



# UPPRUNI FÆÐU FISKISAMFÉLAGA Í BREIÐAFIRÐI

Frumskýrsla útbúin fyrir Breiðafjarðarnefnd

## ÚTDRÁTTUR

Notaðar voru veiðitölur, greiningar á magainnihaldi, stöðugum efnasamsætum og köfunarsnið til að meta notkun algengra tegunda, t.d. þorsk og ufsa á mismunandi búsvæðum í Breiðafirði. Áhersla var lögð á að meta mikilvægi þara, þangs og marhálms.

Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir  
& Anja Nickel

## **Formáli**

Tilfni þessarar skýrslu er að Rannsóknasetur HÍ á Vestfjörðum eftir samtal við nefndarmenn Breiðafjarðarnefndar setur saman verkáætlun um hvernig megi meta notkun fiskisamfélaga í innanverðum Breiðafirði á ólíkum búsvæðum eða frumframleiðendum í firðinum. Úr varð að setrið sótti um styrk til verkefnis þar sem annarsvegar yrði unnið með veiðitölur og hinsvegar reynt að rekja fæðu fiskisamfélaga með fæðugreiningum og greiningum á stöðugum efnasamsætum. Áhersla var lögð á þorskfiskseiði.

Það er tímafrekt að fullgreina gögn af þessu tagi og skýrslan sem hér fylgir er fyrst og fremst hugsuð sem yfirlit vettvangsvinnu og svör við þeim spurningum sem lagt var upp með. Rannsakendur munu að auki skila Breiðafjarðarnefnd öllum vísindagreinum sem kunna að verða unnar úr efninu.

Þá vilja höfundar þakka tækifærið til að auka rannsóknir sínar í Breiðafirði og takast á við nýja aðferðafræði til rannsókna. Við teljum að verkefnið hafi leitt til umtalsverðrar nýjar þekkingar á vistkerfi Breiðafjarðar auk aðferðafræðilegra framfara.

## **Helstu niðurstöður**

- Veiðitölur og köfunarsnið sýna að 0+ þorsk- og ufsaseiði nýta þara og þangbreiður sem búsvæði en 1+ þorskseiði finnast helst í þara. Líklega eru búsvæðin nýtt til afránsvarnar.
- Greiningar á stöðugum efnasamsætum benda til að þorskseiði séu nokkuð staðbundnari en ufsaseiði séu hreyfanlegri.
- Uppruna rakning á kolefni í öllum veiddum fiskum bendir til mikilvægis sviflægrar framleiðslu, sérstaklega í innanverðum Breiðafirði. Botnlæg framleiðsla er þó mikilvægari í fæðu stærri fiska t.d. 1+ þorskseiða.

## Inngangur

Rannsóknir á þorskfiskseiðum hafa sýnt fram á sterkt búsvæðaval seiða bæði í rannsóknum á rannsóknastofu (Gotceitas et al., 1995) og við náttúrulegar aðstæður (Tupper & Boutilier's 1995). Þorskseiði velja sér búsvæði á botni sem eru flóknari að uppbyggingu, t.d. þara, kalkþörungum og marhálms frekar en opin svæði eins og sand eða mól. Fáar rannsóknir hafa verið gerðar á tengslum seiða við þangbreiður en niðurstöður veiða á Íslandi sýna að þar finnst oft mikið af þorsk- og ufsaseiðum (GÁÓ óbirt gögn). Þessi dreifing seiðanna er talin endurspegla þá vörn gegn afræningjum sem þessi svæði veita (Gotceitas et al., 1995). Því minni sem seiðin eru því sterkari er val þeirra á búsvæðum sem veita afránsvörn. Seiði af lengd 7-13 cm hafa sterkari tengsl við slík svæði en seiði yfir 17 cm (Borg et al., 1997). Aðrar umhverfisbreytur ráða þó líka för seiðanna og það hefur verið sýnt fram á að val á búsvæðum í nærsjó er þéttleikaháð og tengist fæðuframboði og sjávarhita (Knickle & Rose, 2014; Grant & Brown, 1998).

