

MEÐAFLI FUGLA OG SJÁVARSPENDÝRA Í GRÁSLEPPUVEIÐUM 2014-2017

SAMANTEKT

Í þessari samantekt var notast við gögn úr 193 róðrum veiðieftirlits Fiskistofu yfir fjögurra ára tímabil, 2014-2017, til að meta meðafla fugla og sjávarspendýra í grásleppuveiðum við Ísland. Meðaflinn var metinn á fjóra vegu; án skiptingar, skipt upp eftir svæðum, skipt upp eftir dýpi og skipt upp eftir mánuðum, auk þess sem skráningar skipstjórnarmanna á meðafla voru teknar saman. Breytileiki í meðafla milli ára og áhrif handahófskenndrar sýnatöku voru líka könnuð.

Algengustu sjávarspendýrin sem veiddust sem meðafli voru landselur, útselur og hnísa, á meðan algengustu fuglarnir voru æðarfugl, teista, langvía og skarfar. Meðaflamötin fjögur voru öll tiltölulega svipuð, en þó var matið skipt upp eftir svæðum í flestum tilfellum lægst á meðan mötin skipt upp eftir dýpi eða mánuðum hæst og matið án skiptingar þar á milli. Mötin þrjú sem byggðu á uppskiptum gögnum voru óvissari, og höfðu töluvert hærra frávikshlutfall í kringum matið. Matið fyrir sjávarspendýr var lægst skipt upp eftir svæðum (3100 ± 1086 dýr), næst lægst án skiptingar (3570 ± 607 dýr), en matið skipt eftir dýpi var aðeins hærra (3620 ± 2860 dýr) og hæst var matið skipt upp eftir mánuðum (3850 ± 1577 dýr). Til samanburðar voru skráningar sjávarspendýra í afladagbækur 988 dýr árið 2017. Mötin fyrir sjófugla fylgdu álíka mynstri, en matið var lægst skipt upp eftir svæðum (7210 ± 3030 fuglar), næst lægsta matið var það án skiptingar (8150 ± 1222 fuglar), matið skipt upp eftir dýpi kom þar á eftir (8800 ± 3962 fuglar) en hæst var matið skipt upp eftir mánuði (9100 ± 3180 fuglar). Til samanburðar voru 2417 fuglar skráðir í afladagbækur grásleppubáta árið 2017.

Skipt upp eftir tegundum, sést að mötin fjögur fyrir hnísu eru mjög áþekkt, þar sem matið skipt upp eftir dýpi (662 dýr) var um 100 hnísum hærra og matið skipt upp eftir mánuðum (428 dýr) um 100 dýrum lægra en matið án skiptingar og matið skipt eftir svæðum (~550 dýr). Skráðar hnísur í afladagbækur voru 286 árið 2017. Matið skipt upp eftir dýpi (1663 selir) var einnig hæsta mat meðafla landsels, í samanburði við matið án skiptingar (1367 selir), matið skipt upp eftir mánuðum (1221 selur) og matið skipt upp eftir svæðum (1255 selir). Í tilfalli útsels var matið skipt upp eftir svæðum (1091 selur) og matið skipt upp eftir dýpi (1034 selir) svipuð, á meðan matið án skiptingar var um 300 selum hærra, og matið skipt upp eftir dýpi töluvert hærra eða í kringum 1900 selir. Til samanburðar voru 700 selir af öllum tegundum skráðir í afladagbækur árið 2017. Meðaflamötin fjögur fyrir teistu voru öll nokkuð svipuð, á bilinu 1500-2000 fuglar á ári, og sama er hægt að segja um meðaflamötin fyrir skarfa sem voru öll á milli 800 og 1000 fuglar á ári, en þó var matið skipt upp eftir mánuðum hæst í báðum tilfellum. Skráðar teistur í afladagbækur voru 600 og skarfar 177 árið 2017. Meðaflamatið fyrir æðarfugl skipt upp eftir dýpi (4289 fuglar) og það skipt upp eftir mánuðum (3847 fuglar) voru um 1000-1400 fuglum hærra en matið skipt upp eftir svæðum og matið án skiptingar, en til samanburðar voru 442 æðarfuglar skráðir í afladagbækur 2017. Meðaflamatið fyrir langvíu skipt upp eftir dýpi (1756 fuglar) var töluvert hærra en matið án skiptingar (1350 fuglar) og matið skipt upp eftir svæðum (1376 fuglar), en lægst var matið skipt upp eftir mánuðum (873 fuglar). Langvíur voru almennt ekki skráðar í afladagbækur, og eru því væntanlega inni flokknum „aðrir sjófuglar“, en 1198 slíkir voru skráðir árið 2017.

Dýpi hafði lítil áhrif á meðaflatíðni, nema í tilfalli teistunnar, sem hafði lægri meðaflatíðni með auknu dýpi. Meðaflatíðni æðarfugls og útsels lækkaði með auknu dýpi, en það samband var þó ekki marktækt, en líklegt er að með aukinni sýnasöfnun muni marktækt samband koma fram.

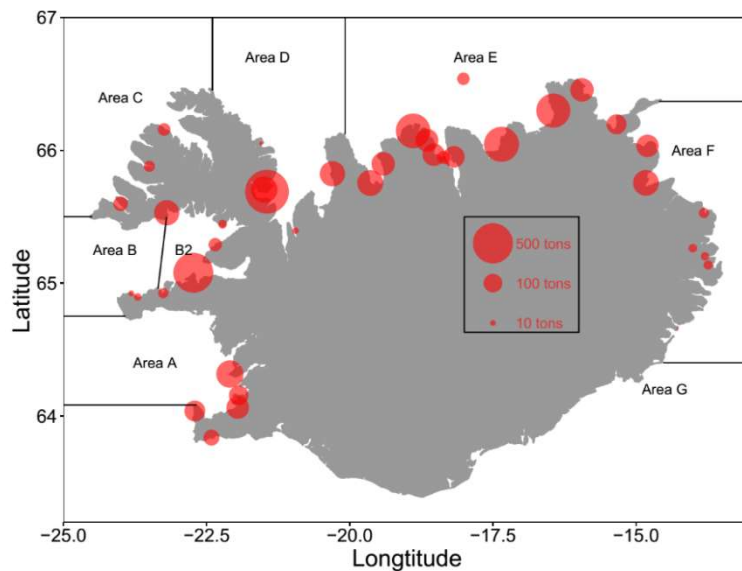
Talsverðar sveiflur voru á milli ára í meðafla sumra tegunda, sérstaklega hjá útsel og æðarfugli. Hinsvegar voru sömu meðaflategundirnar algengastar öll árin. Þetta bendir til að breytileiki milli ára sé aðallega vegna munar á þekju eftirlitsins, og þeirri staðreynd að hjá sumum tegundum er meðafli nokkuð sjaldgæfur viðburður, en magn mikið þegar það gerist, sem leiðir til mikils breytileika milli ára.

Samanburður á handahófskenndum róðrum eftirlitsmanna og þeim sem voru skipulagðir til að kanna fjölda neta, meðafla þorsks eða vegna gruns um önnur brot sýnir að meðaflatíðni í skipulögðu ferðunum var lægri heldur en í þeim handahófskenndu.

Meðaflatiðni var misjöfn milli mánaða hjá útsel, teistu og skörfum, en tíðnin hjá þessum tegundum var hærri í maí, júní og júlí heldur en öðrum mánuðum. Þessi marktæki munur á milli mánaða er eflaust tengdur veiðisvæðum og dýpi, og því þarf að túlka hann af varúð. Yfirleitt er breytileiki í dýpi og veiðimánuðum meiri milli svæða heldur en innan, og því ættu þessir helstu þættir að koma fram í matinu skipt upp eftir svæðum. Frekara eftirlit væri nauðsynlegt til að kanna áhrif þessara þátta innan svæða þar sem núverandi gögn leyfa ekki frekari uppskiptingu.

INNANGANGUR

Hrognkelsaveiðum við landið má skipta í tvennt, veiðar á rauðmaga sem stundaðar eru í litlu magni fyrir utan norðurland, og veiðar á grásleppu sem stundaðar eru vegna hroгна. Rauðmagaveiðar eru mjög lítil hluti heildarveiðarinnar og eru ekki teknar fyrir í þessari samantekt. Veiðar á grásleppu standa yfir frá lok mars fram í ágúst, og notast er við net með 267-292 mm möskva við veiðarnar. Aðalveiðisvæðin eru við strönd Faxaflóa og Breiðafjarðar, auk norðurlands. Lítið er veitt við suðurströndina og á Austfjörðum. Landinu er skipt upp í 7 veiðisvæði, merkt A-G (Mynd 1). Veiðum er stýrt með takmörkun á sókn, og eru takmarkanir á heildarlengd neta, fjölda veiðidaga og fjölda veiðileyfa. Heildarafli, byggður á ráðgjöf Hafrannsóknastofnunar er gefin út ár hvert af sjávarútvegs og landbúnaðarráðherra, og er stýrt með takmörkunum á fjölda veiðidaga hvers báts.



Mynd 1. Landanir grásleppu í tonnum eftir höfnum og svæðum árið 2016. Grásleppuveiðisvæðin A-G eru einnig sýnd á myndinni.

Meðafli fugla og sjávarspendýra í grásleppuveiðum var fyrst metinn af Ólafi K. Pálssyni og fl. 2015, sem notuðust við afladagbækur og ferðir eftirlitsmanna við matið. Þau mátu, byggt á gögnum frá 2013, að um 400 hnísur, 700 landselir og 140 útselir veiddust árlega í grásleppunet, auk 2000 teista, 1900 æðarfugla og 900 skarfa. Meðafli sjófugla var einnig metinn árið 2016 af Birdlife International (Fuglavernd), sem notuðust við eigin mælingar í 37 róðrum grásleppubáta (Bond og fl. 2016). Mat Birdlife International var upp á um 9000 fugla á ári, þar af um 4000 teistur, 3000 æðarfugla og 1500 dilaskarfa. Notast var við heildarfjölda daga og neta við uppreikning, og því gæti verið um ofmat að ræða þar sem einhverjir bátar róa ekki alla daga vertíðarinnar eða nota færri net en hámarkið segir til um sem gæti útskýrt hærri tölur hjá þeim en í rannsókninni hjá Ólafi K. Pálssyni og fl. 2015.

AÐFERÐIR

Fyrir 2010 var það skylda skipstjórnarmanna að skrá meðafli sjófugla og spendýra í þar til gerðar afladagbækur á pappírformi. Þau gögn voru síðan tekin saman og sett inn í gagnagrunn hjá Hafrannsóknastofnun. Þessi gögn, auk gagna frá eftirlitsmönnum Fiskistofu voru notuð í skýrslu Ólafs K. Pálssonar og fl. 2015. Árið 2010 var síðan rafrænt afladagbókakerfi tekið í gagnið og í kjölfarið fækkaði skráningum í grásleppuveiðunum mikið af óþekktri

ástæðu, þrátt fyrir að stór hluti flotans skilaði enn afladagbók á pappírformi. Það er margt sem bendir til þess að þessar skráningar séu ófullnægjandi, og sem dæmi var meðafli fimm sinnum hærrí þegar eftirlitsmaður var um borð, borið saman við meðaltal alls flotans. Einnig voru landselir sem skráðir voru af eftirlitsmönnum eingöngu skráðir í afladagbækur í sex róðrum af þeim 18 eftirlitsróðrum sem landselir veiddust í árið 2017. Vegna þessara vanskráningar þurfti að notast við önnur gögn í þessari samantekt. Gögnin sem notast var við koma úr eftirlitsferðum veiðieftirlitsmanna Fiskistofu, sem voru síðan borin saman við skráningar í afladagbækur.

Veiðieftirlitsmenn Fiskistofu stunda eftirlit við löndun og fara í róðra með fiskiskipum allt í kringum landið. Markmið eftirlitsins er að framfylgja lögum og reglum um brottkast og veiðarfæri, auk þess sem þeir fylgjast með stærðarsamsetningu afla og geta mælt með svæðalokunum í samráði við Hafrannsóknastofnun ef að hlutfall smáfisks í afla er hátt. Síðan 2014 hafa eftirlitsmenn einnig skráð meðafla fugla og sjávarspendýra, en fyrir þann tíma var þetta ekki alltaf skráð. Þekja eftirlitsins (fjöldi róðra eftirlitsmanna á móti heildarfjölda róðra) í grásleppuveiðum hefur verið allt frá 0.7% 2015, upp í 1.9% 2017. Meðalþekja eftirlitsins 2014-2017 er því 1.4%. Ferðir eftirlitsmanna eru ekki handahófskenndar, þar sem oft er notast við frávik í löndunum, eða þörf á að kanna fjölda neta, meðafla þorsks eða grun um önnur brot þegar ákveðið er að fara í eftirlit. Til að kanna hvort þetta val á ferðum hefði áhrif á magn meðafla var farið í sérstaka rannsókn árið 2017, þar sem 40 af 71 ferðum voru valdar af handahófi. Meðafli helstu tegunda í þessum handahófskenndu ferðum var síðan borinn saman við meðafla í hefðbundnu ferðunum með t-prófi.

Meðafli var metinn á fjóra vegu:

- (1) Án skiptingar, fjögur ár saman
- (2) Skipt upp eftir dýpi
- (3) Skipt upp eftir veiðisvæðum.
- (4) Skipt upp eftir mánuðum

Meðafllinn í hverri skiptingu var reiknaður með eftirfarandi formúlu:

$$\text{Meðaflamat} = \text{Meðafla í eftirlitsferðum} \times \frac{\text{Heildarfjöldi róðra}}{\text{Fjöldi eftirlitsferða}}$$

Ef dæmi er tekið úr uppreikningnum eftir svæðum, þá ef að 12 selir veiddust á veiðisvæði A í 17 eftirlitsferðum og sókn á því svæði yfir árin fjögur var 1388 landanir, þá er uppreiknaður meðafli sela á því svæði yfir árin fjögur $\frac{12}{17} \times 1388 = 980$ eða 245 selir á ári. Eins er síðan gert fyrir hin svæðin, og síðan er uppreiknaði meðafllinn á hverju svæði lagður saman til að fá heildarmat meðafla á ári fyrir tímabilið.

Heildarfjöldi landanna grásleppubáta var notaður sem mælieining á sókn, í stað gagna um fjölda neta og náttu sem netin eru látin liggja, þar sem skráningum á þessum þáttum í afladagbókum er oft ábótavant. Árið 2016 voru t.d. þessir þættir einungis skráðir í 604 róðrum af 3309 og því væri óskynsamlegt að notast við þessa þætti til uppreiknings. Óvissa í meðaflamatinu var reiknuð með skóþvengsaðferð (e. bootstrap) með R pakkanum boot (Angelo og Ripley, 2017).

Til að kanna áhrif dýpis á meðaflamatið, þá var dýpi skipt upp í sex 10 metra dýptarbil, 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 og 50 metrar og dýpra, og áhrif þess á meðafla helstu tegunda kannað með ferveikagreiningu. Netin eru yfirleitt lögð út frá landi, þannig að annar endinn er í grynri sjó en hinn. Fyrir þessa samantekt var notast við dýpi grynri enda trosunnar. Dýpi var ekki skráð í 45 af 193 róðrum eftirlitsmanna, og var þeim róðrum því sleppt fyrir þennan hluta rannsóknarinnar. Til að fá mat á fjölda landana eftir dýpi fyrir uppreikning var notast við skráð dýpi úr afladagbókum frá þeim bátum sem það skráðu 2014-2017, og hlutfall skráðs dýpis yfirfært á allar landanir þar sem töluvert er um að bátar skrái ekki dýpi í afladagbækur.

Áhrif mánaðar á meðaflamat helstu tegunda voru könnuð með ferveikagreiningu til að athuga mögulegan breytileika milli mánaða sem grásleppuveiðin stendur yfir. Meðaflatiðni í róðrum eftirlitsmanna í hverjum mánuði var uppreiknuð með fjölda landana í hverjum mánuði.

Í skiptingunni eftir veiðisvæðum þá var meðaflatiðni í róðrum eftirlitsmanna á hverju svæði uppreiknuð með fjölda landana á hverju svæði.

