn með í aðfangahlutanum, en brennsla eldsneytisins telst hluti af eigin starfsemi og fellur því undir losunarsvið 1. Eins og fram hefur komið er hér gert ráð fyrir að notaðir séu 1,8 l af dísilolíu fyrir hvert framleitt tonn af gúrkum og 24,37 l fyrir hvert tonn af tómatum. Losunarstuðull fyrir olíubrennsluna er 3,0334 kg CO<sub>2</sub> á hvern lítra<sup>206</sup> og heildarlosun vegna olíunotkunarinnar því  $2.067 \times 1,8 / 1.000 \times 3,0334 = 11,3$  tonn vegna gúrkuræktunarinnar og  $1.234 \times 24,37 / 1.000 \times 3,0334 = 91,2$  tonn fyrir tómatana.

Tafla 48 gefur yfirlit yfir losun vegna notkunar áburðar og eldsneytis í ylrækt.

Tafla 48. Losun vegna notkunar áburðar, kolsýru og brennslu eldsneytis í ylrækt.

	Losun [tonn]	
	Gúrkur	Tómatar
Notkun áburðar	94,2	29,7
Notkun kolsýru	28,5	77,1
Brennsla eldsneytis	11,3	91,2
Samtals	134,0	198,1

#### 10.3.4 Frálag

Pökkun á afurðum garðyrkjunnar fer að mestu leyti fram þar sem afurðirnar eru framleiddar og við pökkun á gúrkum og tómatum eru bæði notaðar umbúðir úr plasti og pappi. Iðulega er hverri gúrkum pakkað í plast en í tómataræktinni er algengara að pakka nokkrum tómatum saman í pappi og vefja filmuplasti utan um. Plastöskjur eru hins vegar notaðar í talsverðum mæli fyrir minni tómatum. Hér er gert ráð fyrir að í gúrkuræktinni séu að meðaltali notuð 5,5 kg af umbúðaplasi og 4,7 kg af pappi fyrir hvert framleitt tonn. Þetta samsvarar 11,4 tonnum af plasti og 9,7 tonnum af pappi fyrir 2.067 tonn af gúrkum. Kolefnisspor vegna framleiðslu umbúðanna er reiknað út frá opinberum breskum losunarstuðlum fyrir plast (3,116292 kg CO<sub>2</sub>/kg) og fyrir pappi (0,828868 kg CO<sub>2</sub>/kg). Samkvæmt þessu er kolefnisspor plastumbúða fyrir gúrkurnar  $11,4 \times 3,116292 = 35,4$  tonn koldíoxíðsigilda og kolefnisspor pappi umbúða  $9,7 \times 0,828868 = 8,2$  tonn. Miðað við sömu forsendur og áður var losun vegna flutninga plastumbúðanna um 0,8 tonn og 0,7 tonn fyrir pappi umbúðirnar.

Hvað tómataræktina varðar er hér gert ráð fyrir að notuð séu að meðaltali 3,9 kg af umbúðaplasi og 38,5 kg af pappi fyrir hvert framleitt tonn.<sup>207</sup> Þetta samsvarar 4,8 tonnum af plasti og 47,5 tonnum af pappi fyrir 1.234 tonn af tómatum. Kolefnisspor vegna framleiðslu umbúðanna er reiknað út frá opinberum breskum losunarstuðlum fyrir plast (3,116292 kg CO<sub>2</sub>/kg) og fyrir pappi (0,828868 kg CO<sub>2</sub>/kg). Samkvæmt þessu er kolefnisspor plastumbúða fyrir tómatana 15,0 tonn koldíoxíðsigilda og kolefnisspor pappi umbúða 39,4 tonn. Miðað við sömu forsendur og áður var losun vegna flutninga plastumbúðanna 0,35 tonn og 3,5 tonn fyrir pappi umbúðirnar.

Framleitt grænmeti er flutt frá framleiðslustað að dreifingarstöðvum. Þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á sendibílana sem annast flutningana. Hér er gert ráð fyrir að dreifingarstöð sé í Reykjavík og að meðalakstursvegalengd frá býli sé 100 km, hvort sem um er að ræða gúrkur eða tómatum. Við útreikninga er hér sem fyrr notaður losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km. Losun vegna flutninga á framleiðsluvörðunni reiknast því vera  $2.067 \times 100 \times 0,15017 / 1.000 = 31,0$  tonn koldíoxíðsigilda fyrir gúrkur og  $1.234 \times 100 \times 0,15017 / 1.000 = 18,5$  tonn fyrir tómatum.

<sup>206</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>207</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.



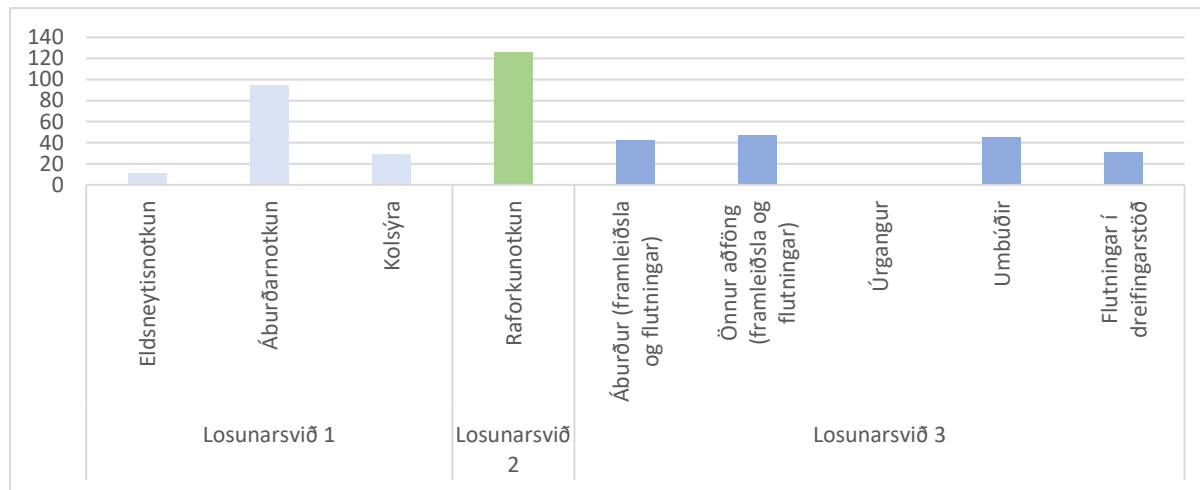
10.3.5 Losun gróðurhúsalofttegunda í ylrækt – samantekt

Tafla 49 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda í gúrkurækt annars vegar og tómatarækt hins vegar. Eins og sjá má er losun vegna rafmagnsnotkunar stærsti losunarpátturinn í ylrækt. Losun gúrkuræktar var 425,0 tonn koldíoxíðsigilda árið 2021 og framleiðslan 2.067 tonn. Kolefnisspor gúrkuræktar var því 0,21 kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af gúrkum (425,0/2.067). Losun í tómatarækt var 913,3 tonn koldíoxíðsigilda og framleiðslan 1.234 tonn árið 2021. Kolefnisspor tómataræktar var því 0,74 kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af tómötum (913,3/1.234).