Þrátt fyrir að nær allar beinar tilraunir, sem og veiðitölur, sýni fram á mikilvægi þara, þangs og marhálms sem búsvæða seiða þá getur verið erfitt að meta nýtingu seiðanna á þessum svæðum nákvæmlega. Þar sem það er erfitt að beita sömu veiðarfærunum á öllum þessum botngærdum verður samanburður á veiðitölum flókinn. Aðrar aðferðir til að meta búsvæðaval, t.d. tilraunir á rannsóknastofu hafa líka galla og endurspegla ekki alla þá umhverfisþætti sem skipta máli. Þá eru margar aðferðir t.d. veiðitölur og mat með köfunarsniðum einungis mæling á einu augnabliki í tíma.

Á síðustu áratugum hafa stöðugar efnasamsætur verið mikið notaðar til að meta ferðir, fæðu og búsvæðanýtingu dýra. Gildi stöðugu efnasamsætanna  $\delta^{13}\text{C}$  og  $\delta^{15}\text{N}$  eru sérstaklega mikið notuð í vistfræði (Post 2002; Fry 2006). Í sjónum endurspeglar  $\delta^{15}\text{N}$  stöðu dýrsins í fæðukeðjunni en  $\delta^{13}\text{C}$  uppruna kolefnis og efnaskipti. Það er því hægt að nota gildi  $\delta^{13}\text{C}$  (í samhengi við aðrar efnasamsætur) til að rekja frumframleiðslu uppruna kolefnis í fæðu dýranna.

Meginmarkmið verkefnisins er að kanna hvort gróin svæði, t.d. þang, þari og marhálmur, innarlega í Breiðafirði séu mikilvæg búsvæði seiða. Spurningin er flókin, og fullnaðar svar krefst rannsókna til fleiri ára, en til að nálgast markmiðið með vettvangsvinnu eins sumars var lagt upp með eftirfarandi rannsóknaspurningar:

1) Hver er fjöldi seiða og fjöldi tegunda sem veiðist á 1) þangsvæðum 2) þarasvæðum, 3) marhálmi 4) sendnum botni og 5) botngerðum með smáum botnlægum þarategundum?

2) Er uppruni fæðu seiðanna frá svifþörungum, botnlægum smáþara, þara t.d. hrossþara, þangi t.d. klóþangi eða marhálmi? Leitast verður við að svara þessari spurningu með greiningum á stöðugum efnasamsætum sem meta uppruna frumframleiðslu og með beinum greiningum (og ætluðum uppruna) á fæðutegundum seiðanna.