Almennt var gott samband þekju eftirlitsins og sóknar eftir veiðisvæðum, þar að segja ef að öll fjögur ár rannsóknarinnar eru tekin saman (Töflur 1 & 2). Aðalmunurinn var á svæði C sem hafði hlutfallslega hærri þekju eftirlits en hlutfallslega sókn og svæði E sem hafði lægri þekju en hlutfallslega sókn. Munurinn á þekju og sóknar á öðrum svæðum var 3% eða minni. Þekjan eftir svæðum er talsvert breytileg milli ára.

Tafla 1. Þekja eftirlits. Fjöldi eftirlitsróðra í grásleppuveiðum 2014-2017. Hlutfall róðra á hverju svæði af heildarfjölda eftirlitsróðra er sýnt í prósentum innan sviga.

Svæði/Ár	A	B	C	D	E	F	G	Heildarfjöldi róðra
2014	5	14	8	6	5	0	0	38
2015	0	5	7	1	10	4	1	28
2016	3	8	6	7	21	8	4	57
2017	9	9	0	20	29	3	1	71
Heild	17 (9%)	36 (18%)	21 (10%)	34 (18%)	65 (34%)	15 (8%)	6 (3%)	193

Tafla 2. Sókn eftir svæðum. Fjöldi landana eftir svæðum í grásleppuveiðinni 2014-2017. Hlutfall landana á hverju svæði af heildarfjölda landana er sýnt í prósentum innan sviga.

Svæði/Ár	A	B	C	D	E	F	G	Heildarfjöldi róðra
2014	333	544	164	371	1290	249	49	3000
2015	361	680	157	484	1536	426	125	3769
2016	315	515	101	523	1360	401	94	3309
2017	379	925	106	360	1286	460	116	3632
Heild	1388 (10%)	2664 (19%)	528 (4%)	1738 (13%)	5472 (40%)	1536 (11%)	384 (3%)	13710

Samband þekju eftirlits og sóknar eftir mánuðum var ekki jafn gott og það eftir svæðum þar sem fjöldi eftirlitsróðra í mars var hærri en hlutfallsleg sókn, og að sama skapi voru eftirlitsróðrar í maí hlutfallslega of fáir. Gott samband var á milli þekju eftirlits og sóknar í apríl, júní og júlí (Töflur 3 og 4). Enginn eftirlitsróður hefur verið farinn í ágúst, enda einungis 1% landana í þeim mánuði.

Tafla 3. Þekja eftirlits eftir mánuðum. Fjöldi eftirlitsróðra í grásleppuveiðinni eftir mánuðum 2014-2017. Hlutfall róðrana af heildarfjölda eftirlitsróðra er sýnt í prósentum innan sviga.

Svæði/Ár	Mars	Apríl	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	Heildarfjöldi róðra
2014	0	8	19	12	0	0	38
2015	6	10	9	1	2	0	28
2016	1	42	5	7	0	0	57
2017	43	14	5	6	3	0	71
Heild	50 (26%)	74 (38%)	38 (20%)	26 (13%)	5 (3%)	0 (0%)	193

Tafla 4. Sókn eftir mánuðum. Fjöldi landana eftir mánuðum í grásleppuveiðinni 2014-2017. Hlutfall landana í hverjum mánuði af heildarfjölda landana er sýnt í prósentum innan sviga.

Svæði / Ár	Mars	Apríl	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	Heildarfjöldi landana
2014	158	1395	1020	349	78	0	3000
2015	341	1563	1246	418	198	3	3769
2016	122	1937	762	334	150	4	3309
2017	390	1269	1122	469	285	97	3632
Heild	1011 (7%)	6164 (45%)	4150 (30%)	1570 (12%)	711 (5%)	104 (1%)	13710

Þekja eftirlits eftir dýpi var í góðu sambandi við landanir eftir dýpi í flestum tilfellum. Þó var hlutfall eftirlitsróðra á 0-10 m dýpi hærra en fjöldi landana úr þessu dýptarbili, og að sama skapi hlutfallslega færri eftirlitsróðrar á tveimur dýpstu bilunum en landanir (Tafla 5).

Tafla 5. Sókn og þekja eftirlits eftir dýpi. Hlutfall sóknar og eftirlitsróðra eftir dýptarbilum í grásleppuveiðum 2014-2017.

Dýptarbil	Landanir	Eftirlitsróðrar
0-10 m	13%	28%
10-20 m	34%	30%
20-30 m	18%	19%
30-40 m	13%	10%
40-50 m	10%	5%
50 m +	13%	8%

NIÐURSTÖÐUR

MEÐAFLAMAT, ÁN SKIPTINGAR

Í heildina litið, samkvæmt gögnum frá öllum fjórum árum rannsóknarinnar, var meðaflatíðni sjávarspendýra um 1 dýr í hverjum eftirlitsróðri, og meðaflatíðni fugla um 2.4 fuglar í róðri. Algengustu sjávarspendýrin voru útselur (*Halichoerus grypus*) og landselur (*Phoca vitulina*), þar sem meðaflatíðnin var í kringum 0.4 selir í róðri af hvorri tegund. Uppreiknað með sókn gerir það tæpa 1400 seli af hvorri tegund á ári. Frávikshlutfall (e. coefficient of variation) í kringum meðaflamatíð var töluvert hærra fyrir útsel (36%) heldur en landsel (17%). Hnísa (*Phocoena phocoena*) var þriðja algengasta sjávarspendýrið, með meðaflatíðnina 0.16 dýr í róðri, sem gerir um 550 dýr uppreiknað með sókn. Meðaflatíðni annara tegunda sjávarspendýra sem veiddust, vöðusels (*Pagophilus groenlandicus*), hringanóra (*Pusa hispida*) og kampsels (*Erignathus barbatus*) var mun lægri. Æðarfugl (*Somateria mollissima*), var algengasta sjófuglategundin, þar sem meðaflatíðnin var 1.20 fuglar í róðri, sem gerir um 4100 fugla uppreiknaða með sókn. Meðaflatíðni annara fugla var mun lægri en hjá æðarfuglinum, en næst komu teista (*Cephus grylle*) og langvía (*Uria aalge*), með meðaflatíðnina 0.47 og 0.39 fuglar í róðri sem gerir um 1600 teistur og um 1400 langvíur uppreiknaðar með sókn. Skarfategundir (Dílaskarfur, *Phalacrocorax carbo*, og Toppskarfur, *Phalacrocorax aristotelis*) komu þar á eftir með meðaflatíðnina 0.23 fuglar í róðri, sem gerir um 800 fugla uppreiknaða með sókn. Stuttnefja (*Uria lomvia*), hávella (*Clangula hyemalis*), himbrimi (*Gavia immer*), lundi (*Fratercula arctica*), álka (*Alca torda*), rita (*Rissa tridactyla*) og súla (*Morus bassanus*), voru mun sjaldgæfari (Tafla 6).

Tafla 6. Meðafli sjávarspendýra og fugla í grásleppuveiðum 2014-2017. Skráður fjöldi er fjöldi dýra skráður af eftirlitsmönnum, á meðan uppreiknaður fjöldi er uppreiknaður með sókn. Uppreiknaður fjöldi er sýndur með frávíkshlutfalli (%) innan sviga.

Tegund	Skráður fjöldi 2014-2017	Meðaflatíðni (fj./róðri)	Uppreiknaður fjöldi 2014-2017
Hnísa	31	0.16	551 (21)
Landselur	77	0.40	1367 (17)
Útselur	78	0.40	1385 (36)
Vöðuselur	10	0.05	177 (36)
Hringanóri	3	0.02	53 (75)
Kampselur	2	0.01	36 (72)
Sjávarspendýr í heild	201	1.04	3570 (17)
Langvía	76	0.39	1350 (37)
Stuttnefja	4	0.02	71 (63)
Teista	91	0.47	1616 (19)
Skarfar	45	0.23	799 (23)
Æðarfugl	231	1.20	4102 (23)
Lundi	2	0.01	36 (69)
Hávella	4	0.02	71 (48)
Ríta	1	0.01	18 (100)
Álka	1	0.01	18 (100)
Súla	1	0.01	18 (96)
Himbrimi	3	0.02	53 (57)
Fuglar í heild	459	2.38	8151 (15)

MEÐAFLAMAT, SKIPTING EFTIR ÁRUM

Þegar gögnunum er skipt upp eftir árum sést að talsverður breytileiki er á milli ára. Sömu tegundir sjávarspendýra og fugla eru algengastar og í matinu án skiptingar, en breytileikinn milli ára er talsverður hjá sumum tegundunum. Þetta á sérstaklega við um útsel, þar sem skráður fjöldi var 4 dýr 2017, en 46 árið áður en megnið af þessum 46 selum veiddust í þremur róðrum. Slíkar niðurstöður leiða til mjög hás frávíkshlutfalls auk mjög hás meðaflamats fyrir þessa tegund. Svipaða sögu er að segja af æðarfugli, sem var algengasta fuglategundin öll fjögur árin, en skráðir fuglar voru frá 32 fuglum 2016 upp í 95 fugla 2015 sem að sama skapi leiðir til hárra meðaflamata og frávíkshlutfalla. Teistur, langvíur og skarfar voru einnig algengar/ir flest árin, á meðan aðrar tegundir voru sjaldgæfari (Tafla 7).

Tafla 7. Meðafli sjávarspendýra og fugla í grásleppuveiðum 2014-2017 skiptur upp eftir árum. Skráður fjöldi er fjöldi dýra skráður af eftirlitsmönnum, á meðan uppreiknaður fjöldi er uppreiknaður með sókn. Uppreiknaður fjöldi er sýndur með frávíkshlutfalli (%) innan sviga.

Tegund	Skráður fjöldi 2014	Uppreiknaður fjöldi 2014	Skráður fjöldi 2015	Uppreiknaður fjöldi 2015	Skráður fjöldi 2016	Uppreiknaður fjöldi 2016	Skráður fjöldi 2017	Uppreiknaður fjöldi 2017
Hnísa	6	486 (44)	3	404 (53)	6	374 (53)	16	819 (30)

Landselur	11	811 (30)	22	2961 (28)	10	624 (44)	34	1739 (29)
Útselur	7	568 (65)	21	2827 (49)	46	2870 (56)	4	205 (47)
Vöðuselur	1	81 (97)	3	404 (74)	3	187 (56)	3	153 (70)
Hringanóri	2	162 (101)	0	0	0	0 (0)	1	51 (100)
Kampselur	0	0 (0)	0	0	2	124 (73)	0	0 (0)
Sjávarspendýr í heild	26	2108 (33)	49	6596 (31)	67	4179 (39)	58	2967 (22)
Langvía	10	811 (42)	7	942 (52)	12	749 (76)	47	2404 (57)
Stuttnefja	2	162 (100)	0	0 (0)	1	62 (100)	1	51 (100)
Teista	44	3568 (24)	11	1481 (39)	16	998 (52)	20	1023 (52)
Skarfar	21	1703 (24)	13	1749 (49)	1	62 (100)	10	512 (46)
Æðarfugl	42	3316 (29)	95	12788 (44)	32	1997 (43)	62	3172 (38)
Lundi	0	0 (0)	1	135 (95)	1	62 (100)	0	0 (0)
Hávella	1	81 (98)	0	0	1	62 (100)	2	102 (70)
Ríta	1	81 (100)	0	0	0	0 (0)	0	0 (0)
Álka	2	162 (68)	0	0	0	0 (0)	1	51 (100)
Súla	0	0 (0)	0	0	0	0 (0)	1	51 (98)
Himbrimi	0	0 (0)	0	0	0	0 (0)	1	51 (98)
Fuglar í heild	122	9892 (17)	127	17095	64	3992 (33)	145	7468 (29)

MEÐAFLAMAT, SKIPTING EFTIR SVÆÐUM

Þegar gögnunum er skipt upp eftir svæðum sést greinilega að meðaflatiðni sumra tegunda er nokkuð jöfn yfir öll svæði, á meðan aðrar tegundir hafa hærri tíðni á einu eða fleiri svæðum. Af algengustu sjávarspendýrunum var lítil munur á milli svæða hjá bæði landsel ($F_{6,185} = 1.25$, $p = 0.28$) og hnísu ($F_{6,185} = 0.45$, $p = 0.85$), á meðan meðaflatiðni útsels var töluvert hærri á svæðum B og C en á öðrum svæðum ($F_{6,185} = 2.67$, $p = 0.02$). Meðaflatiðni æðarfugla var marktækt hærri á svæði C en öðrum svæðum sem voru tiltölulega jöfn ($p < 0.05$), á meðan meðaflatiðni teistu var hærri á svæðum A, B, C og F en á svæðum D, E og G.

Samanburður á uppreiknaða meðaflamatinu skiptu eftir svæðum og því án skiptingar sést að heildarfjöldi sjávarspendýra er um 500 dýrum hærri í matinu án skiptingar, eða 3100 dýr í matinu skiptu eftir svæðum en 3600 dýr án skiptingar. Fyrir sjófugla er matið án skiptingar um 1000 fuglum herra, eða 8200 fuglar á móti 7200 fuglum í matinu skiptu upp eftir svæðum. Þessi munur er nánast eingöngu vegna æðarfugls, þar sem matið er 900 fuglum herra í matinu án skiptingar, en munur á milli matana hjá öðrum tegundum er 100 fuglar eða færri (Töflur 6 og 8).

Tafla 8. Meðafli sjávarspendýra og fugla í grásleppuveiðum 2014-2017 skiptur upp eftir svæðum. Skráður fjöldi er fjöldi dýra skráður af eftirlitsmönnum, á meðan uppreiknaður fjöldi er uppreiknaður með sókn. Tegundir með marktækan mun á milli svæða eru merktar með stjörnu, og bókstafir fyrir ofan meðaflatiðni sýnir marktækan mun ($p > 0.05$) í samanburði við önnur svæði. Uppreiknaður fjöldi er sýndur með frávikshlutfalli (%) innan sviga.

Tegund / Svæði	Skráður fjöldi								Meðaflatiðni (f./röðri)								Uppreiknaður fjöldi 2014-2017							
	A	B	C	D	E	F	G	Heild	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	Heild	
Hnísa	4	8	3	6	7	3	0	31	0.24	0.22	0.14	0.18	0.11	0.2	0	82 (44)	148 (40)	19 (54)	76 (43)	147 (56)	77 (72)	0	549 (52)	
Landselur	12	14	15	15	16	5	0	77	0.71	0.39	0.71	0.44	0.25	0.33	0	245 (77)	259 (39)	94 (31)	192 (29)	337 (27)	128 (47)	0	1255 (42)	

Útselur*	0	44	28	3	3	0	0	78	0 ^b	1.22 ^a	1.33 ^a	0.09 ^b	0.05 ^b	0 ^b	0 ^b	0	814 (47)	176 (59)	38 (56)	63 (53)	0	0	1091 (54)	
Vöðuselur	2	0	5	1	1	1	0	10	0.12	0	0.24	0.03	0.02	0.07	0	41 (100)	0	31 (49)	13 (99)	21 (99)	26 (97)	0	0	132 (89)
Hringanóri	1	0	2	0	0	0	0	3	0.06	0	0.10	0	0	0	0	20 (100)	0	13 (95)	0	0	0	0	0	33 (98)
Kampselur	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	42 (71)	0	0	0	42 (71)
Sjávarspendýr í heild	19	66	53	25	29	9	0	201	1.12	1.83	2.52	0.74	0.45	0.6	0	388 (54)	1221 (36)	333 (35)	319 (22)	610 (22)	231 (39)	0	0	3102 (35)
Langvía	3	32	2	15	21	3	0	76	0.18	0.89	0.10	0.44	0.32	0.20	0	61 (94)	592 (68)	13 (70)	192 (60)	442 (79)	77 (68)	0	0	1376 (73)
Stuttnefja	0	0	0	1	3	0	0	4	0	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0	0	13 (98)	63 (74)	0	0	0	76 (86)
Teista*	10	32	22	3	17	7	0	91	0.59 ^a	0.89 ^a	1.05 ^a	0.09 ^b	0.26 ^b	0.47 ^a	0 ^b	204 (58)	592 (29)	138 (40)	38 (71)	358 (50)	179 (78)	0	0	1510 (54)
Skarfar*	8	23	3	3	2	3	3	45	0.47 ^a	0.64 ^a	0.14 ^b	0.09 ^b	0.03 ^b	0.20 ^b	0.50 ^a	163 (48)	426 (31)	19 (100)	38 (55)	42 (68)	77 (93)	48 (94)	0	813 (70)
Æðarfugl*	22	27	98	16	61	7	0	231	1.29 ^b	0.75 ^b	4.67 ^a	0.47 ^b	0.94 ^b	0.47 ^b	0 ^b	449 (57)	500 (44)	616 (42)	204 (61)	1284 (36)	179 (57)	0	0	3232 (50)
Lundi	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0.02	0	0	0.02	0	0	0 (0)	19 (97)	0	0	21 (96)	0	0	0	40 (97)
Hávella	1	0	1	1	1	0	0	4	0.06	0	0.05	0.03	0.02	0	0	20 (100)	0	6 (96)	13 (100)	21 (100)	0	0	0	61 (99)
Rita	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.05	0	0	0	0	0 (0)	0	6 (97)	0	0	0	0	0	6 (97)
Álka	1	0	0	0	0	1	0	2	0.06	0	0	0	0	0.07	0	20 (99)	0	0	13 (100)	0	26 (100)	0	0	59 (100)
Súla	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	13 (100)	0	0	0	0	13 (100)
Himbrimi	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	21 (99)	0	0	0	21
Fuglar í heild	46	115	127	41	107	21	0	459	2.65	3.19	6.05	1.38	1.75	1.60	0.50	919 (38)	2128 (21)	798 (33)	524 (32)	2252 (31)	538 (47)	48 (94)	0	7207 (42)

MEÐAFLAMAT, SKIPTING EFTIR MÁNUÐUM

Meðafli sjávarspendýra ($F_{4,186} = 1.79$, $p = 0.13$) og fugla ($F_{4,186} = 1.56$, $p = 0.19$) var ekki marktækt frábrugðinn milli mánaða. Hinsvegar, ef að einstaka tegundir eru skoðaðar sést að meðaflatíðni útsels ($F_{4,186} = 2.74$, $p = 0.03$), teistu ($F_{4,186} = 8.20$, $p < 0.0001$) og skarfa ($F_{4,186} = 12.96$, $p < 0.0001$) var misjöfn eftir mánuðum á meðan ekki var munur á meðaflatíðni landsels, hnísu, langvíu og æðarfugls eftir mánuðum ($p > 0.2$).