Tafla 49. Losun gróðurhúsalofttegunda í ylrækt (gúrkur og tómatar) eftir uppsprettum.

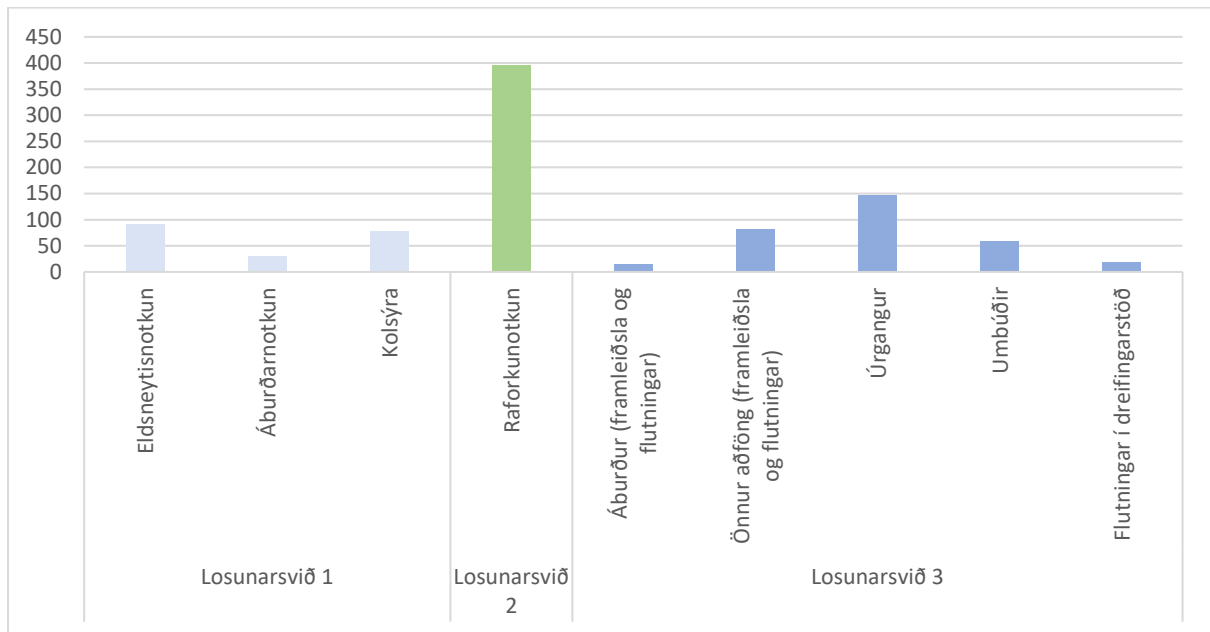
Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]	
	Gúrkur	Tómatar
Eldsneytisnotkun	11,3	91,2
Áburðarnotkun	94,2	29,7
Kolsýra	28,5	77,1
Raforkunotkun	125,4	395,0
Áburður (framleiðsla og flutningar)	42,3	15,1
Önnur aðföng (framleiðsla og flutningar)	47,3	81,0
Úrgangur	0,0	147,4
Umbúðir	45,0	58,2
Flutningar í dreifingarstöð	31,0	18,5
<b>Samtals</b>	<b>425,0</b>	<b>913,3</b>

Mynd 11 og Mynd 12 sýna sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 11. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í gúrkurækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

## Mat á kolefnisspori matvælaframleiðslu á Íslandi



Mynd 12. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í tómatarækt eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

## 11 Kolefnisspor fiskeldis

### 11.1 Inngangur

Fiskeldi hérlendis hefur vaxið hratt síðustu ár. Gefin hafa verið út 56 leyfi fyrir landeldi þar sem hámarkslífmassi er 31.842 tonn og 17 leyfi fyrir sjókvíaeldi þar sem hámarkslífmassi er 104.800 tonn.<sup>208</sup> Árið 2021 var heildarframleiðslan rúmlega 53.000 tonn (sjókvíaeldi 44.854 tonn, landeldi 8.282 tonn) og hefur vaxið verulega frá árinu 2015 þegar framleiðslan var 8.290 tonn (sjókvíaeldi 3.500 tonn, landeldi 4.790 tonn).<sup>209</sup> Langstærsti hluti framleiðslunnar er lax, 46.458 tonn (þar af 44.504 í sjókvíaeldi) en næstmest er fámleitt af bleikju (5.390 tonn). Framleiðsla í fiskeldi byggir á innfluttu fóðri.



Í fiskeldi tilheyrir losun vegna brennslu eldsneytis, og notkunar kælimiðla losunarsviði 1. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna notkunar rafmagns fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (seiði, eldsneyti, fóður, lyf, kælimiðlar, umbúðir), losun vegna meðhöndlunar úrgangs og vegna flutninga, frystingar, kælingar og pökkunar á fiski. Hér verður gerð grein fyrir kolefnisspori lax úr sjókvíaeldi. Ekki gafst færi á að reikna kolefnisspor landeldis vegna skorts á gögnum, auk þess sem útreikningarnir rúmuðust ekki innan ramma verkefnisins.

### 11.2 Aðföng

Helstu aðföng í fiskeldi eru seiði, fóður, lyf, kælimiðlar, umbúðir og eldsneyti. Losun gróðurhúsalofttegunda sem á sér stað vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum tilheyrir losunarsviði 3.

Æviskeið eldislaxa er u.þ.b. 2 ár frá því að seiði eru sett í kvíar þar til laxinum er slátrað. Eldi seiða upp í þá stærð sem seld er til laxeldisstöðva (um 100 g) er eðli málsins samkvæmt grundvöllur eldisins í stöðvunum og því er losun vegna seiðaeldis og flutnings seiða tekin með í útreikning kolefnissporsins. Tveir þættir ráða mestu um þessa losun, annars vegar framleiðsla og flutningur fóðurs fyrir seiðin og hins vegar flutningur seiðanna frá seiðaeldisstöð til laxeldisstöðvar. Hér er notaður kanadískur stuðull vegna losunar við seiðaframleiðslu sem samsvarar 2,1 kg á hvert tonn af lifandi laxi.<sup>210</sup> Losun vegna seiðaframleiðslu var því um 103,5 tonn árið 2021, miðað við að heildarframleiðslumagn hafi verið 49.295 tonn (44.287 tonnum var slátrað og afföll voru 5.008 tonn).<sup>211</sup> Þá er gert ráð fyrir að seiði séu að meðaltali flutt 200 km sjóleið í um 55 ferðum á ári. Þyngd seiðanna sjálfra skiptir minnstu máli í þessu samhengi enda þarf allt niður í 25 kg af seiðum til að framleiða 1 tonn af laxi. Lauslega áætlað eru að meðaltali 25 tonn af seiðum flutt í hverjum 500 tonnum af vatni í flutningstanki. Losun vegna

<sup>208</sup> Matvælastofnun, 2023. (Ársframleiðsla í fiskeldi eftir tegund og svæði).

<sup>209</sup> Sama heimild.

<sup>210</sup> Nathan W. Ayer og Peter H. Tyedmers, 2008.