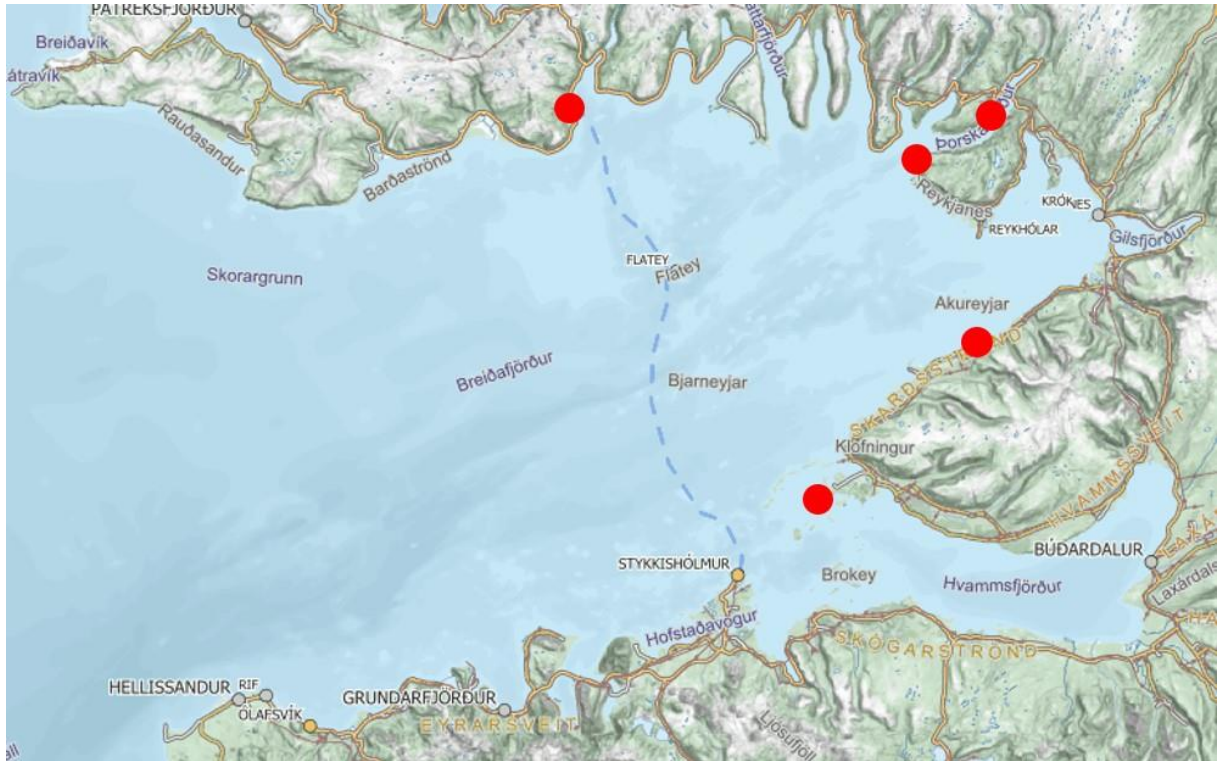
## **Efni og aðferðir**

Unnið var að sýnatöku á tímabilinu 8. Ágúst 2018 – 10. Október 2018. Á þessu tímabili var farið í sex sýnatökuferðir, samtals 10 daga (sjá nánar fylgiskjal 1). Síðsumar 2019 var farið í tvær sýnatökuferðir í Breiðafjörð en þar sem ekki náðist nægileg sýnastærð til að vinna með breytileika á milli ára voru þau sýni ekki unnin frekar.

Tekin voru sýni af þremur svæðum í Breiðafirði, við Brjánslæk, í utanverðum og innanverðum Þorskafirði (sýni frá þessum tveimur stöðum sameinuð) við Skarð á Skarðsströnd og við Fellsströnd (sýni frá þessum tveimur stöðum sameinuð). Í skýrslunni vísuð við ítrekað í sýni frá Skarðsströnd, Fellsströnd og Þorskafirði sem innanverðs Breiðafjarðar og sýna sem tekin voru við Brjánslæk sem utanverðs Breiðafjörð þó það sé auðvitað matsatriði hvort þessi skipting eigi við. Breyting á sýnatökuáætlun frá umsókn var tvíþætt annarsvegar var ekki farið í Flatey, þar sem kostnaður við sýnatöku fór fram úr áætlun, og hinsvegar var ekki með góðu móti hægt að leggja lagnet eða taka köfunarsnið að 30 metra dýpi (nema við Brjánslæk). Á hverjum stað var því unnið með snið frá fjöru og að 10 metra dýpi. Veiðar á fiskum fóru fram