Samanburður á uppreiknaða meðaflamatinu skiptu eftir mánuðum og því án skiptingar sýnir að heildarfjöldi sjávarspendýra er um 250 dýrum hærri í mánaðarskipta matinu, eða 3850 dýr í matinu skiptu eftir mánuðum en 3600 dýr án skipingar. Þessi munur er aðallega vegna herra meðaflamats á útsel þegar gögnunum er skipt upp eftir mánuðum. Matið skipt eftir mánuðum var um 9100 fuglar, eða um 900 fuglum herra en matið án skiptingar. Mestu munaði á æðarfugli, teistu og skörfum, sem var um 300-1200 fuglum herra í matinu skiptu eftir mánuðum, en áætlaður meðafli langvíu var um 500 fuglum lægri en í matinu án skiptingar (Tölur 6 og 9).

Tafla 9. Meðafli sjávarspendýra og fugla í grásleppuveiðum 2014-2017 skiptur upp eftir mánuðum. Skráður fjöldi er fjöldi dýra skráður af eftirlitsmönnum, á meðan uppreiknaður fjöldi er uppreiknaður með sókn. Tegundir með marktækan mun á milli mánaða eru merktar með stjörnu, og bókstafir fyrir ofan meðaflatíðni sýnir marktækan mun ($p > 0.05$) í samanburði við aðra mánuði. Uppreiknaður fjöldi er sýndur með frávikshlutfalli (%) innan sviga.

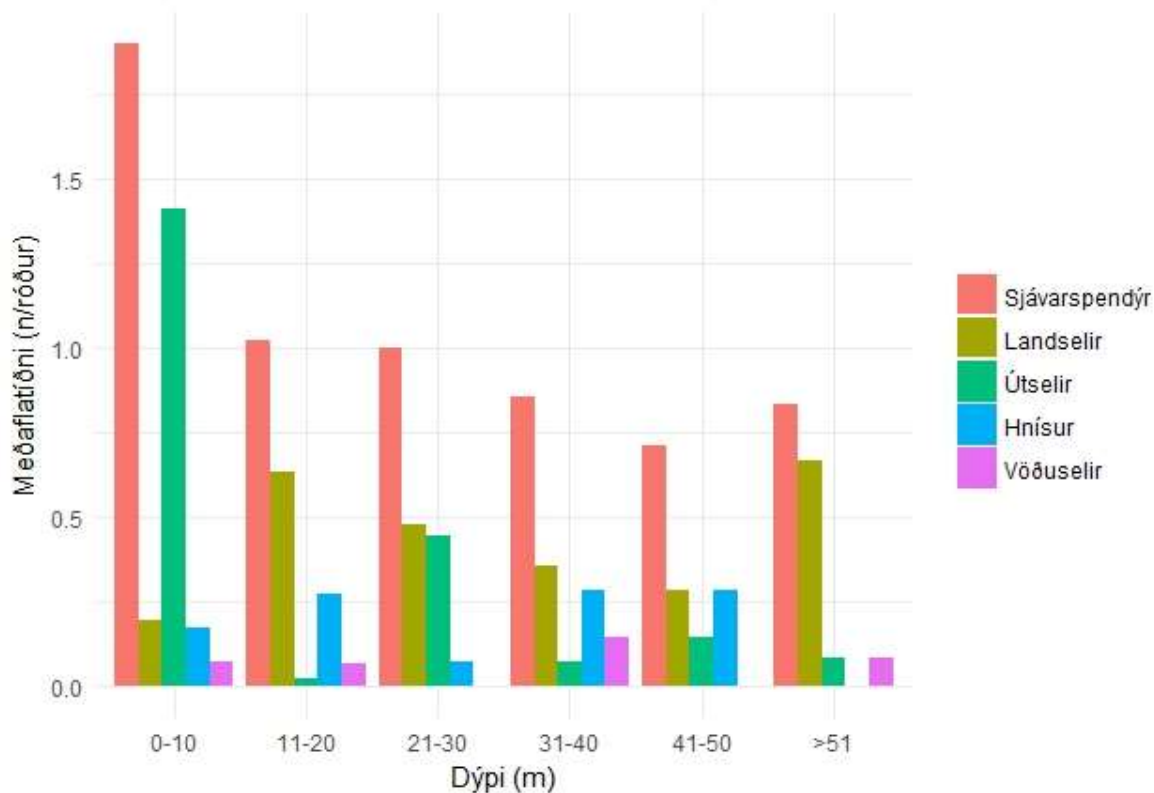
Tegund / Mánuður	Skráður fjöldi								Meðaflatíðni (fj./róðri)								Uppreiknaður fjöldi 2014-2017							
	3	4	5	6	7	8	Total	3	4	5	6	7	8	Meðaltal	3	4	5	6	7	8	Heild			
Hnísa	14	9	4	4	0	0	31	0.28	0.12	0.11	0.15	0	0	0.13	71 (32)	187 (38)	109 (49)	60 (58)	0 (0)	0 (0)	0	428 (44)		

Landselur	31	24	14	5	3	0	77	0.62	0.32	0.36	0.19	0.60	0	0.42	157 (33)	500 (25)	382 (43)	76 (40)	107 (81)	0 (0)	1221 (44)
Útselur	3	24	51	0	0	0	78	0.06 ^b	0.32 ^a	1.34 ^a	0 ^b	0 ^b	0	0.35	15 (54)	500 (71)	1392 (42)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1907 (56)
Vöðuselur	2	6	2	0	0	0	10	0.04	0.08	0.05	0	0	0	0.03	10 (99)	125 (46)	55 (69)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	190 (71)
Hringanóri	1	0	2	0	0	0	3	0.02	0	0.05	0	0	0	0.02	5 (100)	0 (0)	55 (95)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	60 (97)
Kampselur	0	2	0	0	0	0	2	0	0.03	0	0	0	0	0.01	0 (0)	42 (68)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	42 (68)
Sjávarspendýr í heild	51	65	73	9	3	0	201	1.02	0.88	1.92	0.35	0.60	0	0.96	258 (23)	1354 (32)	1993 (33)	136 (35)	107 (81)	0 (0)	3847 (41)
Langvía	48	15	10	3	0	0	76	0.96	0.20	0.26	0.12	0	0	0.31	243 (55)	312 (65)	273 (42)	45 (94)	0 (0)	0 (0)	873 (64)
Stuttnefja	1	2	1	0	0	0	5	0.02	0.03	0.03	0	0	0	0.01	5 (97)	42 (97)	27 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	74 (98)
Teista	1	14	41	29	6	0	91	0.02 ^b	0.19 ^b	1.08 ^a	1.15 ^a	1.20 ^a	0	0.72	5 (100)	292 (42)	1119 (27)	438 (34)	213 (79)	0 (0)	2067 (56)
Skarfar	3	1	25	10	6	0	45	0.06 ^c	0.01 ^c	0.66 ^b	0.38 ^c	1.20 ^a	0	0.46	15 (57)	21 (99)	683 (31)	151 (28)	213 (40)	0 (0)	1083 (51)
Æðarfugl	12	119	52	44	4	0	231	0.24	1.61	1.37	1.12	1.20	0	1.14	61 (69)	2478 (38)	1420 (31)	664 (44)	142 (84)	0 (0)	4765 (53)
Lundi	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0.02	0.04	0	0	0.01	0 (0)	0 (0)	27 (100)	15 (98)	0 (0)	0 (0)	42 (99)
Hävella	2	1	1	0	0	0	4	0.04	0.01	0.03	0	0	0	0.01	10 (69)	21 (100)	27 (96)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	58 (88)
Rita	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0.03	0	0	0	0.01	0 (0)	0 (0)	27 (98)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	27 (98)
Álka	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0.05	0.04	0	0	0.02	0 (0)	0 (0)	55 (69)	15 (100)	0 (0)	0 (0)	70 (85)
Súla	1	0	0	0	0	0	1	0.02	0	0	0	0	0	0.01	5 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (100)
Himbrími	0	1	0	0	0	0	1	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0 (0)	21 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	21 (100)
Fuglar í heild	68	153	134	88	16	0	459	1.36	2.06	3.53	3.38	3.2	0	2.71	344 (40)	3186 (31)	3659 (19)	1328 (31)	569 (53)	0 (0)	9086 (35)

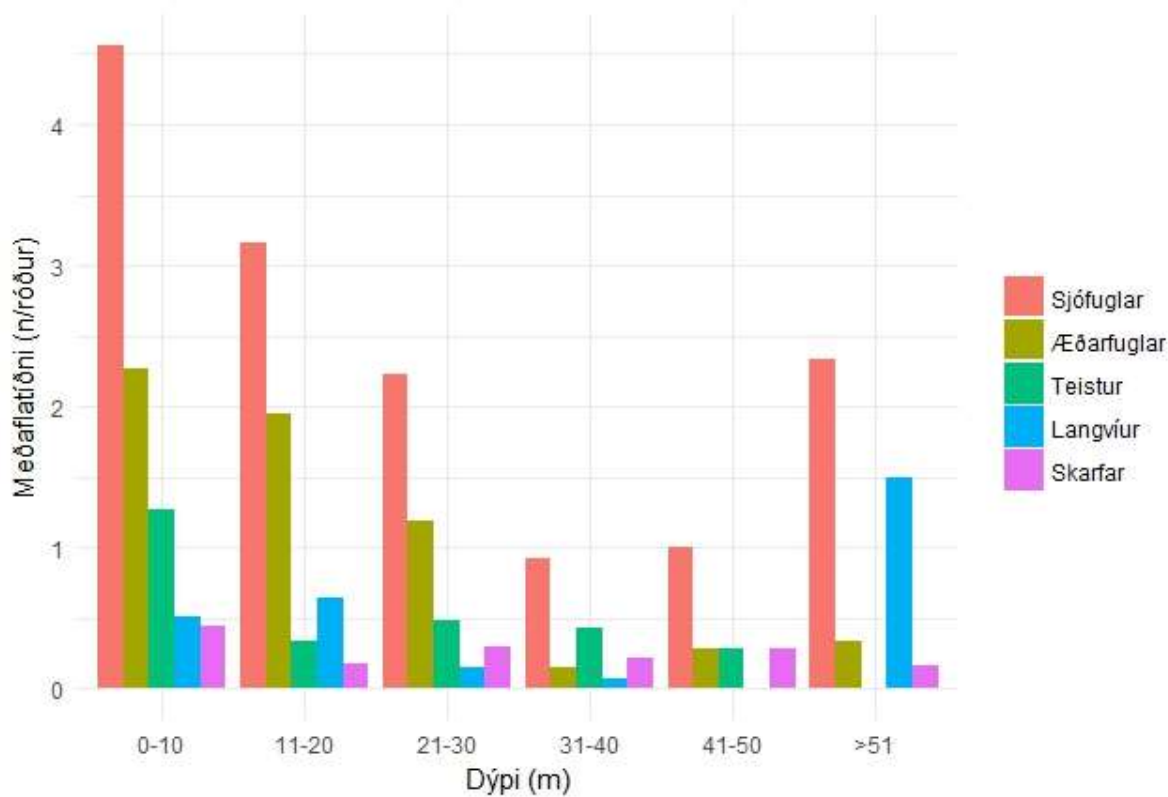
MEÐAFLAMAT, SKIPTING EFTIR DÝPI

Ekki reyndist marktækur munur á meðaflatiðni sjávarspendýra eftir dýpi ($F_{5,139} = 0.69$, $p = 0.63$) (Mynd 2). Skipt upp eftir tegundum, þá var ekki marktækur munur á meðaflatiðni eftir dýpi hjá landsel ($F_{5,139} = 0.89$, $p = 0.49$), útsel ($F_{5,139} = 1.89$, $p = 0.10$), hnísu ($F_{5,139} = 1.05$, $p = 0.39$), né hjá vöðusel ($F_{5,139} = 0.53$, $p = 0.75$). Svipaða sögu er að segja af heildarmeðaflatiðni fugla, þar sem enginn marktækur munur sást milli dýpisbila ($F_{5,139} = 1.449$, $p = 0.21$) (Mynd 3). Hinsvegar var marktækur munur eftir dýpi hjá teistu ($F_{5,139} = 2.69$, $p = 0.02$), þar sem meðaflatiðnin var hærri á 0-10 metrum, sem og 21-30 metrum og 31-40 metra dýpi heldur en á 11-20 m eða 40 metrum og dýpra. Dýpi hafði ekki marktæk áhrif á meðaflatiðni annara tegunda ($p > 0.4$).

Samanburður á uppreiknaða meðafflamatinu skiptu eftir dýpi og því án skiptingar sýnir að heildarfjöldi sjávarspendýra er mjög svipaður, eða um 3600 dýr í hvoru mati (Tafla 10), en við þessu var að búast þar sem ekki reyndust vera marktæk áhrif dýpis á meðafli sjávarspendýra. Meðafflamat fugla skipt upp eftir dýpi reyndist vera um 600 fuglum hærra en matið án skiptingar (Tafla 10).



Mynd 2. Meðafli tölur helstu tegunda sjávarspendýra, auk heildarmeðafli tölur sjávarspendýra eftir dýpi í grásleppuveiðum 2014-2017.



Mynd 3. Meðafli tölur helstu tegunda fugla, auk heildarmeðafli tölur fugla eftir dýpi í grásleppuveiðum 2014-2017.

Table 10. Meðafli sjávarspendýra og fugla í grásleppuveiðum 2014-2017 skiptur upp eftir dýpi. Skráður fjöldi er fjöldi dýra skráður af eftirlitsmönnum, á meðan uppreiknaður fjöldi er uppreiknaður með sókn. Tegundir með marktækan

mun á milli dýpisbila eru merktar með stjörnu, og bókstafir fyrir ofan meðaflatiðni sýnir marktækan mun ($p > 0.05$) í samanburði við önnur dýpisbil. Uppreiknaður fjöldi er sýndur með frávíkshlutfalli (%) innan sviga.