<sup>211</sup> Matvælastofnun, 2023. (Landsframleiðsla í sjókvíaeldi).

sjóflutninga er áætluð  $0,019767 \text{ kg/t-km}$ .<sup>212</sup> Losun vegna flutninga á seiðum reiknast því vera  $27.920 \times (200 \times 0,019767) / 1000 = 110,4$  tonn koldíoxíðsigilda, þar sem heildarþyngd seiðanna með viðbótarvatni er 27.920 tonn.

Samkvæmt mælaborði fiskeldis var fóðurnotkun í laxeldi 57.940 tonn árið 2021. Slátrað var 44.287 tonnum af laxi, auk þess sem afföll voru 5.008 tonn.<sup>213</sup> Fóðurnotkun var því um 1,3 tonn á hvert tonn af slátruðum laxi. Algeng fóðurnotkun er 1,0-1,5 kg af fóðri á hvert kg af laxi. Við framleiðslu á fóðri losnar koldíoxíð vegna brennslu dísilolíu sem notuð er á dráttarvélar og önnur tæki sem notuð eru við uppskeru og aðra öflun hráefnis, vegna olíubrennslu í fiskimjölsframleiðslu og vegna þess að olía er notuð við þurrkun og flutninga hráefnis til fóðurverksmiðju. Einnig losnar hláturgas við framleiðslu og notkun áburðar við ræktun hráefnisins.<sup>214</sup> Hér er gert ráð fyrir að stór hluti þess fóðurs sem notað er í sjókvíaelði komi frá framleiðandanum Biomar í Noregi. Kolefnisspor fóðurs frá Biomar er 1,95 kg koldíoxíðsigilda á hvert kg af fóðri.<sup>215</sup> Losun vegna framleiðslu á fóðri var því um 112.983,0 tonn. Hér er gert ráð fyrir að fóður sé að meðaltali flutt 1.800 km sjóleið (áætluð siglingarleið milli Noregs og Íslands) og 50 km á landi. Losun vegna sjóflutninga er áætluð  $0,019767 \text{ kg/t-km}$  og losun vegna landflutninga (með flutningabíl)  $0,15017 \text{ kg/t-km}$ .<sup>216</sup> Losun vegna flutninga á fóðri reiknast því vera  $57.940 \times (1.800 \times 0,019767 + 50 \times 0,15017) / 1000 = 115.479,6$  kg koldíoxíðsigilda.

Ekki er vitað til þess að lyf hafi verið notuð í sjókvíaelði við Ísland árið 2021, en lyf eru víða notuð gegn laxalús og/eða öðrum sjúkdómum. Önnur notkun kemískra efna hefur ekki verið tekin með í reikninginn á þessu stigi.

Íslenskar laxeldisstöðvar nota kælimiðla að einhverju marki á kælikerfi við slátrun og vinnslu. Sumir kælimiðlar eru öflugar gróðurhúsalofttegundir og því mikilvægt að taka þá með í reikninginn. Eingöngu sú losun sem á sér stað áður en viðkomandi kælimiðlar koma í viðkomandi stöð, þ.e.a.s. vegna framleiðslu og flutninga, er tekin með við útreikninga á losunarsviði 3. Hér er gert ráð fyrir að losun vegna notkunar kælimiðla hafi verið um 6,5 kg á hvert framleitt tonn af laxi, eða samtals um 242,4 tonn.<sup>217</sup> Losun vegna notkunar miðlanna er tekin með í útreikninga á losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1). Útreikningar á kolefnisspori framleiðslunnar taka mið af leiðbeiningum IPCC, þar sem gert er ráð fyrir að 0,50% af framleiddu magni sleppi út í andrúmsloftið í framleiðsluferlinu.<sup>218</sup> Losun vegna framleiðslu á 242,4 tonnum er því um 1,2 tonn. Losun vegna flutninga er reiknuð með sama hætti og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum og nemur hún samtals 17,8 tonnum.

Dísilolía, eða önnur gasolía, er notuð á báta sem þjónusta eldiskvíar en einnig er dísilolía notuð á bíla vegna athafna á landi. Losun vegna brennslu dísilolíu tilheyrir losunarsviði 1, en losun vegna framleiðslu og flutninga olíunnar (WTT) tilheyrir losunarsviði 3. Ef gert er ráð fyrir að notkun dísilolíu nemi um 0,082 lítrum á hvert framleitt tonn<sup>219</sup> var heildarolíunotkun samtals 3.067 lítrar. Losun vegna WTT nam því 1,9 tonnum. Losunarstuðull WTT er fenginn úr bresku stuðlunum og er 0,62874 kg/l.<sup>220</sup>

Tafla 50 sýnir losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga í laxeldi árið 2021.

---

<sup>212</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>213</sup> Matvælastofnun, 2023.

<sup>214</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>215</sup> Sama heimild.

<sup>216</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>217</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>218</sup> IPCC, 2006.

<sup>219</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>220</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

Tafla 50. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga.

	Losun [tonn]
Seiði	213,9
Fóður	115.479,6
Kælimiðlar	19,0
Dísilolía, WTT	1,9
Samtals	115.714,4

### 11.3 Orkunotkun

Losun vegna notkunar raforku tilheyrir losunarsviði 2. Ef gert er ráð fyrir að 151,2 kWh sé notaðar á hvert framleitt tonn af laxi þá var rafmagnsnotkunin 5.623.220 kWh árið 2021.<sup>221</sup> Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja kWh,<sup>222</sup> en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Því má áætla að losun vegna þessarar raforkunotkunar hafi samsvarað um 57,9 tonnum.

Tafla 51. Losun vegna notkunar rafmagns.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	5.623.220	57,9

### 11.4 Eigin starfsemi

Losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) á sér stað vegna eldsneytisnotkunar og notkunar kælimiðla. Sem fyrr segir nam eldsneytisnotkun 3.067 lítrum af dísilolíu árið 2021. Því má gera ráð fyrir að losun vegna brennslu eldsneytis hafi verið 9,3 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda. Losun vegna framleiðslu og flutninga eldsneytis tilheyrir sem fyrr segir losunarsviði 3. Losun vegna notkunar kælimiðla var sem fyrr segir 242,4 tonn.

Tafla 52. Losun vegna notkunar kælimiðla og brennslu eldsneytis.

	Losun [tonn]
Brennsla eldsneytis	9,3
Notkun kælimiðla	242,4
Samtals	251,7

### 11.5 Frálag

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna affalla og meðhöndlunar úrgangs, vegna pökkunar og flutninga að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3.

Með afföllum er hér annars vegar átt við fóður sem laxarnir éta ekki og hins vegar dauða fiska, afskurð og annað fiskhold sem kemst af einhverjum ástæðum ekki á markað sem matvara, en endar þess í stað í mjölvinnslu til skepnufóðurs eða áburðar, eða fer í úrgangsméðhöndlun. Losun vegna affalla verður einkum þegar afföllin rotna eða eru meðhöndluð sem úrgangur (í urðun eða jarðgerð). Hér er losun vegna fiskholds sem ekki nýtist tekin með í reikninginn, en hins vegar er horft fram hjá losun vegna fóðurs sem fer til spillis. Í BAT-skýrslu Norrænu ráðherranefndarinnar um fiskeldi frá árinu 2013 er gengið út frá því að í laxeldi fari um 7% af fóðrinu til spillis.<sup>223</sup> Oft er reyndar miðað við mun lægri tölur, enda skiptir fátt meira máli í laxeldi en að breyta sem stærstum hluta þess fóðurs, sem keypt er, í ætan fisk. Í nýlegri frummatsskýrslu Rorum ehf. vegna fyrirhugaðs laxeldis í Reyðarfirði en þannig gert ráð

<sup>221</sup> Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018.