með tveimur aðferðum, annarsvegar með landnót (möskvi 6mm, lengd 10m, dýpt 2.5m) sem var dregin af tveimur einstaklingum frá u.þ.b. 1.3 metra dýpi og að landi. Það svæði sem landnótin fer yfir í hverjum drætti getur verið mjög mismunandi, í þessu tilfalli frá u.þ.b. 10m<sup>2</sup> og allt að 100m<sup>2</sup> eftir aðstæðum og dýpi á hverjum stað. Veiðitölur er því ekki hægt að nota sem vísir á fjölda fiska. Auk landnótarinnar voru á hverjum stað lagðar 3-5 netaseríur ætlaðir til vistfræðilegrar sýnatöku fiska á strandsvæðum. Hver sería var 30 metra löng með möskvastærðum 5mm, 6.25mm, 8mm, 10mm, 12.5mm, 16mm, 19mm, 25mm, 29mm, 35mm, 43mm og 55mm. Netin voru lögð á 6-10 metra dýpi og voru úti í 2-12 klst á milli vitjana. Hryggleysingjar og frumframleiðendur voru týndir á hverjum stað annars vegar á strönd á háfjöru og hinsvegar af kafara sem safnaði gróðri og hryggleysingum í poka á 6-10 metra dýpi. Öll sýni voru sett í kælibox á vettvangi og fryst samdægurs. Samtals voru tekin sýni af 160 fiskum, 37 hryggleysingjum (oftast voru fleiri en einn einstaklingur af sömu tegund í hverju sýni til að fá nægilegan efnivið til greininga og minnka handahófskenndan mæli breytileika á milli sýna) og 25 frumframleiðendum (sjá nánar fylgiskjal 1).

Allir fiskar voru lengdarmældir, viktaðir og magi og þarmar fjarlægðir og sett í 5% formalín. Á sama tíma var tekið vöðvasýni (af stýrtlu) til greininga á stöðugum efnasamsætum. Eftir u.þ.b. viku í formalíni voru magasýnin færð yfir í 70% ethanól. Innihald maga og þarma var greint eins og hægt var undir víðsjá (Olympus SZX16). Vöðvasýni úr fiskunum, sýni af hryggleysingum og þang og þarasýni voru þurrkuð í þurrskáp við 55°C og send til University of Saskatchewan til greininga á stöðugum efnasamsætum kolefnis ( $\delta^{13}\text{C}$ ) og köfnunarefnis ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Þar sem við á var öll fita fjarlægð úr sýninu fyrir greiningu, m.a. úr öllum fiskum og flestum hryggleysingjum. Heildargögn stöðugra efnasamsæta má finna í fylgiskjali 1.



**Mynd 1.** Sýnatökusvæði í Breiðafirði.

### Tölfræðiúrvinnsla

Úrvinnsla fæðuagna er lýsandi og myndræn (Myndir 2 og 3). Hvað stöðugar efnasamsætur varðar þá var auk myndrænnar framsetningar (Myndir 4-6) reiknað út líklegt framlag ólíkra frumframleiðanda til fæðu hvernar tegundar fiska byggt á gildum efnasamsæta í frumframleiðendum (þangi o.fl.) eða síurum og þaraætum (krækling, sniglum o.fl.) og í fiskunum sjálfum. Notaður var R pakkinn SIDER (Healey et al., 2017; Swan et al., 2020). Gert var ráð fyrir að gildi kolefnis hækkaði um  $1.3 \pm 0.3\%$  á hverju fæðuprepi en köfnunarefnis um  $2.0 \pm 0.3\%$ . Þá var fyrir algengar fiskitegundir reiknaðar líkur á því að ein fiskitegund finnst innan fæðuvistar annarrar (byggt á gildum stöðugra efnasamsæta) með R pakkanum nicheRover (Lysy et al., 2014).