Tegund / Dýpi	Meðaflatiðni (n/róðri)							Uppreiknaður fjöldi 2014-2017						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50+	Meðaltal	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50+	Heild
Hnísa	0.17	0.27	0.07	0.29	0.29	0.0	0.18	76 (35)	318 (38)	43 (70)	127 (54)	100 (59)	0	662 (51)
Landselur	0.20	0.64	0.48	0.36	0.29	0.67	0.44	87 (47)	742 (33)	281 (44)	159 (46)	100 (60)	297 (42)	1663 (45)
Útselur	1.41	0.03	0.44	0.07	0.14	0.08	0.36	630 (44)	26 (100)	259 (75)	32 (96)	49 (89)	37 (98)	1034 (84)
Vöðuselur	0.07	0.07	0.00	0.14	0.00	0.08	0.06	33 (71)	79 (75)	0	64 (67)	0	37 (94)	213 (77)
Hringanóri	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	22 (95)	26 (100)	0	0	0	0	48 (97)
Kampselur	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sjávarspendýr í heild	1.90	1.02	1.00	0.86	0.71	0.83	1.05	848 (35)	1192 (26)	583 (52)	382 (32)	245 (35)	371 (31)	3620 (79)
Langvía	0.51	0.64	0.15	0.07	0.00	1.50	0.48	228 (98)	742 (44)	86 (73)	32 (95)	0	668 (84)	1756 (79)
Stuttnefja	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.25	0.05	0	0	22 (98)	0	0	111 (71)	133 (85)
Teista*	1.27 ^a	0.34 ^b	0.48 ^a	0.43 ^a	0.29 ^b	0.00 ^b	0.47	562 (25)	397 (43)	291 (42)	191 (92)	98 (61)	0	1532 (53)
Skarfar	0.44	0.18	0.29	0.21	0.29	0.17	0.26	196 (33)	212 (48)	173 (53)	95 (92)	98 (62)	74 (65)	848 (59)
Æðarfugl	2.27	1.95	1.19	0.14	0.29	0.33	1.03	1011 (34)	2278 (41)	691 (63)	64 (65)	98 (61)	149 (72)	4289 (56)
Lundi	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	11 (95)	0	0	0	0	0	11 (95)
Hávella	0.02	0.02	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	11 (100)	26 (100)	0	0	49 (92)	0	86 (97)
Rita	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	11 (95)	0	0	0	0	0	11 (95)
Álka	0.00	0.02	0.03	0.07	0.00	0.00	0.02	0	26 (94)	22 (97)	32 (97)	0	0	80 (96)
Súla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0	0	0	0	0	37 (91)	37 (91)
Himbrimi	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0	0	22 (100)	0	0	0	22 (100)
Fuglar í heild	4.56	3.16	2.22	0.93	1.00	2.33	2.37	2032 (23)	3681 (26)	1295 (39)	414 (74)	343 (53)	1040 (53)	8805 (45)

HANDAHÓFSKENNDIR EÐA SKIPULAGÐIR RÓÐRAR

Meðaflatiðni sjávarspendýra og fugla var töluvert hærrí í þeim róðrum eftirlitsmanna sem voru farnar af handahófi 2017. Meðaflatiðni sjávarspendýra í þeim ferðum var um 1 dýr í róðri, en aðeins 0.6 dýr í ferðum sem voru farnar til að kanna frávík í löndunum, eða þörf á að kanna fjölda neta, meðafla þorsks eða gruns um önnur brot. Munurinn var meiri í sjófuglunum, þar sem 2.9 fuglar veiddust að meðaltali í handahófskenndu ferðunum, en 0.9 fuglar í þeim fyrirfram skipulögðu. Þessi munur var marktækur hjá sjófuglunum ($t_{67} = -1.86$, $p = 0.03$), en ekki hjá sjávarspendýrunum ($t_{67} = -1.09$, $p = 0.14$). Skipt upp eftir tegundum var enginn marktækur munur á milli ferðanna hjá öllum tegundum sjávarspendýra auk langvíu og skarfa ($p > 0.1$). Hinsvegar var meðaflatiðni æðarfugla ($t_{46} = -1.86$, $p = 0.03$) og teista ($t_{40} = -1.72$, $p = 0.05$) marktækt hærrí í handahófskenndu ferðunum.

SKRÁNINGAR Í AFLADAGBÆKUR

Selategundir voru algengustu sjávarspendýrin sem skráð voru í afladagbækur grásleppubáta 2014-2017, en einnig var nokkuð skráð af hnísu. Ekki er hægt að skipta selunum upp eftir tegundum þar sem þeir eru oft skráðir einungis sem „selur“. Svipað vandamál er til staðar í sjófuglunum þar sem talsverður hluti fuglana er eingöngu skráður sem „fugl“ eða „svartfugl“. Hinsvegar voru teistur, æðarfuglar og skarfar stundum skráðar/ir sér (Tafla 11). Talsverð aukning var í skráðum meðafla 2017, þegar meðafli sela, æðarfugla og teista meira en tvöfaldaðist á milli ára, og skráningar hnísu og annara sjófugla tífaldaðist á milli ára (Tafla 11). Þessi aukning gæti verið vegna aukinnar skráningar, aukningu í meðafla eða hvoru tveggja.

Tafla 11. Skráður meðafli fugla og sjávarspendýra í afladagbækur grásleppubáta 2014-2017.

Tegund	2014	2015	2016	2017	Meðaltal
Selategundir	215	334	279	700	382
Hnísa	65	20	22	286	98
Hnýðingur	0	0	1	2	1
Ógreindur höfrungur	0	0	0	1	0
Heild, sjávarspendýr	280	354	301	989	481
Skarfar	85	204	193	177	165
Teista	97	252	288	600	309
Æðarfugl	142	165	213	442	241
Aðrir sjófuglar	219	299	182	1198	475
Heild, sjófuglar	343	920	876	2417	1139

NIÐURSTÖÐUR, SAMANTEKT

Í heildina litið var tiltölulega lítill munur á meðaflamötunum fjórum (Tafla 12). Matið skipt upp eftir svæðum var í flestum tilfellum lægst, á meðan mötin skipt upp eftir mánuðum og dýpi voru yfirleitt hæst. Uppskipting gagnanna leiddi í öllum tilföllum til töluvert hærri frávikahlutfalls heldur en í matinu án skiptingar. Skráningar í afladagbækur 2017 voru töluvert hærri en árin áður, en þó var skráður meðafli ávalt lægri en heldur en meðaflamötin fjögur þó svo að skráður meðafli hnísu (286) og teistu (600) er nokkuð nálægt lægri gildum meðaflamatsins skiptu upp eftir svæðum (264-834 fyrir hnísu, 695-2325 fyrir teistu) (Tafla 11 og 12).

Tafla 12. Samanburður á meðaflamötunum fjórum (fj. á ári), auk skráninga í afladagbækur 2017.

Tegund	Meðaflamat án skiptingar 2014-2017 (± frávikshlutfall*meðaflamat)	Meðaflamat, skipt upp eftir svæðum 2014-2017 (± frávikshlutfall*meðaflamat)	Meðaflamat, skipt upp eftir dýpi 2014-2017 (± frávikshlutfall*meðaflamat)	Meðaflamat, skipt upp eftir mánuðum (± frávikshlutfall*meðaflamat)	Skráningar í afladagbækur 2017
Hnísa	551 (412-630)	549 (264-834)	662 (324-998)	428 (240-616)	286
Landselur	1367 (1135-1599)	1255 (728-1782)	1663 (915-2411)	1221 (684-1758)	700 (allar selategundir saman)
Útselur	1385 (886-1884)	1091 (502-1680)	1034 (165-1903)	1907 (840-2974)	
Vöðuselur	177 (113-241)	132 (15-249)	213 (49-377)	190 (55-325)	
Hringanóri	53 (13-93)	33 (1-65)	48 (1-95)	60 (1-118)	
Kampselur	36 (9-63)	42 (12-72)	NA	42 (13-71)	
Hnýðingur	0	0	0	0	2
Ógreindur höfrungur	0	0	0	0	1
Heild, sjávarspendýr	3570 (2963-4177)	3102 (2016-4188)	3620 (760-6480)	3847 (2270-5424)	988

Langvía	1350 (850-1850)	1376 (372-2380)	1756 (369-3143)	873 (314-1432)	0
Stuttnefja	71 (26-116)	76 (11-141)	133 (19-247)	74 (1-147)	0
Teista	1616 (1309-1923)	1510 (695-2325)	1532 (720-2344)	2067 (910-3224)	600
Skarfar	799 (615-983)	813 (244-1382)	848 (348-1348)	1083 (531-1635)	177
Æðarfugl	3316 (2354-4278)	3232 (1616-4848)	4289 (1887-6691)	4765 (2240-7290)	442
Lundi	36 (11-61)	40 (1-80)	11 (1-20)	42 (1-84)	0
Hávella	71 (37-105)	61 (1-122)	86 (2-172)	58 (7-109)	0
Rita	18 (1-36)	6 (1-12)	11 (1-20)	27 (1-54)	0
Álka	18 (1-36)	59 (1-118)	80 (3-156)	70 (10-130)	0
Súla	18 (1-35)	13 (1-26)	37 (3-71)	5 (1-10)	0
Himbrimi	53 (23-83)	21 (1-42)	22 (1-44)	21 (1-42)	0
Aðrir sjófuglar	0	0	0	0	1198
Heild, sjófuglar	8151 (6928-9374)	7207 (4180-10,234)	8805 (4843-12767)	9086 (5906-12266)	2417

UMRÆÐA

Þó svo að skráningar á meðafla í afladagbækur hafa aukist, er meðaflatíðni flotans enn mun lægri heldur í róðrum þegar eftirlitsmenn eru um borð. Meðaflatíðni fugla og sjávarspendýra var þannig fjórum sinnum hærrí í róðrum eftirlitsmanna heldur en skráningar í afladagbækur, sem sýnir að enn er þörf á að notast við önnur gögn en afladagbækur eingöngu. Einnig þarf að skoða ástæður þess að skipstjórnarmenn eru tregir til að skrá meðafla, og hvernig hægt sé að gera skráningarferlið auðveldara. Fiskistofa er með afladagbókaforrit fyrir snjallsíma í vinnslu, sem mun vonandi gera þetta ferli auðveldara fyrir alla aðilla.

Meðaflatíðnin í ferðum eftirlitsmanna er talsvert misjöfn milli ára, sem leiðir til breytileika í heildarmati meðafla milli ára. Helstu ástæður fyrir þessu er ónógur fjöldi eftirlitsróðra, munur á fjölda róðra eftir svæðum/mánuðum, og eðli gagnanna. Til dæmis er það þannig hjá sumum tegundum eins og útsel að róðrar þar sem meðafla er einhver eru tiltölulega fáir, en þegar útselir koma í netin þá koma þeir í miklu magni. Það að taka öll gögn frá róðrum eftirlitsmanna síðustu fjögur ár leiðir til bæði betri samhljóms þekju eftirlits og sóknar og lægra frávikshlutfalls.

Meðaflatíðni sumra tegunda var misjöfn milli veiðisvæða, sem sýnir mikilvægi þess að gott samband sé á milli þekju eftirlits og sóknar ef að markmiðið er að nota meðaflamat án skiptingar. Lítil munur var á meðaflatíðni milli svæða hjá landsel, hnísu og langvíu. Hinsvegar var munur milli svæða hjá útsel, æðarfugli, skörfum og teistu. Útselir veiddust aðallega á svæðum B og C, og uppreiknaðir með sókn var um 75% af heildarmatinu á svæði B og 16% á svæði C. Uppreiknaðir með sókn voru um 40% æðarfugla á svæði E, og um 15% á svæðum A, B og C hverju fyrir sig. Meðaflatíðni teistu var hæst á svæðum B, E og A, og uppreiknuð með sókn var um 14% heildar meðafla á svæði A, 40% á svæði B, og 24% á svæði E. Meðaflatíðni skarfa var hæst á svæðum A, B og G, en uppreiknaðir með sókn var um 50% heildarmeðaflamatsins á svæði B og 20% á svæði A, en þau svæði eru þekkt sem helstu varpsvæði skarfa við landið (Skarphéðinsson et al. 2016). Ýmsir þættir geta útskýrt þennan breytileika á milli veiðisvæða, t.d. útbreiðslumynstur meðaflategundanna, breytileiki í útbreiðslu tegundanna eftir tímabilum og dreifing og breytileiki í sókn. Meðaflamatið skipt upp eftir svæðum var nokkuð lægra, bæði í heildarfjölda fugla og spendýra heldur en matið án skiptingar, en hafði talsvert hærrí skekkju. Þannig var frávikíð í heildarfjölda spendýra 1086 dýr skipt upp eftir svæðum, en 607 dýr án skiptingar. Matið fyrir landsel var 100 selum (7%) lægra skipt upp eftir svæðum, á meðan nánast engin munur var á mötunum tveimur hjá hnísu og flestum fuglategundunum. Mesti munurinn á mötunum tveimur var hjá útsel, þar sem matið eftir svæðum var um 300 selum (22%) lægra.

Engin marktæk áhrif dýpis sáust á meðafla sjávarspendýra og fugla, nema á meðafla teistu, sem var hærrí á minna dýpi. Meðaflamat skipt upp eftir dýpi var yfirleitt hærrí en matið án skiptingar, og var t.d. matið fyrir landsel um 300 selum (20%) hærrí, og matið fyrir æðarfugl um 1000 fuglum hærrí. Matið skipt upp eftir dýpi var þó lægra hjá útsel, eða um 300 selum lægra. Meðaflatíðni æðarfugls og útsels lækkaði með auknu dýpi, en það

samband var þó ekki marktækt, en líklegt er að með aukinni sýnasöfnun muni marktækt samband koma fram. Það væri því líklega hægt að minnka meðafla teistu, útsels og æðarfugls töluvert með því að banna veiðar á 20 m dýpi og grynna. Það hefði þó í för með sér að veiðar á svæði B myndu að mestu leggjast af þar sem helstu veiðisvæði á svæðinu eru grynna en 20 m.

Samanburður á handahófskenndum róðrum eftirlitsmanna og þeim sem voru skipulagðir til að kanna fjölda neta, meðafla þorsks eða vegna gruns um önnur brot sýnir að meðaflatíðni í skipulögðu ferðunum var lægri heldur en í þeim handahófskenndu. Þessi marktæki munur á meðafla gæti verið vegna þess að eftirlitsmenn séu of uppteknir að fylgjast með mögulegum brotum til að taka eftir öllum þeim meðafla sem kemur í netin, en gæti líka verið vegna hendingar.

Meðaflatíðni var misjöfn milli mánaða hjá útsel, teistu og skörfum, en tíðnin hjá þessum tegundum var hærri í maí, júní og júlí heldur en öðrum mánuðum. Þessi marktæki munur á milli mánaða er eflaust tengdur veiðisvæðum og dýpi, og því þarf að túlka hann af varúð. Veiðisvæðin hafa misjöfn tímabil, þar sem veiðar hefjast á veiðisvæðum D, E, F og G í lok mars, í byrjun apríl á svæðum A og ytri hluta svæðis B en í maí í innri hluta svæðis B. Dýpi er einnig tengt þessu, þar sem veiðar hefjast yfirleitt utar og dýpra en færast síðan grynna eftir sem líður á tímabilið. Meðaflamatíð skipt upp eftir mánuðum var um 300 útselum (20%) herra en matið án skiptingar, á meðan það var um 100 landselum og hnísu lægra. Matið eftir mánuðum var um 1200 æðarfuglum, 400 teistum og 300 skörfum herra en matið hjá þessum tegundum án skiptingar, en hinsvegar var það um 500 langvíum lægra.

Þekja eftirlits var í nokkuð góðu sambandi við dreifingu sóknar milli svæða og dýpis, og því kom ekki á óvart að tiltölulega litill munur var á þessum þremur aðferðum. Þó þarf að taka fram að tölfræðilega eru þessi meðaflagögn mjög erfið, þar sem það er líklegt að allir þeir þættir sem hér eru teknir fyrir sér séu tengdir á einn eða annan hátt. Þannig gæti t.d. verið marktækur munur á meðaflatíðni eftir dýpi innan svæða, eða mánaða innan svæða, en fjöldi eftirlitsróðra er mjög takmarkaður og því er þannig uppskipting ekki möguleg án mjög hárrar skekkju. Frekara eftirlit þarf því að fara fram, annað hvort í formi tíðari eftirlitsferða eða með öðrum aðferðum eins og öryggismyndavélum um borð í grásleppubátum.