<sup>222</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>223</sup> Jesper Heldbo, 2013.

fyrir að aðeins um 2% af fóðrinu fari til spillis.<sup>224</sup> Í íslensku sjókvíaeldi er beitt myndavélatækni til að hámarka skilvirkni fóðurgjafar og með slíkum búnaði og öflugri vöktun verður fóðurtapið hverfandi. Fóður sem laxarnir éta ekki flýtur eðli málsins samkvæmt annaðhvort burt með straumum eða sekkur til botns. Eitthvað af því nýtist öðrum dýrum en fellur annars til botns og rotnar þar. Sama á við um úrgang frá löxunum sjálfum. Í rotnunarferlinu myndast koldíoxíð og/eða metan, eftir því að hve miklu leyti súrefni kemst að efninu, en það ræðst væntanlega bæði af dýpi og straumum sem og af magni lífrænna úrgangsefna og súrefnisaðstæðum við botninn. Koldíoxíð sem myndast á þennan hátt telst hlutlaust í kolefnisbókhaldi og ef metan myndast í einhverjum mæli myndi jafnframt verða til nokkuð af brennisteinsvetni (H<sub>2</sub>S) og ammoníaki (NH<sub>3</sub>). Þessi efni eru eitruð fyrir laxa og því myndi uppstreymi þeirra undir sjókvíum leiða til verulegra vanhalda í kvíunum. Ekki hefur orðið vart við slík eitrunaráhrif svo vitað sé og því má álykta að lítið uppstreymi sé af þessum efnum. Einnig er hugsanlegt að glaðloft geti myndast sem hliðarafurð í nítrun og afnítrun af völdum baktería. Glaðloft sem losnar við niðurbrot glataðs fóðurs er tekið með í sumum lífsferilsgreiningum á laxeldi,<sup>225</sup> en hér var ákveðið að undanskilja þessa losun vegna þess hversu mikil óvissa ríkir um stærð hennar.

Ekki er að finna upplýsingar um förgun úrgangs á mælaborði fiskeldis fyrir árið 2021. Þar er hins vegar að finna upplýsingar um förgun fyrir mánuðina mars til ágúst 2022. Að meðaltali var fargað um 7,3% af því magni sem var slátrað þessa mánuði. Ef gert er ráð fyrir að sama hlutfalli hafi verið fargað árið 2021 var heildarmagnið um 3.215 tonn. Ef gert er ráð fyrir að þetta magn hafi verið urðað var losun vegna urðunar samtals 4.514,3 tonn og losun vegna flutninga á urðunarstað 48,3 tonn. Þá er miðað við að losunarstuðull vegna urðunar sé 1,4039 kg/kg,<sup>226</sup> og að meðalvegalegd að urðunarstað sé um 100 km. Þá er losunarstuðull fyrir landflutninga 0,15017 kg/t-km.<sup>227</sup>

Ekki reyndist unnt að reikna losun vegna slátrunar á laxi út af skorti á gögnum.

Pökkun á eldislaxi fer að mestu eða öllu leyti fram þar sem laxinn er alinn og honum slátrað. Við pökkun eru einkum notaðar umbúðir úr plasti, þ.m.t. svokallaðar bleyjur og frauðplastkassar. Ef gert er ráð fyrir að notuð séu um 32,5 kg af plasti á hvert framleitt tonn var heildarnotkun umbúðarplasts 1.209,5 tonn árið 2021. Losunarstuðull fyrir plastumbúðir (3,1163 kg CO<sub>2</sub>/kg) er fenginn úr opinberu bresku safni losunarstuðla.<sup>228</sup> Losun vegna framleiðslu og flutninga umbúðanna var því 3.857,9 tonn.

Ef gert er ráð fyrir að pakkaðar afurðir séu fluttar um 100 km að dreifingarstöð verður losunin 558,2 tonn miðað við að losunarstuðullinn sé 0,15017 kg/t-km að meðtalinni losun vegna framleiðslu og flutnings eldsneytisins (WTT).

Tafla 53 sýnir losun vegna frálags.

Tafla 53. Losun vegna slátrunar, pökkunar og flutninga í dreifingarstöð.

	Losun [tonn]
Flutningur og meðhöndlun úrgangs	4.562,5
Umbúðir	3.857,9
Flutningar í dreifingarstöð	558,6
Samtals	8.979,1

<sup>224</sup> Þorleifur Eiríksson o.fl., 2017.

<sup>225</sup> David H.F. Robb o.fl., 2017.

<sup>226</sup> Sama heimild.

<sup>227</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>228</sup> Sama heimild.

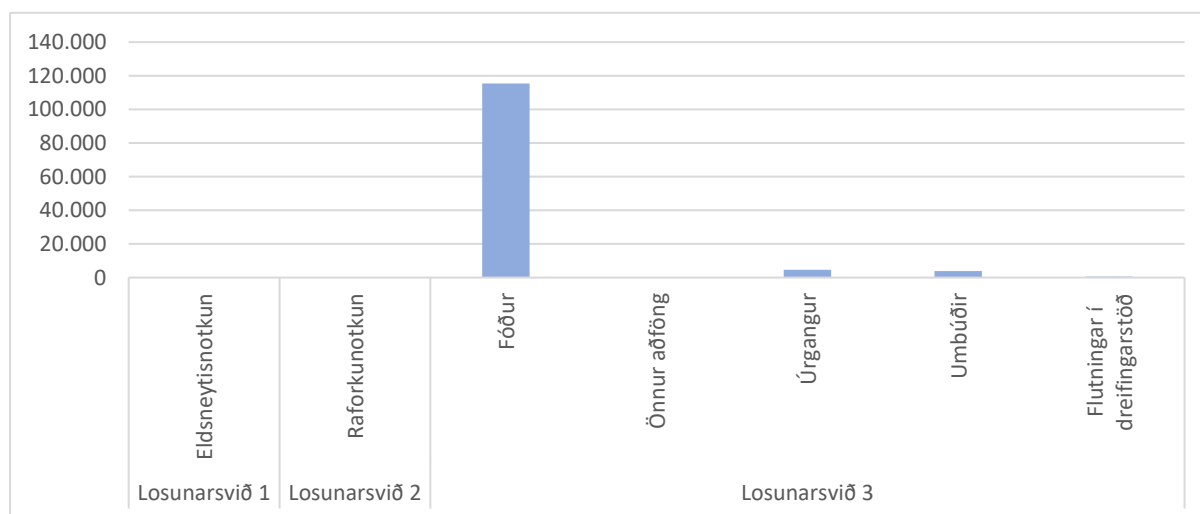
## 11.6 Losun gróðurhúsalofttegunda í laxeldi – samantekt

Tafla 54 sýnir losun í laxeldi árið 2021 miðað við framangreindar forsendur. Árið 2021 var 44.287 tonnum af laxi slátrað. Það samsvarar 37.201 tonni af slægðum og blóðguðum laxi eða 26.572 tonnum af laxakjöti með roði.<sup>229</sup> Eins og sjá má var losun vegna framleiðslu og flutninga fóðurs langstærsti losunarpátturinn. Heildarlosun frá vöggu að dreifingarstöð var samtals 124.760,7 tonn, sem samsvarar 3,35 kg á hvert kg af slægðum og blóðguðum laxi (124.760,7/37.201) en 4,70 kg á hvert kg af ætum bita.