## Niðurstöður

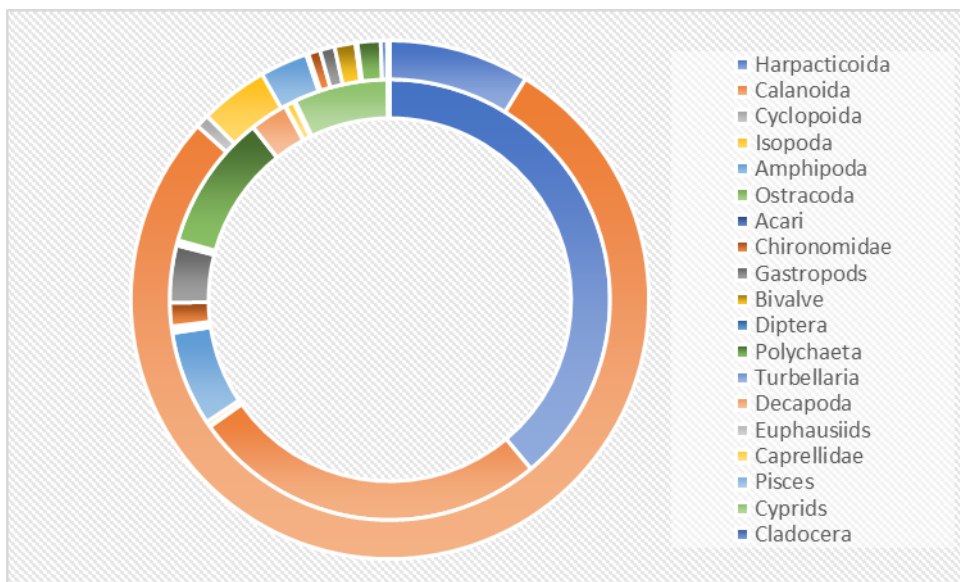
Samtals veiddust 12 tegundir fiska, þorskur (*Gadus morhua*), ufsi (*Pollachius virens*), flundra (*Platichthys flesus*), sandkoli (*Pleuronectes platessa*), skarkoli (*Limanda limanda*), hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*), marhnútur (*Myoxocephalus scorpius*), lax (*Salmo salar*), sprettfiskur (*Pholis gunnellus*), sandsíli (*Ammodytes lancea*), makrill (*Scomber scombrus*) auk loðnulirfa (*Mallotus villosus*) sem voru of smáar til greininga. Þá voru tekin sýni af tegundum síara sem við töldum geta endurspeglad kolefnisgildi sviflægra smáþörunga á hverjum stað; aðallega krækling (*Mytilus edulis*) og hrúðurkörflum (*Semibalanus balanoides*) en líka svömpum (*Halichondria sp*) og holsepa hveldýra (*Hydozoa sp*). Sömuleiðis voru tekin sýni af tegundum þarabíta sem við töldum geta endurspeglad kolefnisgildi botnlægra smáþörunga eða ásæta sem kæmu mögulega ekki fram við beina sýnatöku af gróðri; aðallega þangdoppum (*Littorina obtusata*), klettadoppum (*Littorina saxatilis*) og þarastrút (*Lacuna vincta*). Sýni voru tekin beint af algengum tegundum eða hópum botn- eða áfastra frumframleiðenda, klóþangi (*Ascophyllum nodosum*), bólupangi (*Fucus vesiculosus*), klapparþangi (*Fucus spiralis*), hrossaþara (*Laminaria digitata*), maríusvuntu (*Ulva lactuca*), beltisþara (*Saccharina latissima*), rauðþörungum (*Corallina sp*), grænþörungum (*Cladophora sp*) og að lokum marhálmi (*Zostera marina*).

Varðandi sýnatöku almennt má segja að veiði var mjög misjöfn milli sýnatökuferða. Stundum veiddist ekkert hvorki með landnót né lagnetum. Það var erfitt að finna ákjósanleg samanburðarsvæði þar sem þang eða þari var ekki til staðar og er því ekki næg sýnastærð til tölfræðilegrar úrvinnslu en almennt má segja að á sendnum botni í innanverðum Breiðafirði hafi rannsakendur einungis veitt flundru og hornsíli (bæði við sýnatöku vegna þessa verkefnis og fyrri sýnatöku). Það var algengt að 3-5 fiskar veiddust í lagnetin oftast 1+ þorskseiði. Fyrri reynsla rannsakanda hafði sýnt að vegna mikilla áhrifa sjávarfalla er besti tíminn til veiða með landnót víðast í innanverðum Breiðafirði þegar fellur að en þangi vaxinn hluti fjörunnar er enn