Niðurstöður meðaflamatsins í þessar samantekt eru svipaðar og í fyrri samantekt Ólafs K. Pálssonar og fl. (2015), þar sem metinn meðafli landsels, hnísu og teistu eru mjög áþekkur, en þó er töluverður munur á útsel, sem var metinn töluvert hærri í þessari samantekt. Mat á meðafla útsels er mjög erfitt, þar sem atvikin virðast vera sjaldgæf, en mikill fjöldi sela getur veiðst í einu þegar það svo gerist. Því er mikill breytileiki á milli ára, og mikil skekkja í kringum matið. Í samanburði við meðaflamat sjófugla hjá Bond og fl. (2015) sem reiknuðu mögulegan meðafla grásleppubáta 2016 um 9300 fugla er meðaflamat þessarar samantektar um 1000-2000 fuglum lægra ef notast er við matið án skiptingar eða matið skipt upp eftir svæðum, en svipað ef notast er við matið skipt eftir dýpi eða mánuðum. Tegundasamsetning þessara tveggja samantekta var ólík að því leiti að teista var algengasti fuglinn í rannsókn Bond og fl. (2015), en æðarfugl algengastur í þessari rannsókn. Auk þess var meðafli skarfa meiri í mati Bond og fl., en meðafli langvíu minni, en fjöldi róðra í þeirri rannsókn var talsvert lægri (37 róðrar) og auk þess bara yfir eitt veiðitímabil, sem gæti útskýrt þennan mun.

Til að hægt sé að segja til um hvort að meðafli í grásleppuveiðum sé að hafa áhrif á uppgang tegundanna sem hvað helst koma í netin þarf gott mat á stofnstærð tegundanna við landið að vera til staðar. Auk þess þarf skráning á beinum veiðum að vera til staðar hjá þeim tegundum sem við á. Því miður er þeim upplýsingum oft ábótavant. Sem dæmi eru tekin, þá þarf ekki að skrá veiðar á sel við landið, og því erfitt að meta bein áhrif grásleppuveiðanna á stofnstærð sela, þó svo að þróun stofnstærðar sé nokkuð vel þekkt bæði hjá landsel og útsel. Stofnstærð landsels hefur minnkað um tæp 80% síðan talningar hófust í kringum landið árið 1980, og var síðasta matið um 7700 selir (Þorbjörnsson og fl. 2017). Útselsstofninn hefur einnig farið minnkandi síðan talningar hófust, og síðasta talning sem fór fram 2012 hljóðaði uppá 4200 seli (Hauksson og fl. 2012). Ný talning á útsel fór fram 2017. Frekari rannsókn þarf að fara fram á hvort að rekja megi þessa fækkun til meðafla í fiskveiðum, veiða, umhverfisþátta, eða blöndu þessara þátta. Veiðum á sel við landið er ekki stýrt, og ekki er skylda að skrá sel sem skotinn er eins og aðrar tegundir sem veiddar eru á landinu. Slíkar skráningar eru nauðsynlegar til að meta hvort veiðar og meðafli hafi neikvæð áhrif á stofnana. Hnísur eru ekki veiddar með beinum hætti við landið, en erfitt er að meta stofnstærð við landið, og einingis til eitt mat, byggt á hálfkláraðri flugtalningu sem mat stofnstærðina í kringum 42.000 dýr (Ólafsdóttir, 2010), en áætlaður meðafli í grásleppuveiðum er mjög lítið hlutfall af þessari

áætluðu stofnstærð sem hefur mjög há vikmörk. Upplýsingar um stofnstærðir sjófugla við landið eru nokkuð misjafnar, en stofnstærðir æðarfugla og langvíu eru taldar mjög stórar (Skarphéðinsson og fl., 2016), og virðast nokkuð stöðugar, og meðafli í grásleppuveiðum því ólíklegur til að valda stofnunum vandræðum. Stofnstærðir skarfa eru nokkuð vel þekktar, og virðast stöðugar í kringum 5000 fugla af hvori tegund fyrir sig (Skarphéðinsson og fl., 2016), en stöðuleiki stofnanna þrátt fyrir bæði beinar veiðar og meðafli bendir til að grásleppuveiðarnar hafi óveruleg áhrif á þessa stofna. Stofnstærð teistu við landið hefur farið minnkandi síðan athuganir hófust í kringum 1980, og er núna metinn í kringum 20-30.000 fuglar (Skarphéðinsson og fl. 2016). Veiðar á teistu voru bannaðar í september 2017 vegna bágs ástands stofnsins, og því ýmislegt sem kallar á frekari rannsóknir hvort að meðafli í grásleppuveiðum hafi áhrif á stofninn.

HEIMILDIR

Angelo C og Ripley B. 2017. boot: Bootstrap R (S-plus) Functions. R package version 1.3-19.

Bond AL, Ólafsson HG, Crawford R, Hansen ES og Arnardóttir H. 2017. Assessing seabird bycatch in the Icelandic lumpfish gillnet fishery. Birdlife International.

Hauksson E, Ólafsson HG og Granquist S. 2012. Talning útselskópa úr lofti 2012. VMST/14050. 25 pp.

Ólafsdóttir D. 2010. Report on monitoring of marine mammal bycatch in Icelandic fisheries, statistics for 2009 and review of previous information. NAMMCO/SC17/16, 15 pp.

Pálsson ÓK, Gunnlaugsson Th, og Ólafsdóttir D. 2015. Meðafli sjófugla og sjávarspendýra í fiskveiðum á Íslandsmiðum Hafrannsóknir nr 178. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/fjolrit-178pdf>

Skarphéðinsson KH, Katrínardóttir B, Guðmundsson A og Auhage SNV. 2016. Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Nr. 55, 295 pp.

Þorbjörnsson JG, Hauksson E, Sigurðsson GM og Granquist SM. 2017. Aerial census of the Icelandic harbour seal (*Phoca vitulina*) population in 2016: Population estimate, trends and current status, Marine and Freshwater Research in Iceland, Reykjavik, 31 pp.

BYCATCH OF SEABIRDS AND MARINE MAMMALS IN LUMPSUCKER GILLNETS 2014-2017

EXECUTIVE SUMMARY

In this report, bycatch of marine mammals and seabirds is estimated for the Icelandic lump sucker gillnet fishery using data from 193 inspector trips carried out by the Directorate of Fisheries over a four-year period, 2014-2017. Four approaches were used for calculating bycatch; raising of a non-stratified dataset using all four years, the same dataset stratified by management area, same dataset stratified by month and finally the same dataset stratified by depth. Additionally, the effect of random sampling and annual variation in bycatch was investigated.

The most commonly bycaught marine mammal species were harbour seal, grey seal and harbour porpoise, while the most common seabird species were eider, black guillemot, common guillemot and cormorants/shags. The bycatch estimates from the three methods of stratification were relatively similar, although stratification for depth and stratification by month tended to give slightly higher estimates than the one stratified by management area. These three estimates were also broadly similar to the estimate from unstratified data. However, stratification of the data resulted in higher error around the estimates than the non-stratified dataset. The estimate for total number of marine mammals was lowest when stratified by management area (3100 ± 1086 animals), second lowest was the non-stratified estimate (3570 ± 607 animals), the estimate stratified by depth was slightly higher (3620 ± 2860 animals) but the highest estimate was the result of when the dataset was stratified by month (3850 ± 1577 animals). In comparison, there were 988 marine mammals registered in vessel logbooks in 2017. There was a similar result regarding the total numbers of seabirds, which were highest when stratified by month (9100 ± 3180 birds), second highest when stratified by depth (8800 ± 3962 birds), lowest when stratified by management area (7210 ± 3030 birds), with the non-stratified estimate being second lowest (8150 ± 1222 birds). A total of 2417 birds were reported in vessel logbooks in 2017.

When broken up by the most commonly bycaught species, the estimates for harbour porpoise differ little between estimates, with the depth stratified estimate (662) being 100 animals higher and the monthly stratified (428) being 100 animals lower than the other two estimates (~550). A total of 286 porpoises were reported in vessel logbooks in 2017. The depth stratified estimate for harbour seal is also higher (1663 seals) when compared to the non-stratified (1367 seals), stratified by month (1221 seals) and stratified by management area (1255 seals) estimates. The estimates stratified by depth and stratified by management area for grey seal were largely similar, while the non-stratified estimate was around 300 seals higher and the estimate stratified by depth being the highest at around 1900 animals. The four estimates for black guillemots were largely similar, or between 1500-2000 birds, and the same can be said for cormorants/shags were the three estimates were all between 800 and 1000 birds, with the highest estimates being the ones stratified by month. The eider bycatch estimates stratified by depth and stratified by month were around 1000-1400 birds higher than the other two estimates, while the common guillemot estimate stratified by depth was 400 birds higher than the non-stratified estimate and the estimate stratified by management area, while the estimate stratified by month was around 400 birds lower than those two estimates. A total of 442 eiders were reported in logbooks in 2017, while common guillemot was not reported separately, and therefore included in the "other seabird" category, but a total of 1198 "other" seabirds were reported in 2017.

Depth did not seem to have effect on bycatch rates, except for black guillemot, which had lower bycatch rates in deeper waters (40 m and deeper). Both grey seal and eider bycatch rates had decreasing trend with depth, but that effect was not statistically significant, perhaps due to low sample size.

Considerable annual variation was evident for some species, grey seals and eiders in particular. However, when the dataset was broken up by year, the most common bycatch species were the same in all four years. This suggests that the annual variation is mostly due to differences in sampling and the nature of the bycatch events, that tend to be rare but severe for these species, resulting in high variance.

Observed bycatch rates of both marine mammals and seabirds were higher in the inspection trips that were carried out at random when compared to targeted trips; trips were targeted to investigate anomalies in landings, allowable number of nets, bycatch of cod or other possible infractions.

Bycatch rates differed between months for grey seals, black guillemots and cormorants/shags that had higher bycatch rates in May-July than in other months. Caution should be advocated in interpreting these findings, as they are most likely confounded by management area and depth, since the areas have different fishing seasons, and operate in different depths depending on the month, and our sample size is inadequate to properly break up the data by management area and then month/depth. Depth and fishing months vary more between than within management areas, and therefore most of the variation due to depth and fishing months should be accounted for in the estimate stratified by area.

PREFACE

The fishery for lump sucker (*Cyclopterus lumpus*) in Iceland primarily targets females for the roe. The males are targeted in a separate fishery with landings of males being approximately two orders of magnitude lower than that of the females. The male fishery is not considered in this report and all mentions of the lumpfish fishery refers to the female fishery. The lump sucker fishery takes place from late March until August and uses large mesh (267-292 mm) gillnets. The main fishing areas are in coastal waters in Faxaflói, Breiðafjörður and all along the north coast. Very little fishing effort is in the east and south of the country (Figure 1). For management purposes, the country is divided up into 7 management areas, labelled A-G. The fishery is effort controlled, with limits placed on the total length of nets (lead lines), total number of fishing days per boat and total number of boats. Total catch is limited by altering the total number of fishing days allowed for each boat. The number of days set each year is controlled by the Minister of Fisheries and Agriculture, and is based on advised TAC from the MFRI

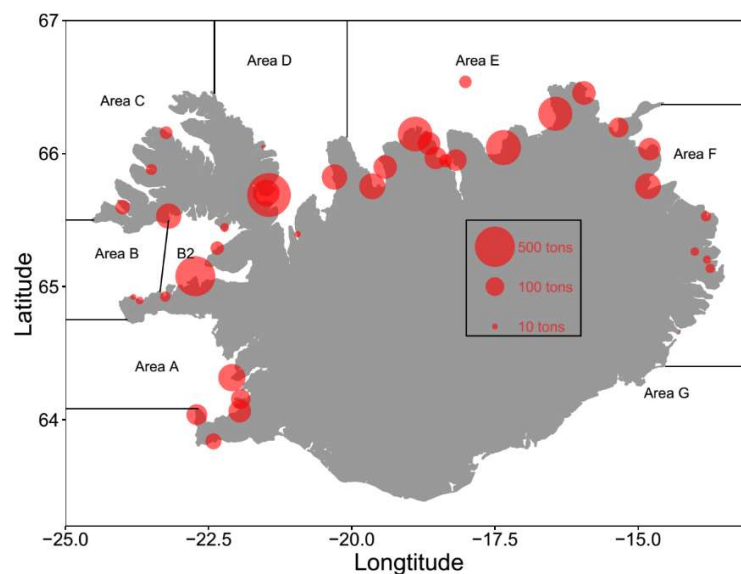


Figure 1. Landings of lump sucker females by harbour in 2016. The lump sucker management areas, A-G, are shown.

Marine mammal and seabird bycatch in the lump sucker fishery was first estimated by Pálsson et al. 2015, that used paper-based logbooks supplemented by inspector checks to estimate the bycatch. They concluded, based on data from 2013, that around 400 porpoises, 700 harbour seals and 140 grey seals were caught annually in the lump sucker fishery, in addition to around 2000 black guillemots, 1900 eiders and 900 cormorants. Seabird bycatch in the fishery was also estimated in 2016 by Birdlife International, using their own observers on 37 fishing trips (Bond et al. 2017). They estimated that around 9000 birds were bycaught in the fishery that year, thereof around 4000 black guillemots, 3000 eiders and 1500 great cormorants. It should be noted, however, that for the raising calculations Bond et al. (2017) used total allowable number of nets and fishing days as an effort metric, which may have resulted in an overestimation of bycatch by the fleet as not all boats use the total number of allowable

nets (Bond et al. 2017), which might explain in part the difference of their estimate compared with Pálsson et al (2015).

METHODS

Before 2010, all bycatch of marine mammals and seabirds for the whole Icelandic fishing fleet was supposed to be reported by captains in paper-based logbooks. The data were subsequently entered manually into an electronic database at the Marine Research Institute in Reykjavik. These data paired with inspector checks was used in the report by Pálsson et al. 2015. An electronic logbook system was implemented in 2010, and since then logbook bycatch numbers for the lumpfish gillnet fishery have diminished due to unknown reasons, and there are indications that these numbers might be unrealistically low. Bycatch rates for this fishery were, for example, 5 times higher when an inspector was present in 2014-2016, when compared to the recorded bycatch rate of the fleet. Animals recorded by the inspectors were also rarely reported in logbooks, for example there were only 6 cases where harbour seals were reported both by the inspector and in the vessel logbook, out of 18 inspection trips where harbour seals were bycaught in 2017. Due to this apparent underreporting of bycatch in the logbooks, alternate data sources for bycatch were used for this study. The main source of data for this study are records of bycatch from onboard inspectors from the Directorate of Fisheries which were compared with logbook submissions.

Inspectors from the Directorate of Fisheries conduct dockside monitoring and deploy inspectors onboard fishing vessels all around the country. The main objective of the monitoring is to enforce rules concerning discards and gear regulations. The catch is also monitored and if it consists of a high proportion of under-sized fish, temporary area closures may be established. Since 2014, the inspectors also recorded any marine mammal or bird bycatch; before 2014, this was not always carried out. Inspector effort (observed trips vs total number of landings) in the lumpsucker fishery ranges from 0.7% in 2015 to 1.9% in 2017. Inspector effort over the four-years period considered for this study was therefore 1.4%. It is worth mentioning that the inspection trips are generally not selected randomly, as the process is often guided by anomalies in landings, or by the need to check for maximum number of nets, bycatch of cod or other possible infractions. To examine whether this potential bias impacts the estimated level of bycatch of marine mammals or birds, a separate study was made in 2017, where 40 out of the 71 inspection trips were selected at random in addition to those selected using the normal procedure. The bycatch rates in the randomly selected set of trips was compared with the non-randomly selected ones by a t-test for each of the more common bycatch species.

Total bycatch by species was estimated by four methods:

- (1) No stratification, all years combined
- (2) Stratifying by depth
- (3) Stratifying by management area
- (4) Stratifying by month

Bycatch was estimated in each strata using the formula:

$$\text{Bycatch estimate} = \text{Bycatch recorded by inspectors} \times \frac{\text{total fishing effort}}{\text{observed fishing effort}}$$

As an example, from the estimate stratified by management area, if 12 seals were bycaught in 17 inspection trips in management area A over the four years, and effort in that area was 1388 landings, then the estimated number of bycaught seals in that management area over the four years is $\frac{12}{17} \times 1388 = 980$ or 245 seals per year. The process is then repeated for the other management areas, and the results summed to get an annual estimate for the entire country.