Tafla 54. Losun gróðurhúsalofttegunda í laxeldi (samantekt).

Greining losunar	Losun [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Eldsneytisnotkun	9,3
Raforkunotkun	57,9
Fóður	115.479,6
Önnur aðföng	234,8
Úrgangur	4.562,5
Umbúðir	3.857,9
Flutningar í dreifingarstöð	558,6
<b>Samtals</b>	<b>124.760,7</b>

Mynd 13 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 13. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda í laxeldi eftir losunarsviðum (tonn koldíoxíðsigilda).

<sup>229</sup> Stephen Clune, Ende Crossin and Karli Verghese, 2016.

## 12 Kolefnisspor fiskveiða og -vinnslu

### 12.1 Inngangur

Fiskveiðar eru ein af undirstöðuáttvinnugreinum þjóðarinnar, enda hefur Ísland lengi verið meðal 20 aflahæstu þjóða í heimi. Meirihluti þessa afla telst vera uppsjávarafli, þ.e. loðna, síld, kolmunni og makrill. Um þriðjungur telst til botnfisksafla og skilar þorskur þar mestum aflaverðmætum. Frá aldamótum hefur heildarafli sveiflast frá rúmum milljón tonnum á ári í rúmlega 2,1 milljónir tonna. Á sama tíma hafa þorskveiðar verið á bilinu 151-278 þúsund tonn á ári. Árið 2021 veiddust 271.723 tonn af þorski.<sup>230</sup> Skipin sem sjá um veiðarnar eru margs konar, svo sem smábátar, línubátar, netaskip, togarar og uppsjávarskip. Þá eru veiðarfærin einnig mismunandi en einkum er um að ræða handfæri, línu, net, dragnót, hringnót, botnvörpu og flotvörpu.



Losun gróðurhúsalofttegunda vegna brennslu eldsneytis og notkunar kælimiðla við fiskveiðar og fiskvinnslu tilheyrir losunarsviði 1. Losun vegna notkunar rafmagns fellur undir losunarsvið 2. Undir losunarsvið 3 fellur losun vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (eldsneyti, kælimiðlar, veiðarfæri, kemísk efni, umbúðir), losun vegna meðhöndlunar úrgangs og losun vegna flutninga, frystingar, kælingar og þökkunar á fiski. Af öllum þessum þáttum skiptir olíunotkun við fiskveiðar langmestu máli en hún er m.a. háð ástandi fiskistofna, veiðistjórnun, orkunýtni skipa, veiðarfærum, aflamagni, samsetningu afla, fjarlægð frá miðum, straumum og veðri. Erfitt er að greina losun niður á tegundir afla og þar við bætist að hluta aflans er landað erlendis, auk þess sem erlend skip landa héraðs að einhverju marki. Hér verður þó gerð tilraun til að greina kolefnisspor þorsks. Í stað þess að byggja útreikningana á heildartölum fyrir landið allt eins og hér er gert, væri þó betra að reikna sporið fyrir einstök fyrirtæki og reyna síðan að meta heildarsporið út frá útreikningum margra fyrirtækja.

### 12.2 Aðföng

Helstu aðföng við fiskveiðar eru eldsneyti, kælimiðlar, veiðarfæri, kemísk efni og umbúðir. Losun gróðurhúsalofttegunda sem á sér stað vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum tilheyrir losunarsviði 3.

Árið 2021 var gasolíunotkun íslenska fiskiskipaflotans samtals 138.207 tonn.<sup>231</sup> Þetta samsvarar um 160 milljónum lítra. Svartolía var ekki notuð á fiskiskip árið 2021.<sup>232</sup> Ef gert er ráð fyrir að um 0,27 lítra af olíu þurfi til að veiða hvert tonn af þorski var heildarnotkun gasolíu við þorskveiðar rúmlega 72.500.000 lítrar<sup>233</sup> árið 2021. Losun vegna brennslu dísilolíu fellur undir losunarsvið 1 en losun vegna

<sup>230</sup> Hagstofan, 2023.

<sup>231</sup> Orkustofnun, 2022.

<sup>232</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>233</sup> Þessi tala er fengin með grófum útreikningum á olíunotkun eftir tegund afla og veiðarfærum (Hagstofa Íslands, 2023d) og stuðlum fyrir olíunotkun sem birtir eru í eldsneytisspá Orkustofnunar (Orkustofnun, 2021).



framleiðslu og flutninga dísilolíunnar (WTT) telst sem hluti af losunarsviði 3. Miðað við ofangreint magn af olíu nam losun vegna WTT 45.862,5 tonnum árið 2021. Losunarstuðull WTT er fenginn úr bresku stuðlunum og er 0,62874 kg/l.<sup>234</sup>

Samkvæmt Landsskýrslu Íslands 2023 var heildarlosun kaelimiðla við fiskveiðar á Íslandi um 58.197 tonn árið 2021.<sup>235</sup> Ef miðað er við að 45% sé vegna þorskveiða var magnið 26.189 tonn (CO<sub>2</sub>íg). HFC-kaelimiðlar eru mjög öflugar gróðurhúsalofttegundir og því mikilvægt að taka þá með í reikninginn. Árið 2020 voru settir innflutningskvótar á þessa kaelimiðla og fara þeir stigminnkandi á næstu árum. Sama ár var einnig lagður sérstakur skattur á HFC-kaelimiðla. Útfösun þessara efna er því þegar hafin og mun væntanlega klárast á allra næstu árum. Aðfangamegin (losunarsvið 3) reiknast eingöngu sú losun sem á sér stað áður en viðkomandi kaelimiðlar koma á staðinn, þ.e.a.s. vegna framleiðslu og flutninga. Útreikningar á kolefnisspori framleiðslunnar taka mið af leiðbeiningum IPCC, þar sem gert er ráð fyrir að 0,50% af framleiddu magni sleppi út í andrúmsloftið í framleiðsluferlinu.<sup>236</sup> Losun vegna framleiðslu á 26.189 tonnum af HFC-kaelimiðlum er því um 130,9 tonn. Losun vegna flutninga er reiknuð með sama hætti og losun vegna flutninga á öðrum aðföngum og nemur hún 1.919,2 tonnum. Hér er gert ráð fyrir að kaelimiðlar séu að meðaltali fluttir 2.187,88 km sjóleið (áætluð siglingarleið milli Rotterdam og Reykjavíkur) og 200 km á landi. Losun vegna sjóflutninga er áætluð 0,019767 kg/tonn/km og losun vegna landflutninga (með flutningabíl) 0,15017 kg/tonn/km.<sup>237</sup>