aðgengilegur eða u.þ.b. um mitt aðfall. Aðfall er sömuleiðis talið betra til veiða með lagnetum. Leitast var við að vinna á þessu tímabili sem takmarkaði þann tíma sem hægt var að sinna sýnatöku. Að lokum voru skráðir allir fiskar sem sáust við kafanir en þeir reyndist ekki margir og einungis 1+ þorskseiði. Fjögur 1+ þorskfiskseiði sáust við vinnu köfunarsniða við Skarð á Skarðströnd, þrjú í Þorskafirði og eitt við Brjánslæk. Öll seiðin sáust á 4-10 metra dýpi á svæðum með hrossapara. Óformlegur samanburður við kafanir á öðrum botngerðum og aðrar tegundir til kynna að þetta búsvæði skipti máli fyrir seiðin en það var þekkt úr fyrri rannsóknum.

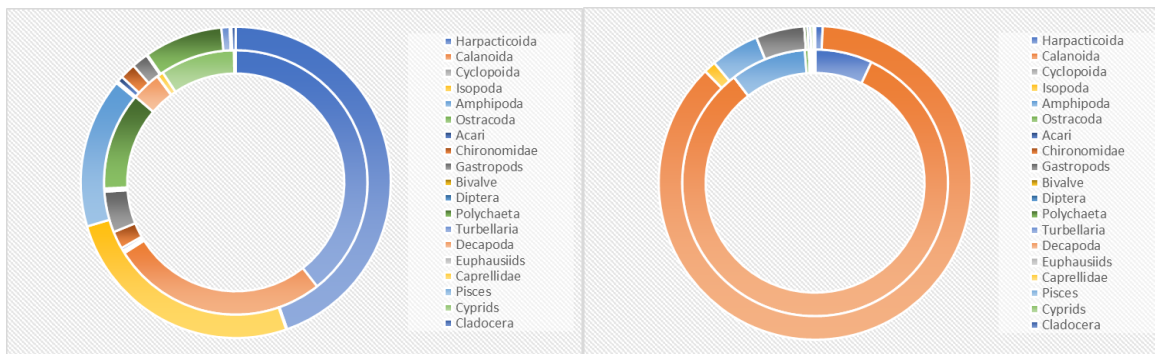
## Magainnihald

Innihald maga og þarma var greint hjá samtals 154 fiskum (sjá nánar fylgiskjal 1). Lang algengustu fæðuagnirnar voru krabbaflær af ættbálki Calanoida og Harpacticoida en fjölmargir aðrir hópar fæðuagna fundust (Mynd 2). Krabbaflær af ættbálki Calanoida voru algengari í mögum fiska veiddra við Brjánslæk (utanverður Breiðafjörður) en Harpacticoida krabbaflær voru lang algengasta fæðuögnin á öðrum sýnatökustöðum.



**Mynd 2.** Hér sést magainnihald allra greindra fiska í utanverðum Breiðafirði annarsvegar (ytri hringur) og innanverðum Breiðafirði hinsvegar (innri hringur). Það er áberandi hvað Harpacticoida krabbaflær eru meira áberandi í fæði í innanverðum firðinum en Calanoida krabbaflær meira áberandi utar í firðinum.