Total number of landings by the fleet was used as the metric for effort rather than data on the number of nets and soak time from the fleet/logbooks, as the reporting of this data in the logbooks has been inadequate. For example, only 604 landings out of 3309 in 2016 had soak time and number of nets recorded, indicating that the logbook record is incomplete. The coefficient of variance of the calculated bycatch estimates was bootstrapped using the R package boot (Angelo and Ripley, 2017).

In regard to depth stratification, fishing depth was categorized into six 10-meter intervals, 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 and > 50 meters, where bycatch rates of the most common bycatch species were investigated using analysis of variance. Nets are laid perpendicular to the shore and for the purpose of this analysis, fishing depth was measured as the depth of the end of the net closest to shore. Depth was not recorded in 45 out of the 193 inspection trips, thus these trips were excluded from this analysis. For the purpose of raising the bycatch to the level of the entire fleet, the number of landings in each depth band was gathered when available from logbook data and the proportion at each depth interval multiplied by total landings to account for landings where depth was not recorded.

Influence of month on the bycatch rates of the most common bycatch species was investigated using analysis of variance, to investigate the effect of changes in behaviour of the bycaught species during the fishing season. The bycatch was then estimated by raising the observed monthly bycatch rates by number of landings in each month.

In regard to stratification by management area, bycatch was raised by the number of trips in each management area. The total bycatch of each species for the fleet is calculated by summing the total bycatch from each management area.

INSPECTOR COVERAGE AND FISHING EFFORT

In general, there was good correspondence between inspector effort and fishing effort by management area if all four years are lumped together (Tables 1 & 2). The main discrepancies were in management areas C that had higher inspector coverage than relative fishing effort, and management area E that had lower inspector effort than relative fishing effort. Other areas differed by 3% or less. Proportional coverage in each management area differs by year.

Table 1. Spatial coverage of inspections. Number of observed (ob.) trips by inspectors in the lump sucker gillnet fishery by management area in 2014-2017. Percentage of the total number of trips is shown in brackets.

Area/Year	A	B	C	D	E	F	G	Total ob. trips
2014	5	14	8	6	5	0	0	38
2015	0	5	7	1	10	4	1	28
2016	3	8	6	7	21	8	4	57
2017	9	9	0	20	29	3	1	71
Total	17 (9%)	36 (18%)	21 (10%)	34 (18%)	65 (34%)	15 (8%)	6 (3%)	193

Table 2. Spatial distribution of the fishery. Number of landings in the lump sucker gillnet fishery by management area in 2014-2017. Percentage of the total number of trips is shown in brackets.

Area/Year	A	B	C	D	E	F	G	Total trips
2014	333	544	164	371	1290	249	49	3000
2015	361	680	157	484	1536	426	125	3769
2016	315	515	101	523	1360	401	94	3309
2017	379	925	106	360	1286	460	116	3632
Total	1388 (10%)	2664 (19%)	528 (4%)	1738 (13%)	5472 (40%)	1536 (11%)	384 (3%)	13710

Temporal coverage of the inspector trips was not as good as the spatial coverage due to multiple trips in March in 2017, and relatively few inspector trips in May of the same year. There was good correspondence between inspector trips and number of landings by the fleet in April, June and July (Tables 3 and 4).

Table 3. Temporal coverage of inspections. Number of observed trips by inspectors in the lump sucker gillnet fishery by month in 2014-2017. Percentage of the total number of trips is shown in brackets.

Area/Year	March	April	May	June	July	August	Total ob. trips
2014	0	8	19	12	0	0	38
2015	6	10	9	1	2	0	28
2016	1	42	5	7	0	0	57
2017	43	14	5	6	3	0	71
Total	50 (26%)	74 (38%)	38 (20%)	26 (13%)	5 (3%)	0 (0%)	193

Table 4. Temporal distribution of the fishery. Number of landings in the lump sucker gillnet fishery by month in 2014-2017. Percentage of the total number of landings is shown in brackets.

Area/Year	March	April	May	June	July	August	Number of landings
2014	158	1395	1020	349	78	0	3000
2015	341	1563	1246	418	198	3	3769
2016	122	1937	762	334	150	4	3309
2017	390	1269	1122	469	285	97	3632
Total	1011 (7%)	6164 (45%)	4150 (30%)	1570 (12%)	711 (5%)	104 (1%)	13710

When stratified by depth, around 13% of the landings were from 0-10 m depth, while 28% of the inspector trips occurred at this depth range, while proportionally fewer inspector trips occurred at the two deepest intervals when compared to fishing effort at these depths (Table 5).

Table 5. Depth distribution of the fishery and inspector trips. Percentage of landings and inspector trips in the lump sucker gillnet fishery by depth in 2014-2017.

Depth interval	Landings	Inspector trips
0-10 m	13%	28%
10-20 m	34%	30%
20-30 m	18%	19%
30-40 m	13%	10%
40-50 m	10%	5%
50 m +	13%	8%

RESULTS

NON-STRATIFIED BYCATCH ESTIMATE

Using data from all four years, the overall marine mammal bycatch rate was just above 1 animal per trip, while the overall seabird bycatch rate was around 2.4 birds per trip. The most common bycaught marine mammals were grey seals (*Halichoerus grypus*) and harbour seals (*Phoca vitulina*), with a bycatch rate of 0.40 animals per trip, which, raised by effort, results in just below 1400 animals per year for both of these species. The coefficient of variation around the estimate was considerably higher for grey seals (36%) than it was for harbour seals (17%). Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) were the third most common bycaught marine mammal, with a bycatch

rate of 0.16 animals per trip, which results in around 550 animals per year when raised by effort. Bycatch rates of the other three species of marine mammals observed, harp seals (*Pagophilus groenlandicus*), ringed seals (*Pusa hispida*) and bearded seals (*Erignathus barbatus*) were much lower. The most common bycaught seabird species, by far, were eiders (*Somateria mollissima*), with bycatch rate of 1.20 birds per trip, or around 4100 birds raised by effort. Black guillemots (*Cepphus grylle*) and common guillemots (*Uria aalge*) were the second and third most common seabirds observed, with bycatch rate of 0.47 and 0.39 birds per trip, or around 1600 and 1400 birds raised by effort. Cormorant/shag species (Great cormorant, *Phalacrocorax carbo*, and European shag, *Phalacrocorax aristotelis*) were the fourth most common seabirds, with 0.23 birds per trip or around 800 birds raised by effort. Other seabird species observed, Brünnich's guillemot (*Uria lomvia*), long tailed duck (*Clangula hyemalis*), common loon (*Gavia immer*), Atlantic puffin (*Fratercula arctica*), razorbill (*Alca torda*), black-legged kittiwake (*Rissa tridactyla*) and gannet (*Morus bassanus*), were much rarer (Table 6).

Table 6. Bycatch of marine mammals and seabirds in the lump sucker fishery in 2014-2017. Obs. numbers refer to amount of bycatch recorded by inspectors, while raised estimate are numbers raised by number of landings. Raised estimates have coefficient of variation (%) in brackets.

Species	Observed 2014-2017	Bycatch rate (n/trip)	Raised 2014-2017
Harbour porpoise	31	0.16	551 (21)
Harbour seal	77	0.40	1367 (17)
Grey seal	78	0.40	1385 (36)
Harp seal	10	0.05	177 (36)
Ringed seal	3	0.02	53 (75)
Bearded seal	2	0.01	36 (72)
Total marine mammals	201	1.04	3570 (17)
Common guillemot	76	0.39	1350 (37)
Brünnich's guillemot	4	0.02	71 (63)
Black guillemot	91	0.47	1616 (19)
Cormorant/Shag	45	0.23	799 (23)
Common eider	231	1.20	4102 (23)
Atlantic puffin	2	0.01	36 (69)
Long tailed duck	4	0.02	71 (48)
Black-legged Kittiwake	1	0.01	18 (100)
Razorbill	1	0.01	18 (100)
Gannet	1	0.01	18 (96)
Common loon	3	0.02	53 (57)
Total seabirds	459	2.38	8151 (15)

ANNUAL BYCATCH ESTIMATES

When the data is separated by year, it is evident that there is a considerable annual variation in bycatch. Undeniably, the same three species of marine mammals are most common all years but vary substantially between years. This is particular evident for the grey seal, which ranged from 4 observed bycaught animals in 2017, to 46 in 2016. Notably, the majority of those 46 seals in 2016 were caught in just three fishing trips. This results in

very high coefficient of variation and therefore in a high estimate of bycatch for this species. As for seabirds, eiders are by far the most common bycaught species in all four years, but the numbers observed vary considerably between years, resulting in highly variable bycatch estimate. Black guillemots, common guillemots and cormorants/shags were also common in most years, while other species were rarer (Table 7).

Table 7. Bycatch of marine mammals and seabirds in the lump sucker gillnet fishery by year in 2014-2017. Obs. Numbers refer to amount of bycatch recorded by inspectors, while raised estimates are observed values raised by number of landings. Raised estimates have coefficient of variation (%) in brackets.

Species	Obs. 2014	Raised 2014	Obs. 2015	Raised 2015	Obs. 2016	Raised 2016	Obs. 2017	Raised 2017
Harbour porpoise	6	486 (44)	3	404 (53)	6	374 (53)	16	819 (30)
Harbour seal	11	811 (30)	22	2961 (28)	10	624 (44)	34	1739 (29)
Grey seal	7	568 (65)	21	2827 (49)	46	2870 (56)	4	205 (47)
Harp seal	1	81 (97)	3	404 (74)	3	187 (56)	3	153 (70)
Ringed seal	2	162 (101)	0	0	0	0 (0)	1	51 (100)
Bearded seal	0	0 (0)	0	0	2	124 (73)	0	0 (0)
Total marine mammals	26	2108 (33)	49	6596 (31)	67	4179 (39)	58	2967 (22)
Common guillemot	10	811 (42)	7	942 (52)	12	749 (76)	47	2404 (57)
Brünnich's guillemot	2	162 (100)	0	0 (0)	1	62 (100)	1	51 (100)
Black guillemot	44	3568 (24)	11	1481 (39)	16	998 (52)	20	1023 (52)
Cormorant/Shag	21	1703 (24)	13	1749 (49)	1	62 (100)	10	512 (46)
Common eider	42	3316 (29)	95	12788 (44)	32	1997 (43)	62	3172 (38)
Atlantic puffin	0	0 (0)	1	135 (95)	1	62 (100)	0	0 (0)
Long tailed duck	1	81 (98)	0	0	1	62 (100)	2	102 (70)
Black-legged Kittiwake	1	81 (100)	0	0	0	0 (0)	0	0 (0)
Common loon	2	162 (68)	0	0	0	0 (0)	1	51 (100)
Razorbill	0	0 (0)	0	0	0	0 (0)	1	51 (98)
Gannet	0	0 (0)	0	0	0	0 (0)	1	51 (98)
Total seabirds	122	9892 (17)	127	17095	64	3992 (33)	145	7468 (29)

STRATIFICATION BY MANAGEMENT AREA

When the data is stratified by management area, it is evident that the bycatch rate of some species is uniform across management areas, while other species have higher rates in one or more areas. Out of the marine mammals bycaught, both harbour seals ($F_{6,185} = 1.25$, $p = 0.28$) and harbour porpoises ($F_{6,185} = 0.45$, $p = 0.85$) have relatively uniform bycatch rates across areas, while bycatch rates of grey seal are considerably higher in management areas B and C ($F_{6,185} = 2.67$, $p = 0.02$) than in other areas. Bycatch rates of eiders was significantly higher in area C ($p < 0.05$), but uniform in other areas while bycatch rates of black guillemots were higher in areas A, B, C and F, than in areas D, E and G. Bycatch rates of cormorants/shags were significantly higher in areas A, B and G than in other areas ($p < 0.05$).

When total bycatch is estimated from unstratified data and when stratified by management area, the total annual marine mammal bycatch for the fleet during the period 2014-2017 differs by 500 animals; a total of 3600 animals for unstratified data and 3100 animals when stratified by management area. In regard to bird bycatch, unstratified data gave an estimate of 8200 birds while stratifying by area gave an estimate of 7200 birds.

As for seabirds, almost all the difference observed can be explained by the bycatch of eiders, where the overall estimate from unstratified data is approximately 900 birds higher than the estimate from data stratified by management area, while the other species, black guillemots, common guillemots and cormorants/shags differ by around 100 birds or less (Tables 6 & 8).

Table 8. Bycatch of marine mammals and seabirds in the lump sucker gillnet fishery in 2014-2017 by management area. Obs. numbers refer to amount of bycatch recorded by inspectors, while raised estimates are observed values raised by number of landings. Species were significant effect of area was observed are marked with an asterisk, and different letters above bycatch rates per area in those species indicate significant difference ($p > 0.05$) from other areas. Raised estimates have coefficient of variation (%) in brackets.

Species / Area	Observed 2014-2017								Bycatch rate (n/trip)							Raised 2014-2017 (CV %)							
	A	B	C	D	E	F	G	Total	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	Total
Harbour porpoise	4	8	3	6	7	3	0	31	0.24	0.22	0.14	0.18	0.11	0.2	0	82 (44)	148 (40)	19 (54)	76 (43)	147 (56)	77 (72)	0	549 (52)
Harbour seal	12	14	15	15	16	5	0	77	0.71	0.39	0.71	0.44	0.25	0.33	0	245 (77)	259 (39)	94 (31)	192 (29)	337 (27)	128 (47)	0	1255 (42)
Grey seal*	0	44	28	3	3	0	0	78	0 ^b	1.22 ^a	1.33 ^a	0.09 ^b	0.05 ^b	0 ^b	0	0	814 (47)	176 (59)	38 (56)	63 (53)	0	0	1091 (54)
Harp seal	2	0	5	1	1	1	0	10	0.12	0	0.24	0.03	0.02	0.07	0	41 (100)	0	31 (49)	13 (99)	21 (99)	26 (97)	0	132 (89)
Ringed seal	1	0	2	0	0	0	0	3	0.06	0	0.10	0	0	0	0	20 (100)	0	13 (95)	0	0	0	0	33 (98)
Bearded seal	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	42 (71)	0	0	42 (71)
Total marine mammals	19	66	53	25	29	9	0	201	1.12	1.83	2.52	0.74	0.45	0.6	0	388 (54)	1221 (36)	333 (35)	319 (22)	610 (22)	231 (39)	0	3102 (35)
Common guillemot	3	32	2	15	21	3	0	76	0.18	0.89	0.10	0.44	0.32	0.20	0	61 (94)	592 (68)	13 (70)	192 (60)	442 (79)	77 (68)	0	1376 (73)
Brünnich's guillemot	0	0	0	1	3	0	0	4	0	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0	0	13 (98)	63 (74)	0	0	76 (86)
Black guillemot*	10	32	22	3	17	7	0	91	0.59 ^a	0.89 ^a	1.05 ^a	0.09 ^b	0.26 ^b	0.47 ^a	0 ^b	204 (58)	592 (29)	138 (40)	38 (71)	358 (50)	179 (78)	0	1510 (54)
Cormorant/ Shag*	8	23	3	3	2	3	3	45	0.47 ^a	0.64 ^a	0.14 ^b	0.09 ^b	0.03 ^b	0.20 ^b	0.50 ^a	163 (48)	426 (31)	19 (100)	38 (55)	42 (68)	77 (93)	48 (94)	813 (70)
Common eider*	22	27	98	16	61	7	0	231	1.29 ^b	0.75 ^b	4.67 ^a	0.47 ^b	0.94 ^b	0.47 ^b	0 ^b	449 (57)	500 (44)	616 (42)	204 (61)	1284 (36)	179 (57)	0	3232 (50)
Atlantic puffin	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0.02	0	0	0.02	0	0	0 (0)	19 (97)	0	0	21 (96)	0	0	40 (97)
Long tailed duck	1	0	1	1	1	0	0	4	0.06	0	0.05	0.03	0.02	0	0	20 (100)	0	6 (96)	13 (100)	21 (100)	0	0	61 (99)
Black-legged Kittiwake	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.05	0	0	0	0	0 (0)	0	6 (97)	0	0	0	0	6 (97)
Common loon	1	0	0	0	0	1	0	2	0.06	0	0	0	0	0.07	0	20 (99)	0	0	13 (100)	0	26 (100)	0	59 (100)
Razorbill	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	13 (100)	0	0	0	13 (100)
Gannet	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	21 (99)	0	0	21
Total seabirds	46	115	127	41	107	21	0	459	2.65	3.19	6.05	1.38	1.75	1.60	0.50	919 (38)	2128 (21)	798 (33)	524 (32)	2252 (31)	538 (47)	48 (94)	7207 (42)

STRATIFICATION BY MONTH

Total bycatch of marine mammals ($F_{4,186} = 1.79$, $p = 0.13$) and seabirds ($F_{4,186} = 1.56$, $p = 0.19$) did not vary significantly by month. However, if this was broken down to species level, catch rates of grey seal ($F_{4,186} = 2.74$, $p = 0.03$), black guillemot ($F_{4,186} = 8.20$, $p < 0.0001$) and cormorants/shags ($F_{4,186} = 12.96$, $p < 0.0001$) differed by

month. Whereas, catch rates of harbour porpoise, harbour seal, guillemot and eider did not vary between months ($p > 0.2$).