Veiðarfæri endast lengi en árlega þarf þó að farga þeim hluta veiðarfæra sem ekki þjóna lengur tilgangi sínum. Langmestur hluti ónýtanlegra veiðarfæra fer nú til endurvinnslu. Flytja þarf inn ný veiðarfæri sem koma í stað þeirra sem eyðileggjast eða tapast. Ef gert er ráð fyrir að 2,3 kg af veiðarfærum séu flutt inn fyrir hvert tonn af veiddum fiski<sup>238</sup> hefur þurft að flytja inn 625 tonn árið 2021. Veiðarfæri eru að langmestu leyti úr plasti. Eins og áður hefur komið fram er hér reiknað með að 3,1163 tonn CO<sub>2</sub>íg losni við framleiðslu á hverju tonni af plasti. Losun vegna framleiðslu veiðarfæra sem hér er um ræðir reiknast því vera 1.946,0 tonn. Miðað við sömu forsendur og áður er losun vegna flutninga 45,8 tonn.

Engar upplýsingar fengust um notkun kemískra efna í tengslum við þorskveiðar, svo sem um notkun málningar og sóttþreinsiefna.

Tafla 55 gefur yfirlit yfir losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga fyrir þorskveiðar árið 2021.

Tafla 55. Losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga í þorskveiðum.

	Losun [tonn]
Gasolía (WTT)	45.862,5
Kaelimiðlar	2.050,1
Veiðarfæri	1.991,7
Samtals	49.904,4

### 12.3 Orkunotkun

Losun vegna notkunar raforku tilheyrir losunarsviði 2. Rafmagn er notað á ýmsan búnað í höfnum og í fiskvinnslustöðvum. Ef gert er ráð fyrir að um 239,1 kWh séu notaðar á hvert framleitt tonn af þorski þá var rafmagnsnotkun um 64.694.615 kWh árið 2021.<sup>239</sup> Miðað er við að losun sé 10,3 g á hverja

<sup>234</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>235</sup> Umhverfisstofnun, 2023 og UNFCCC 2023. Miðað er við að hlutfall losunar fiskiskipa af flokknum 2F1d sé um 94%, sbr. NIR 2018 (Umhverfisstofnun, 2018).

<sup>236</sup> IPCC, 2006.

<sup>237</sup> UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

<sup>238</sup> Gróf nálgun út frá gögnum Brims (Brim, 2023).

<sup>239</sup> Sveinn Margeirsson, framkvæmdarstjóri nýsköpunar og loftslagsmála hjá Brimi, 2023 (rafbréf).

kWh,<sup>240</sup> en losun á hverja kWh er aðeins breytileg frá ári til árs. Því má áætla að losun vegna þessarar raforkunotkunar hafi samsvarað um 669,1 tonnum.

Tafla 56. Losun vegna notkunar rafmagns í tengslum við þorskveiðar.

	Rafmagn [kWh]	Losun [tonn]
Notkun rafmagns	64.694.615	669,1

## 12.4 Eigin starfsemi

Losun í eigin starfsemi (losunarsvið 1) á sér stað vegna eldsneytisnotkunar og notkunar kælimiðla. Sem fyrr segir er gert ráð fyrir að eldsneytisnotkun vegna þorskveiða hafi verið samtals rúmlega 72.500.000 lítrar árið 2021. Losunarstuðull vegna brennslu eldsneytis um borð í skipum er 2,77480 kg CO<sub>2</sub>/l skv. Landsbókhaldi Íslands<sup>241</sup> og heildarlosun vegna olíunotkunarinnar því  $72.506.496 \times 2,77480 / 1000 = 201.190,8$  tonn CO<sub>2</sub>-ígilda.

Sem fyrr segir er gert ráð fyrir að losun vegna notkunar kælimiðla árið 2021 hafi verið 26.189 tonn.

Tafla 57. Losun vegna notkunar kælimiðla og brennslu eldsneytis.

	Losun [tonn]
Brennsla eldsneytis	201.190,8
Notkun kælimiðla	26.188,8
Samtals	227.379,6

## 12.5 Frálag

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna meðhöndlunar úrgangs og vegna meðhöndlunar fisks, þ.m.t. vegna frystingar, kælingar og þökkunar svo og losun vegna flutninga frá frystihúsum að dreifingarstöð tilheyrir losunarsviði 3.

Úrgangur sem fellur til í fiskvinnslum lendir líklega að einhverju leyti í fráveitukerfinu og veldur hugsanlega losun í viðtaka. Úrgangur úr ristum er væntanlega sendur til urðunar. Ekki fengust upplýsingar til að reikna losun vegna þessa þáttar.

Við þökkun á fiskafurðum eru einkum notaðar einnota umbúðir úr plasti. Um er að ræða m.a. plastfilmu til aðskilnaðar fiskflaka í kössum, frauðplastkassa og bindiborða. Notkun umbúða er mjög mismunandi eftir flokkum afurða en hér er gert ráð fyrir að magn umbúða sé 6,3 kg á hvert tonn af þorski.<sup>242</sup> Losunarstuðull fyrir framleiðslu á plasti er reiknaður út frá bresku stuðlunum að teknu tilliti til hlutfallslegar notkunar plastflokka í plastumbúðir í fiskvinnslu.<sup>243</sup> Samkvæmt þessu var plastnotkun um 1.711 tonn árið 2021. Losunarstuðull við framleiðslu á hverju tonni af plasti er 3,2121 tonn CO<sub>2</sub>íg. Losun vegna framleiðslu umbúðanna reiknast því vera  $1.712 \times 3,2121 = 5.498,6$  tonn. Miðað við sömu forsendur og áður er losun vegna flutninga umbúðanna 125,4 tonn. Ekki liggja fyrir upplýsingar um notkun pappa í umbúðir.

Fiskurinn er fluttur frá fiskvinnslu að dreifingarstöðvum. Þessir flutningar valda losun vegna bruna eldsneytis sem notað er á flutningabílana sem annast flutningana. Hér er gert ráð fyrir að meðalakstursvegalengd að dreifingarstöð sé 30 km. Við útreikninga er hér sem fyrr notaður losunarstuðullinn 0,15017 kg/t-km. Losun vegna flutninga á framleiðsluvörunni reiknast því vera  $271.722 \times 30 \times 0,15017 / 1.000 = 1.224,1$  tonn koldíoxíðsígilda.

<sup>240</sup> Umhverfisstofnun, 2023b.

<sup>241</sup> UNFCCC, 2023.

<sup>242</sup> Harpa Brynjarsdóttir, 2018.

<sup>243</sup> Harpa Brynjarsdóttir, 2018 og UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023.

Tafla 58 sýnir losun vegna notkunar umbúða og flutninga í dreifingarstöð.

Tafla 58. Losun vegna umbúða og flutninga í dreifingarstöð.