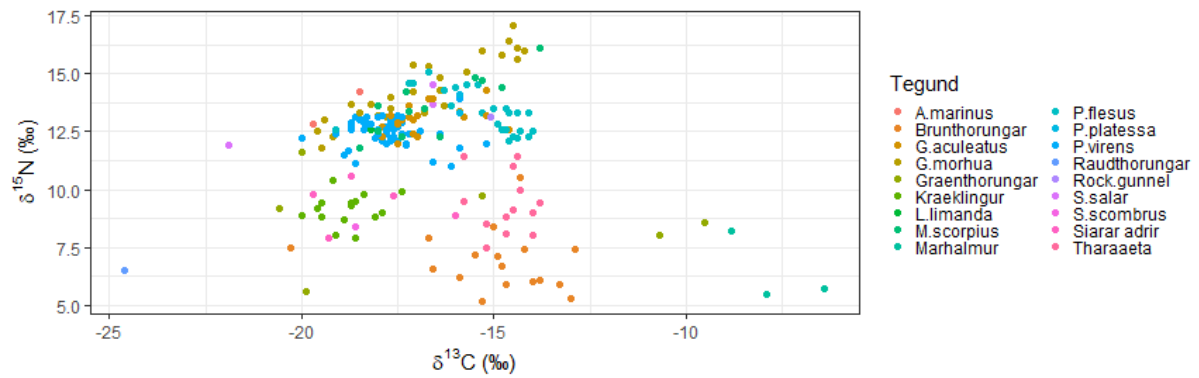




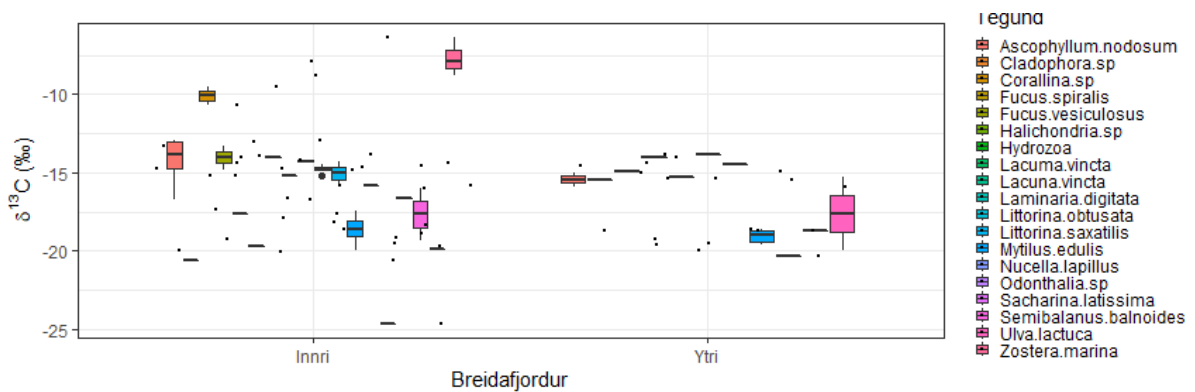
**Mynd 3.** Samanburður á fæðu ufsaseiða (vinstri mynd) og þorskseiða (hægri mynd) bæði í innan og utanverðum Breiðafirði (innri og ytri hringir). Það er áberandi á myndunum hve Calanoida krabbaflær eru áberandi í fæðu þorskseiða en Harpacticoida eru áberandi í fæðu ufsaseiðanna. Þá er meiri breytileiki í fæðu ufsaseiðanna.