Grey seal bycatch rates were significantly higher in May than in other months ($p < 0.05$). Similarly, bycatch rates of black guillemot were higher in May, June and July than in other months ($p < 0.05$). In regard to cormorants/shags, bycatch rates in May and July were significantly higher than in other months (Table 9).

When estimated bycatch stratified by month is compared to the unstratified estimate, the total marine mammal bycatch for the fleet differs by around 250 animals; a total of ~3600 animals for unstratified data and ~3850 animals when stratified by month, mostly due to higher grey seal bycatch in the stratified by month estimate. In regard to bird bycatch, the unstratified estimate was 8200 birds while the estimate stratified by month was 9100 birds. Bycatch of eiders, black guillemots and cormorants/shags was 300-1200 birds higher in the stratified by month estimate, while bycatch of common guillemots was 500 birds lower (Tables 6 & 9).

Table 9. Bycatch rates of marine mammals and seabirds in the lump sucker gillnet fishery in 2014-2017 by month. Species where significant effect of month was observed are marked with an asterisk, and different letters above bycatch rates per month in those species indicate significant difference ($p > 0.05$) from other months. Raised estimates are observed values raised by number of landings in each month. Raised estimates have coefficient of variation (%) in brackets.

Species / Month	Observed 2014-2017							Bycatch rate (n/trip)							Raised 2014-2017 (CV %)						
	3	4	5	6	7	8	Total	3	4	5	6	7	8	Average	3	4	5	6	7	8	Total
Harbour porpoise	14	9	4	4	0	0	31	0.28	0.12	0.11	0.15	0	0	0.13	71 (32)	187 (38)	109 (49)	60 (58)	0 (0)	0 (0)	428 (44)
Harbour seal	31	24	14	5	3	0	77	0.62	0.32	0.36	0.19	0.60	0	0.42	157 (33)	500 (25)	382 (43)	76 (40)	107 (81)	0 (0)	1221 (44)
Grey seal*	3	24	51	0	0	0	78	0.06 ^b	0.32 ^a	1.34 ^a	0 ^b	0 ^b	0	0.35	15 (54)	500 (71)	1392 (42)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1907 (56)
Harp seal	2	6	2	0	0	0	10	0.04	0.08	0.05	0	0	0	0.03	10 (99)	125 (46)	55 (69)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	190 (71)
Ringed seal	1	0	2	0	0	0	3	0.02	0	0.05	0	0	0	0.02	5 (100)	0 (0)	55 (95)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	60 (97)
Bearded seal	0	2	0	0	0	0	2	0	0.03	0	0	0	0	0.01	0 (0)	42 (68)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	42 (68)
Total marine mammals	51	65	73	9	3	0	201	1.02	0.88	1.92	0.35	0.60	0	0.96	258 (23)	1354 (32)	1993 (33)	136 (35)	107 (81)	0 (0)	3847 (41)
Common guillemot	48	15	10	3	0	0	76	0.96	0.20	0.26	0.12	0	0	0.31	243 (55)	312 (65)	273 (42)	45 (94)	0 (0)	0 (0)	873 (64)
Brünnich's guillemot	1	2	1	0	0	0	5	0.02	0.03	0.03	0	0	0	0.01	5 (97)	42 (97)	27 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	74 (98)
Black guillemot*	1	14	41	29	6	0	91	0.02 ^b	0.19 ^b	1.08 ^a	1.15 ^a	1.20 ^a	0	0.72	5 (100)	292 (42)	1119 (27)	438 (34)	213 (79)	0 (0)	2067 (56)
Cormorant/shag*	3	1	25	10	6	0	45	0.06 ^c	0.01 ^c	0.66 ^b	0.38 ^c	1.20 ^a	0	0.46	15 (57)	21 (99)	683 (31)	151 (28)	213 (40)	0 (0)	1083 (51)
Common eider	12	119	52	44	4	0	231	0.24	1.61	1.37	1.12	1.20	0	1.14	61 (69)	2478 (38)	1420 (31)	664 (44)	142 (84)	0 (0)	4765 (53)
Atlantic puffin	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0.02	0.04	0	0	0.01	0 (0)	0 (0)	27 (100)	15 (98)	0 (0)	0 (0)	42 (99)
Long tailed duck	2	1	1	0	0	0	4	0.04	0.01	0.03	0	0	0	0.01	10 (69)	21 (100)	27 (96)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	58 (88)
Black legged Kittiwake	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0.03	0	0	0	0.01	0 (0)	0 (0)	27 (98)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	27 (98)
Common loon	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0.05	0.04	0	0	0.02	0 (0)	0 (0)	55 (69)	15 (100)	0 (0)	0 (0)	70 (85)
Razorbill	1	0	0	0	0	0	1	0.02	0	0	0	0	0	0.01	5 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (100)
Gannet	0	1	0	0	0	0	1	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0 (0)	21 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	21 (100)
Total seabirds	68	153	134	88	16	0	459	1.36	2.06	3.53	3.38	3.2	0	2.71	344 (40)	3186 (31)	3659 (19)	1328 (31)	569 (53)	0 (0)	9086 (35)

STRATIFICATION BY DEPTH

No significant effect of depth was observed on the total marine mammal bycatch rate ($F_{5,139} = 0.69$, $p = 0.63$) (Figure 2). When broken up by species, there was no significant effect of depth observed on the bycatch rate for harbour seal ($F_{5,139} = 0.89$, $p = 0.49$), grey seal ($F_{5,139} = 1.89$, $p = 0.10$), harbour porpoise ($F_{5,139} = 1.05$, $p = 0.39$), nor for harp seal ($F_{5,139} = 0.53$, $p = 0.75$). Similarly, there was no significant effect of depth observed on total bird bycatch rate ($F_{5,139} = 1.449$, $p = 0.21$) (Figure 3). When broken up by species, there was however a significant effect of depth on the bycatch rate for black guillemot ($F_{5,139} = 2.69$, $p = 0.02$), where bycatch rates at 10 meters or less, 21-30 m and 31-40 m depth were higher than at 11-20 m or at deeper than 40-meters depth. No significant effect of depth was seen on the bycatch rate of other bird species ($p > 0.4$).

When bycatch stratified by depth is compared with the total bycatch estimated from unstratified data, the total marine mammal bycatch was very similar; or a total of 3570 animals for unstratified data and 3620 animals when stratified by depth (Table 10). This was expected, as no significant effect of depth was observed for marine mammals. In regard to bird bycatch, unstratified data gave an estimate of 8200 birds while stratifying by depth gave somewhat higher estimate of 8800 birds (Table 10).

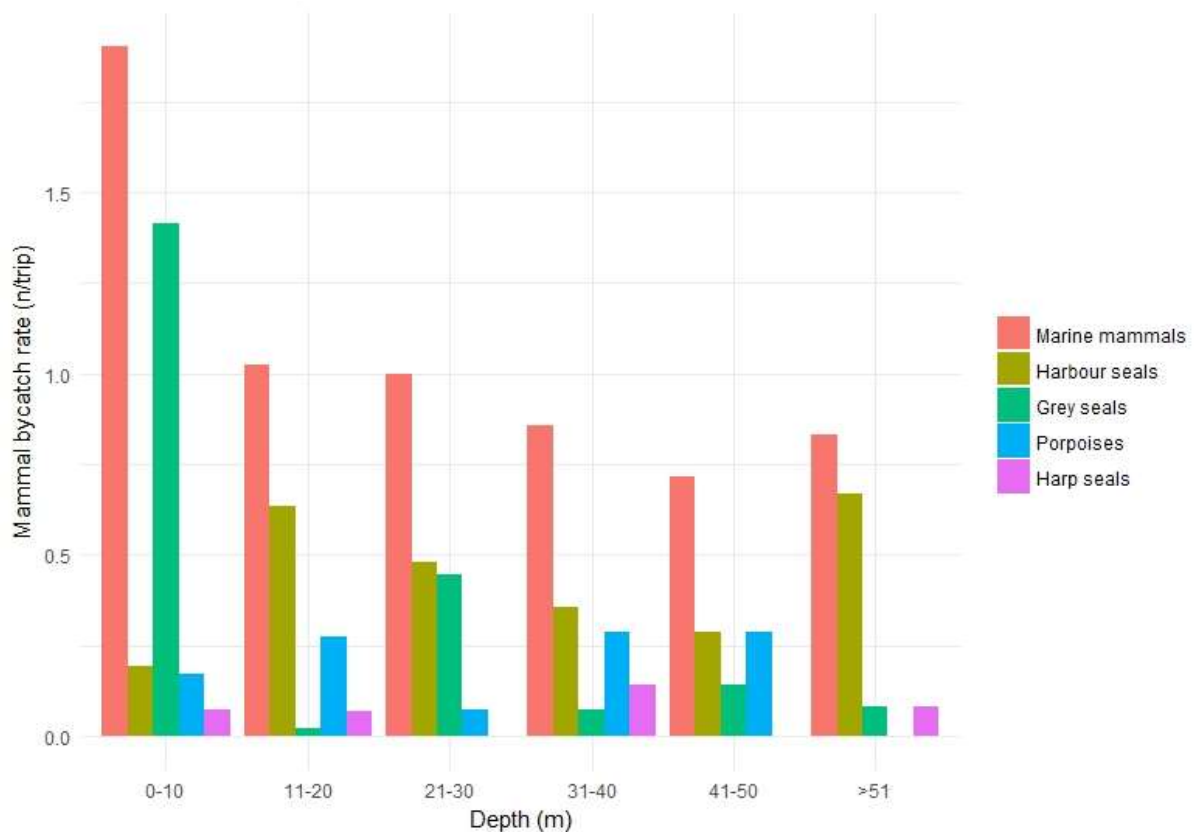


Figure 2. Bycatch rate of the four most common marine mammals, in addition to total bycatch rate of marine mammals by depth in the lumpsucker gillnet fishery in 2014-2017.

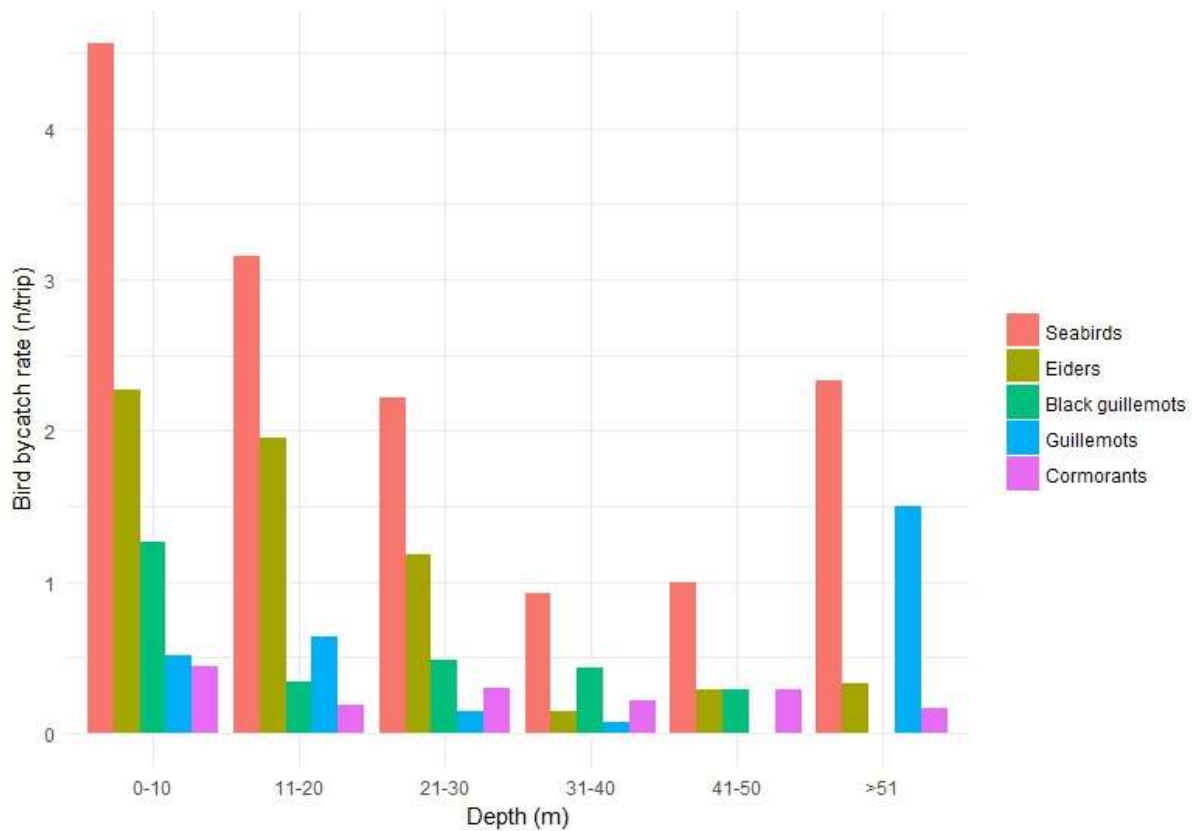


Figure 3. Bycatch rate of the four most common sea birds, in addition to total bycatch rate of seabirds by depth in the lumpsucker gillnet fishery in 2014-2017.

Table 10. Bycatch rates of marine mammals and seabirds in the lumpsucker gillnet fishery in 2014-2017 by depth. Raised estimates are observed values raised by number of landings. Species where significant effect of depth was observed are marked with an asterisk, and different letters above bycatch rates per depth interval in those species indicate significant difference ($p > 0.05$) from other depth intervals. Raised estimates have coefficient of variation (%) in brackets.