	Losun [tonn]
Umbúðir	5.624,0
Flutningar í dreifingarstöð	1.224,1
Samtals	6.848,1

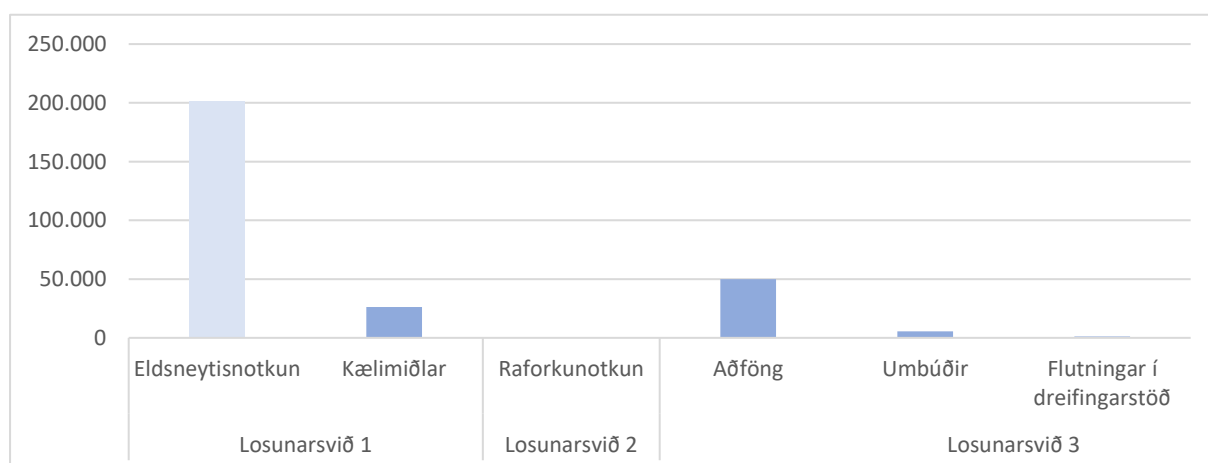
## 12.6 Losun gróðurhúsalofttegunda við þorskveiðar – samantekt

Tafla 59 sýnir losun vegna veiða og vinnslu þorsks árið 2021 miðað við framangreindar forsendur. Eins og sjá má var losun vegna brennslu eldsneytis langstærsti þátturinn, en framleiðsla og flutningur aðfanga veldur einnig talsverðri losun. Heildarlosun frá vöggu að dreifingarstöð var samtals 284.801,2 tonn, sem samsvarar 1,05 kg á hvert kg af þorski (284.801,2/271.722). Inni í framleiðslutölunni eru roð og bein og annað sem ekki nýtist til manneldis. Sé reiknað með að um 63% af fiskinum<sup>244</sup> séu „ætir bitar“ verður kolefnissporið  $284.801,2 / (271.722 \times 0,63) = 1,68$  kg koldíoxíðsígilda á hvert kg.

Tafla 59. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna veiða og vinnslu á þorski.

Greining losunar	Losun 2021 [tonn CO <sub>2</sub> -íg.]
Eldsneytisnotkun	201.190,8
Notkun kælimiðla	26.188,8
Raforkunotkun	669,1
Aðföng	49.904,4
Umbúðir	5.624,0
Flutningar í dreifingarstöð	1.224,1
<b>Samtals</b>	<b>284.801,2</b>

Mynd 14 sýnir sömu niðurstöður á myndrænan hátt skipt eftir losunarsviðum.



Mynd 14. Yfirlit yfir losun gróðurhúsalofttegunda vegna veiða og vinnslu á þorski (tonn koldíoxíðsígilda).

<sup>244</sup> Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016.

### 13 Heimildaskrá

1. Birna Sigrún Hallsdóttir og Stefán Gíslason, 2017: Losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárþúum á Íslandi og aðgerðir til að draga úr losun. Landssamtök sauðfjárþénda. <https://www.environmental.ica.org/wp-content/uploads/2018/01/GHL-sauðfe-Environmental-LOKA.pdf>.
2. Björgvin Brynjarsson, Börkur Smári Kristinsson og Eva Ingvadóttir, 2019: Kolefnisspor nautgripaþéktar á Íslandi 2018. Landssamband kúabénda.
3. Brim, 2023. Árs- og sjálfþærnisrásl 2022. <https://arsskýrsla2022.brim.is/>.
4. David H.F. Robb, Michael MacLeod, Mohammad R. Hasan and Doris Soto (2017): Greenhouse gas emissions from aquaculture. A life cycle assessment of three Asian systems. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 609. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Róm. <https://www.fao.org/3/i7558e/i7558e.pdf>.
5. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2021: Commission Recommendation on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. [https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods_en).
6. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2021b: Update of benchmark values for the years 2021-2025 of the phase 4 of the EU ETS. [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-10/policy\\_ets\\_allowances\\_bm\\_curve\\_factsheets\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-10/policy_ets_allowances_bm_curve_factsheets_en.pdf).
7. Hagstofa Íslands, 2023: Fjöldi launaþéga 2008 – janúar 2020. <https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/fyrirtaeki/fyrirtaeki/>.
8. Hagstofa Íslands, 2023b: Atvinnuvegir. Landbúnaður. Búþeningur eftir landsvæðum. Talnaefni. [https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir\\_\\_landbunadur\\_\\_landbue/LAN10102.px/table/tableViewLayout1/](https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__landbunadur__landbue/LAN10102.px/table/tableViewLayout1/).
9. Hagstofa Íslands, 2023c: Atvinnuvegir. Landbúnaður. Uppsþera og afurðir frá 1977. Talnaefni. <https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/landbunadur/bue-og-uppsþera>.
10. Hagstofa Íslands, 2023d: Atvinnuvegir. Sjávarútvegur. Afli og verðmæti eftir skipagerð og veiðarfærum. [https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir\\_\\_sjavarutvegur\\_\\_afatolur\\_\\_skipagerd\\_veidarfaeri/SJA09015.px](https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__sjavarutvegur__afatolur__skipagerd_veidarfaeri/SJA09015.px)
11. Harpa Brynjarisdóttir, 2018: Plastnotkun í sjávarútvegi – Greining á plastnotkun HB Granda við veiðar og vinnslu. Háskólinn á Akureyri, lokaverkefni.
12. ICAO (Alþjóðaflugmálastofnunin), 2023: *Carbon Emissions Calculator*. <https://applications.icao.int/icec>.
13. Ingólfur Guðnason, 2021. Lífrænar varnir reynast garðyrkjuþéndum vel. Grein í Bændablaðinu. <https://www.bbl.is/skodu/a-faglegum-notum/lifraenar-varnir-reynast-gardyrkjubaendum-vel>
14. IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
15. Jesper Heldbo (ritstj.) (2013): Bat for fiskeopþrát i Norden. Bedste tilgængelige teknologier for Akvakultur i Norden. TemaNord 2013:529. Norræna Ráðþerranefnðin, Kaupmannahöfn. <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:701735/FULLTEXT01.pdf>.
16. Landbúnaðarháskóli Íslands, 2018: „Misjafn er sauður í mörgu fé“ – greining á áhrifaþáttum haustþunga lamba í gagnasafni Hestbúsins 2002-2013. [https://lbhi.is/images/pdf/utgefing%20efni/fjolrit%20rannsoknastofnunar%20landbunadarins/rit\\_lbhi\\_nr\\_105.pdf](https://lbhi.is/images/pdf/utgefing%20efni/fjolrit%20rannsoknastofnunar%20landbunadarins/rit_lbhi_nr_105.pdf)