Species / Depth	Bycatch rate (n/trip)							Annual raised estimate 2014-2017						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50+	Average	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50+	Total
Harbour porpoise	0.17	0.27	0.07	0.29	0.29	0.0	0.18	76 (35)	318 (38)	43 (70)	127 (54)	100 (59)	0	662 (51)
Harbour seal	0.20	0.64	0.48	0.36	0.29	0.67	0.44	87 (47)	742 (33)	281 (44)	159 (46)	100 (60)	297 (42)	1663 (45)
Grey seal	1.41	0.03	0.44	0.07	0.14	0.08	0.36	630 (44)	26 (100)	259 (75)	32 (96)	49 (89)	37 (98)	1034 (84)
Harp seal	0.07	0.07	0.00	0.14	0.00	0.08	0.06	33 (71)	79 (75)	0	64 (67)	0	37 (94)	213 (77)
Ringed seal	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	22 (95)	26 (100)	0	0	0	0	48 (97)
Bearded seal	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total marine mammals	1.90	1.02	1.00	0.86	0.71	0.83	1.05	848 (35)	1192 (26)	583 (52)	382 (32)	245 (35)	371 (31)	3620 (79)
Common guillemot	0.51	0.64	0.15	0.07	0.00	1.50	0.48	228 (98)	742 (44)	86 (73)	32 (95)	0	668 (84)	1756 (79)
Brünnich's guillemot	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.25	0.05	0	0	22 (98)	0	0	111 (71)	133 (85)
Black guillemot*	1.27 ^a	0.34 ^b	0.48 ^a	0.43 ^a	0.29 ^b	0.00 ^b	0.47	562 (25)	397 (43)	291 (42)	191 (92)	98 (61)	0	1532 (53)

Cormorant/shag	0.44	0.18	0.29	0.21	0.29	0.17	0.26	196 (33)	212 (48)	173 (53)	95 (92)	98 (62)	74 (65)	848 (59)
Common eider	2.27	1.95	1.19	0.14	0.29	0.33	1.03	1011 (34)	2278 (41)	691 (63)	64 (65)	98 (61)	149 (72)	4289 (56)
Atlantic puffin	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	11 (95)	0	0	0	0	0	11 (95)
Long tailed duck	0.02	0.02	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	11 (100)	26 (100)	0	0	49 (92)	0	86 (97)
Black legged Kittiwake	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	11 (95)	0	0	0	0	0	11 (95)
Common loon	0.00	0.02	0.03	0.07	0.00	0.00	0.02	0	26 (94)	22 (97)	32 (97)	0	0	80 (96)
Razorbill	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0	0	0	0	0	37 (91)	37 (91)
Gannet	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0	0	22 (100)	0	0	0	22 (100)
Total seabirds	4.56	3.16	2.22	0.93	1.00	2.33	2.37	2032 (23)	3681 (26)	1295 (39)	414 (74)	343 (53)	1040 (53)	8805 (45)

RANDOM OR TARGETED SAMPLING

Bycatch rate of both marine mammals and seabirds was considerably higher in inspection trips selected at random in 2017. The bycatch rate of marine mammals was almost 1 animal per trip in the randomly selected trips, while the targeted trips had a bycatch rate of 0.6 animals per trip. As for seabirds, the difference was higher, and bycatch rate in the randomly selected trips was 2.9 birds per trip while it was 0.9 birds per trip in the targeted trips. The difference in bycatch rate of marine mammals was not statistically significant ($t_{67} = -1.09$, $p = 0.14$), while the difference in seabirds was significantly higher in the randomly selected trips ($t_{67} = -1.86$, $p = 0.03$). Out of the most common bycaught marine mammals, no significant difference in bycatch rates between the two sampling schemes was observed ($p > 0.05$), as in the bycatch rates of common guillemot and cormorants/shags ($p > 0.1$). Bycatch rates of eiders ($t_{46} = -1.86$, $p = 0.03$) and black guillemots ($t_{40} = -1.72$, $p = 0.05$) were significantly higher in the randomly selected trips.

LOGBOOK DATA

The examination of logbook data shows that, as is the case of the data from inspectors, seal species were the most commonly reported bycatch by lump sucker vessels in all four years. Some harbour porpoise bycatch was reported in the logbooks as well. The species composition of those bycaught seals is unknown due to the logbook entries only reporting them as "seals". A similar problem exists regarding seabirds, as a substantial proportion of the birds are only reported as "seabirds". However, black guillemots, eiders and cormorants/shags were sometimes reported as separate species/groups (Table 11). A marked increase in bycatch was observed in 2017, when the reported number of seals, eiders and black guillemots more than doubled from previous years and the number of porpoises and other seabirds recorded increased tenfold (Table 11). This increase in reporting could be attributed to a real increase in bycatch, to a better compliance in the reporting or both.

Table 11. Bycatch of marine mammals and seabirds in the lump sucker gillnet fishery in 2014-2017 as reported by the fishing fleet.

Species	2014	2015	2016	2017	Average
Seal species	215	334	279	700	382
Harbour porpoise	65	20	22	286	98
White beaked dolphin	0	0	1	2	1

Unidentified dolphin	0	0	0	1	0
Total marine mammals	280	354	301	989	481
Cormorants/Shags	85	204	193	177	165
Black guillemot	97	252	288	600	309
Common eider	142	165	213	442	241
Other seabirds	219	299	182	1198	475
Total seabirds	343	920	876	2417	1139

RESULT SUMMARY

Overall, the four different bycatch estimates differed relatively little (Table 12). The estimates stratified by management area were generally lowest and the estimates stratified by depth or month highest. All three stratified estimates have considerably higher variation around the estimate than the non-stratified estimate. Although logbook reports in 2017 were considerably higher than in previous years, the reported bycatch was lower than the estimates using raised inspector data, although reported bycatch of harbour porpoises (286) and black guillemots (600) comes close to the lower end of the estimates stratified by management area (264-834 for harbour porpoise, 695-2325 for black guillemot) (Tables 11 & 12).

Table 12. Summary of the four different annual bycatch estimates (n/year) conducted in this study. The numbers reported in logbooks by the fleet in 2017 are also shown.

Species	Non-stratified bycatch estimate 2014-2017 (± CV*estimate)	Stratified by management area 2014-2017 (± CV*estimate)	Stratified by depth 2014-2017 (± CV*estimate)	Stratified by month 2014-2017 (± CV*estimate)	Logbooks 2017
Harbour porpoise	551 (412-630)	549 (264-834)	662 (324-998)	428 (240-616)	286
Harbour seal	1367 (1135-1599)	1255 (728-1782)	1663 (915-2411)	1221 (684-1758)	700 (all seal species)
Grey seal	1385 (886-1884)	1091 (502-1680)	1034 (165-1903)	1907 (840-2974)	
Harp seal	177 (113-241)	132 (15-249)	213 (49-377)	190 (55-325)	
Ringed seal	53 (13-93)	33 (1-65)	48 (1-95)	60 (1-118)	
Bearded seal	36 (9-63)	42 (12-72)	NA	42 (13-71)	
White beaked dolphin	0	0	0	0	2
Unidentified dolphin	0	0	0	0	1
Total marine mammals	3570 (2963-4177)	3102 (2016-4188)	3620 (760-6480)	3847 (2270-5424)	988
Common guillemot	1350 (850-1850)	1376 (372-2380)	1756 (369-3143)	873 (314-1432)	0
Brünnich's guillemot	71 (26-116)	76 (11-141)	133 (19-247)	74 (1-147)	0
Black guillemot	1616 (1309-1923)	1510 (695-2325)	1532 (720-2344)	2067 (910-3224)	600
Cormorant/Shag	799 (615-983)	813 (244-1382)	848 (348-1348)	1083 (531-1635)	177
Common eider	3316 (2354-4278)	3232 (1616-4848)	4289 (1887-6691)	4765 (2240-7290)	442
Atlantic puffin	36 (11-61)	40 (1-80)	11 (1-20)	42 (1-84)	0
Long tailed duck	71 (37-105)	61 (1-122)	86 (2-172)	58 (7-109)	0
Black-legged Kittiwake	18 (1-36)	6 (1-12)	11 (1-20)	27 (1-54)	0
Razorbill	18 (1-36)	59 (1-118)	80 (3-156)	70 (10-130)	0
Gannet	18 (1-35)	13 (1-26)	37 (3-71)	5 (1-10)	0
Common loon	53 (23-83)	21 (1-42)	22 (1-44)	21 (1-42)	0
Other seabirds	0	0	0	0	1198

Total seabirds	8151 (6928-9374)	7207 (4180-10,234)	8805 (4843-12767)	9086 (5906-12266)	2417
-----------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------

DISCUSSION

Although reported bycatch by the fleet has increased, which suggests better compliance, the overall bycatch rates are still much lower than observed in the trips by inspectors. Overall, the marine mammal and seabird bycatch rate in inspector trips was around four times higher than reported by the fleet in 2017, which shows the need to use other data in addition to the log books. This difference also warrants an investigation into why fishermen do not report bycatch, and how reporting can be made easier. A smartphone app is in development by the Directorate of Fisheries, which hopefully will make both reporting and identification of bycatch easier for operators in the fishery.

Bycatch rates in inspector trips vary considerably between years, which results in highly variable estimates of bycatch by year. The most likely factors explaining this difference are inadequate sampling, spatial/temporal mismatch in sampling, and the nature of bycatch events, but bycatch events of some species like eiders and grey seals seem to be characterized by few severe events. To counter this annual variation, and high coefficient of variation within years, lumping all four years of sampling together results both in better spatial match between inspector trips and fishery landings, and lower coefficient of variation for the estimates of bycatch due to higher explanatory power of the larger dataset.

Bycatch rates were different between management areas for some species, which highlights the importance of sampling across management areas in relation to fishing effort if the aim is to use non-stratified bycatch estimation. Out of the more common species, very little variation in bycatch rates between management areas was seen for harbour seals, harbour porpoises, and common guillemot. However, for grey seals, eiders, cormorants and shags, and black guillemots, one or more management areas where bycatch rates were higher. Grey seals were predominantly found in management areas B and C and raised by effort, area B accounts for 75% of the total estimate and area C for 16%. Raised by effort, around 40% the total estimate for eiders is estimated to be caught in area E, and around 15% in each of areas A, B and C. Bycatch rates of black guillemot were highest in areas B, E and A, and raised by effort, that accounts for around 14% in area A, 40% in area B and 24% in area E. Bycatch rates of cormorants and shags were highest in areas B, A and G, but areas B and A dominate when raised by effort, with more than 50% of the estimated bycatch occurring in area B and 20% in area A. This is unsurprising given that Areas A and B are the main breeding grounds for these species in Iceland (Skarphéðinsson et al. 2016). Factors influencing the differences of bycatch by management areas could be: (a) the relative concentration of the bycaught species among the areas (b) the variation of concentration of these animals during the season and the differences in the spatio-temporal distribution of the fishing effort or (c) a random effect. Stratification of the data by management area resulted in somewhat lower bycatch estimates for both marine mammals and seabirds when compared to the overall bycatch estimate, at the cost of higher variance. For individual species, stratification of area led to a decrease of 100 animals (7%) in comparison to unstratified data for harbour seals, whereas it resulted in no significant difference for harbour porpoises and most seabird species. The largest difference observed was in the case of grey seal, where stratification of the data by management area led to a decrease of 300 animals (22%) in the estimate of bycatch.

No significant effect of depth was observed on the bycatch rate of any of the marine mammals and all the seabird species except for the black guillemot that had higher bycatch rates at shallower depths. Stratification of the data by depth for harbour seals led to an increase of 300 seals (20%) in comparison to unstratified data, while it led to a decrease of 300 grey seals. The largest difference between these estimates in seabirds was for eiders and common guillemot, where the estimate stratified by depth was around 1000 eiders and 400 common guillemots higher than the total bycatch estimated from the unstratified data. Both eiders and grey seals showed decreasing trend with depth, and it is likely that a significant effect of depth would be observed if the sample size was larger. It could therefore be plausible to reduce bycatch of those three species (grey seal, black guillemot and eider) by reducing fishing effort at depths shallower than 20 meters. This would, however, have the drawback that most of the fishery in area B would be shut down as most of the fishing grounds are in shallow water.

Comparison of the randomly and non-randomly selected inspection trip in 2017 show that the non-random trips are biased towards lower bycatch estimates compared to the random trips. The significantly higher

bycatch rates of eiders and black guillemots observed in the randomly selected trips could be due to the inspectors focusing on possible infractions in the targeted trips and therefore overlooking some bycatch, although it is also possible that the difference is simply due to random chance.

Bycatch rates differed between months for several species; grey seals, black guillemots and cormorants/shags. The bycatch rates of these species were higher in May, June and July than in other months. This effect is likely confounded with both management area and depth, and caution should therefore be taken when interpreting these findings. The management areas have slightly different seasons, with areas D, E, F and G starting at the end of March, areas A and the outer part of B in early April, while the inner part of management area B starts in May. Depth is also confounded with month, as in most areas the fleet starts the fishing season in deeper water and move shallower as the season progresses, and area B is fished almost exclusively at depths <20m. Stratification of the data by month for grey seals led to an increase of 300 seals (20%) in comparison to unstratified data, while it led to a decrease of 100 animals in the estimate of harbour seals and harbour porpoise. The largest difference between these estimates in seabirds was for eiders, black guillemot, and cormorants/shags were the estimate stratified by depth was around 1200 eiders, 400 black guillemots and 300 cormorants/shags higher than the total bycatch estimated from the unstratified data while bycatch of common guillemots was 500 birds lower.

Inspector coverage was quite well distributed across areas, and therefore not surprising that the estimate stratified by area is not that different from the overall estimate, and similar can be said about the coverage across depths, although inspections were slightly biased towards 0-10 m. The nature of this bycatch dataset is very statistically challenging, and it is likely that all factors that were tested in the analysis here are confounded in some way. It is for example possible that bycatch rates differ by depth within areas, or by months within areas, but we lack the sample size to test for these effects. More sampling is therefore needed, either by increasing the number of inspections each year, or by other measures like onboard security camera systems.

The estimates in this survey are in many ways similar to the previous study by Pálsson et al (2015), where their estimates for harbour seal, harbour porpoise and black guillemot were similar to the estimates presented here although their estimated bycatch estimate for grey seal was considerably lower. Estimation of grey seal bycatch is problematic since the events are rare, but severe, and annual estimates therefore highly variable and have high variance. The seabird bycatch estimates of around 9300 birds presented by Bond et al. 2017 were 1000-2000 seabirds higher than the non-stratified estimate and the estimate stratified by area, but similar to the estimates stratified by month and depth. This study has higher estimated bycatch of eiders and common guillemot, while the study by Bond et al. (2017) reported considerably higher bycatch rates of black guillemot and cormorant/shag due to unknown reasons. The sample size in that study was 37 trips, and only conducted in one year, so it is possible that some random variance explains the difference in species composition between the studies.

Finally, it should be noted that the population estimates of the main bycatch species are highly uncertain/outdated in many cases. Monitoring the population trends of these species is important to estimate whether the bycatch in the lump sucker gillnet fishery is having a negative effect on the populations. In cases where hunting is conducted, the combined effect of animal removal must be assessed to assure that the total number of removed animals is within biological limits of the species. Population trends of the harbour seal and grey seal are perhaps the best monitored out of the more common bycatch species. The population of harbour seal has declined by close to 80% since population surveys started around Iceland in 1980, with the last survey in 2016 estimated the population at 7700 seals (Pörbjörnsson et al. 2017). The grey seal population has also been declining, and there are 6 years since the last survey, conducted in 2012, that estimated the population at 4200 seals (Hauksson et al. 2012). A new grey seal census was conducted in 2017. Further investigation is warranted into whether the decline in those two species is due to bycatch in fisheries, hunting, culling, environmental factors or a combination of two or more factors. Hunting and culling of seals is largely unregulated in Icelandic waters, and it is not required to report hunted/culled seals. Such mandatory reports are essential to properly assess whether the removal of seals is within biological limits. Only one population estimate is available for harbour porpoise, based on an incomplete aerial survey, that estimated the population at around 42.000 animals (Ólafsdóttir, 2010), which suggests that the bycatch amounts in the lump sucker fishery are likely within biological limits, although population trends are unknown. The population estimates of eider and common guillemots suggest that the

populations are large and stable (Skarphéðinsson et al. 2016), and bycatch is therefore unlikely to have any effect on the total populations. The populations of great cormorants and European shags are also stable at around 5000 birds of each species (Skarphéðinsson et al. 2016) despite considerable hunting effort, indicating that the bycatch in lumpsucker gillnets is likely within biological limits of those species. The population of black guillemots has been declining since the 1980s, and the population is currently estimated at around 20-30.000 birds (Skarphéðinsson et al. 2016). Hunting of the species was banned in 2017 due to poor population status, which warrants further research into whether bycatch in the lumpsucker gillnets could be affecting the population.

REFERENCES

- Angelo C and Ripley B. 2017. boot: Bootstrap R (S-plus) Functions. R package version 1.3-19.
- Bond AL, Ólafsson HG, Crawford R, Hansen ES and Arnardóttir H. 2017. Assessing seabird bycatch in the Icelandic lumpfish gillnet fishery. Birdlife International.
- Hauksson E, Ólafsson HG and Granquist S. 2012. Talning útselskópa úr lofti 2012. VMST/14050. 25 pp.
- Ólafsdóttir D. 2010. Report on monitoring of marine mammal bycatch in Icelandic fisheries, statistics for 2009 and review of previous information. NAMMCO/SC17/16, 15 pp.
- Pálsson ÓK, Gunnlaugsson Th, and Ólafsdóttir D. 2015. By-catch of seabirds and marine mammals in Icelandic Fisheries. Marine Research no 178. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/fjolrit-178pdf>
- Skarphéðinsson KH, Katrínardóttir B, Guðmundsson A and Auhage SNV. 2016. Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Nr. 55, 295 pp.
- Þorbjörnsson JG, Hauksson E, Sigurðsson GM and Granquist SM. 2017. Aerial census of the Icelandic harbour seal (*Phoca vitulina*) population in 2016: Population estimate, trends and current status, Marine and Freshwater Research in Iceland, Reykjavík, 31 pp.