17. Landbúnaðarháskóli Íslands, 2021: Fæðuöryggi á Íslandi. <https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/KThJ/F%C3%A6%C3%B0u%C3%B6ryggi%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi%20lokask%C3%BDrsla.pdf>.
18. Matvælaráðuneytið, 2023: Mælaborð landbúnaðarins. <https://www.stjornarradid.is/verkefni/atvinnuvegir/landbunadur/maelaborð-landbunadarins/>.
19. Matvælastofnun, 2020: Alifuglahald. <https://www.mast.is/is/baendur/alifuglaraekt/alifuglahald>.
20. Matvælastofnun, 2023: Mælaborð fiskeldis. <https://www.mast.is/is/maelaborð-fiskeldis>.
21. Nathan W. Ayer og Peter H. Tyedmers, 2008: Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 2008 (1-12). [https://www.researchgate.net/publication/222568250\\_Assessing\\_alternative\\_aquaculture\\_technologies\\_life\\_cycle\\_assessment\\_of\\_salmonid\\_culture\\_systems\\_in\\_Canada](https://www.researchgate.net/publication/222568250_Assessing_alternative_aquaculture_technologies_life_cycle_assessment_of_salmonid_culture_systems_in_Canada).
22. Nordic Council of Ministers, 2023: Nordic Nutrition Recommendations 2023 – integrating environmental aspects. <https://pub.norden.org/nord2023-003/nord2023-003.pdf>
23. Orkustofnun, 2021: Eldsneytisspá 2021-2060. <https://gogn.orkustofnun.is/Skyrslur/OS-2021/OS-2021-02.pdf>.
24. Orkustofnun, 2022: Þróun á olíusölu eftir geirum á Íslandi 1982-2021. <https://orkustofnun.is/upplýsingar/talnaefni/eldsneyti>.
25. R. Lal, 2004. Carbon emissions from farm operations. *Environment International*, bls. 981-990. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412004000832?via%3Dihub>.
26. RML (Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins), 2023 b. Huppa.is – niðurstöður 2022. <https://www.rml.is/is/forrit-og-skyrsluhald/nautgripaekt/eldri-nidurstodur/huppais-nidurstodur-2022>.
27. RML (Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins), 2023. Fjávís.is – niðurstöður 2022. <https://www.rml.is/is/forrit-og-skyrsluhald/fjarvís/nidurstodur-skyrsluhalds>.
28. Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018: Kolefnisspor garðyrkju á Íslandi og aðgerðir til að minnka það. Samband garðyrkjubænda.
29. Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2018: Kolefnisspor íslensks laxeldis og aðgerðir til að minnka það. Landssamband fiskeldisstöðva. <https://www.environment.is/wp-content/uploads/2018/09/GHL-Laxeldi-Environice-Lokaloka%C3%BAtg%C3%A1fa.pdf>.
30. Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, 2021: Kolefnisspor íslenskra kjúklinga og leiðir til að minnka það. Félag kjúklingabænda.
31. Stephen Clune, Enda Crossin and Karli Verghese, 2016: Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production* 140(2017) 766-783. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616303584>.
32. Stjórngrís hf, 2022: Skýrsla um „Grænt bókhald“ hjá Stjórngrís hf – Melar 2021. [https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-efirlitsskyrslur/Gr%c3%a6nt\\_b%c3%b3khald\\_hj%c3%a1\\_Stj%c3%b6rnugr%c3%ads\\_-\\_Melar\\_2021.pdf](https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-efirlitsskyrslur/Gr%c3%a6nt_b%c3%b3khald_hj%c3%a1_Stj%c3%b6rnugr%c3%ads_-_Melar_2021.pdf).
33. The Swedish Institute for Food and Biotechnology, 2009: Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:943352/FULLTEXT01.pdf>.
34. UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2023: Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022. <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022>.

35. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2018: Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum 2018 – 2030. Fyrsta útgáfa, september 2018. <https://www.stjornarradid.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=b1bda08c-b4f6-11e8-942c-005056bc4d74>.
36. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020: Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum. Aðgerðir íslenskra stjórnvalda til að stuðla að samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda til 2030. 2. útgáfa, júní 2020. <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Adgerdaaetlun%20i%20loftslagsmalum%20onnur%20utgafa.pdf>.
37. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021: Í átt að hringrásarhagkerfi. Stefna umhverfis- og auðlindaráðherra í úrgangsmálum. [https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/UAR\\_stefnal\\_att\\_ad\\_hringrasarhagkerfi.pdf](https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/UAR_stefnal_att_ad_hringrasarhagkerfi.pdf).
38. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021b: Umbótaáætlun 2020-2023 vegna bókhalds Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu kolefnis vegna landnotkunar. <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Umb%C3%B3ta%C3%A1%C3%A6tlun%202020-2023.pdf>.
39. Umhverfisstofnun, 2018: National Inventory Report. Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990 to 2016. <https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Loftslagsbreytingar/NIR%202018%2015%20April%20submission.pdf>.
40. Umhverfisstofnun, 2023: National Inventory Report. Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990 to 2021. [https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/ISL\\_NIR%202023\\_15%20april\\_on\\_web.pdf](https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/ISL_NIR%202023_15%20april_on_web.pdf)
41. Umhverfisstofnun, 2023b: Losunarstuðlar. <https://ust.is/loft/losun-grodurhusalofttegunda/losunarstudlar>.
42. UNFCCC (Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna), 2023: National Inventory Submissions 2023. (CRF, Iceland). <https://unfccc.int/documents/627839>.
43. World Resources Institute, 2004: The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised edition. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.
44. World Resources Institute, 2014: Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities. <https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>.
45. World Resources Institute, á.á., b: The Greenhouse Gas Protocol. The GHG Protocol for Project Accounting. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg\\_project\\_accounting.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_project_accounting.pdf).
46. World Resources Institute, á.á., c: The Greenhouse Gas Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard\\_041613.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf).
47. World Resources Institute, á.á: The Greenhouse Gas Protocol. GHG Protocol Agricultural Guidance. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20%28April%2026%29\\_0.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20%28April%2026%29_0.pdf).
48. Þorleifur Eiríksson, Guðmundur Víðir Helgason, Sigmundur Einarsson, Anna Guðrún Edvardsdóttir, Kristján Lilliendahl, Adam Hoffritz, Gunnar Steinn Gunnarsson og Einar Örn Gunnarsson (2017): Viðbótarframleiðsla Laxa fiskeldis ehf. á 10.000 tonnnum af laxi í sjókvíum í Reyðarfirði. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. Laxar fiskeldi ehf. [https://www.skipulag.is/media/attachments/Umhverfismat/1258/reymarfjordur\\_laxar\\_fiskeldi\\_frummatsskyrsla.pdf](https://www.skipulag.is/media/attachments/Umhverfismat/1258/reymarfjordur_laxar_fiskeldi_frummatsskyrsla.pdf).