### Stöðugar efnasamsætur

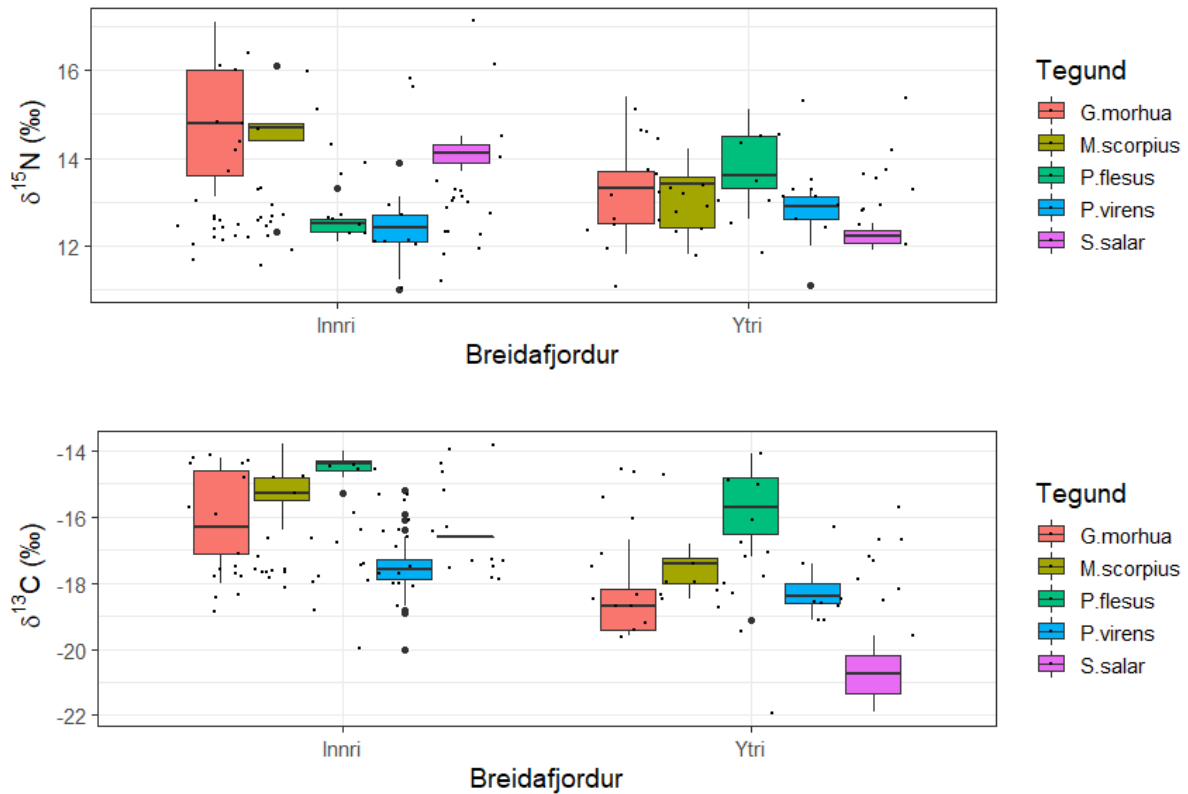
Gildi  $\delta^{13}\text{C}$  og  $\delta^{15}\text{N}$  voru greind hjá 157 fiskum og 61 sýni sem endurspeglar grunnildi frumframleiðslu þ.e. af hryggleysingjum og frumframleiðendum. Dreifing frumframleiðanda og hryggleysingja var samkvæmt væntingum og sýnir góða dreifingu í  $\delta^{13}\text{C}$  gildum (Mynd 4) sem aftur gefur væntingar um að hægt sé að nota stöðugar efnasamsætur til að rekja uppruna fæðu jafnvel innan Breiðafjarðar. Marhálmur skar sig úr (lengst til hægri á mynd 4) en það endurspeglar þróunarfræðilegan uppruna tegundarinnar. Gildi allra fiskanna eru keimlík en 1+ þorskseiði skera sig nokkuð úr (lengst til hægri og efst á mynd 4) en sú tilfærsla endurspeglar fæðunám ofar í fæðukeðjunni og í auknum mæli byggt á framleiðslu í botnlægum þang- og þarategundum.



**Mynd 4.** Yfirlit yfir öll gildi kolefnis og köfnunarefnis efnasamsæta sem greind voru í verkefninu. Tegundum er skipt í hópa til að auðvelda lestur meginmynstra út frá myndinni.



**Mynd 5.** Samanburður á gildum kolefnisefnasamsæta þarategunda og hryggleysinga í innanverðum og utanverðum Breiðafirði. Á myndinni sést að óverulegur munur er á gildum sömu tegunda á milli svæðanna þó með örfáum undantekningum. Marhálmur var einungis til staðar í sýnunum frá innanverðum Breiðafirði og sker sig frá öðrum tegundum með mun hærri gildi (sem skýrist af þróunarfræðilegum uppruna og mögulega ferskvatnsáhrifum).

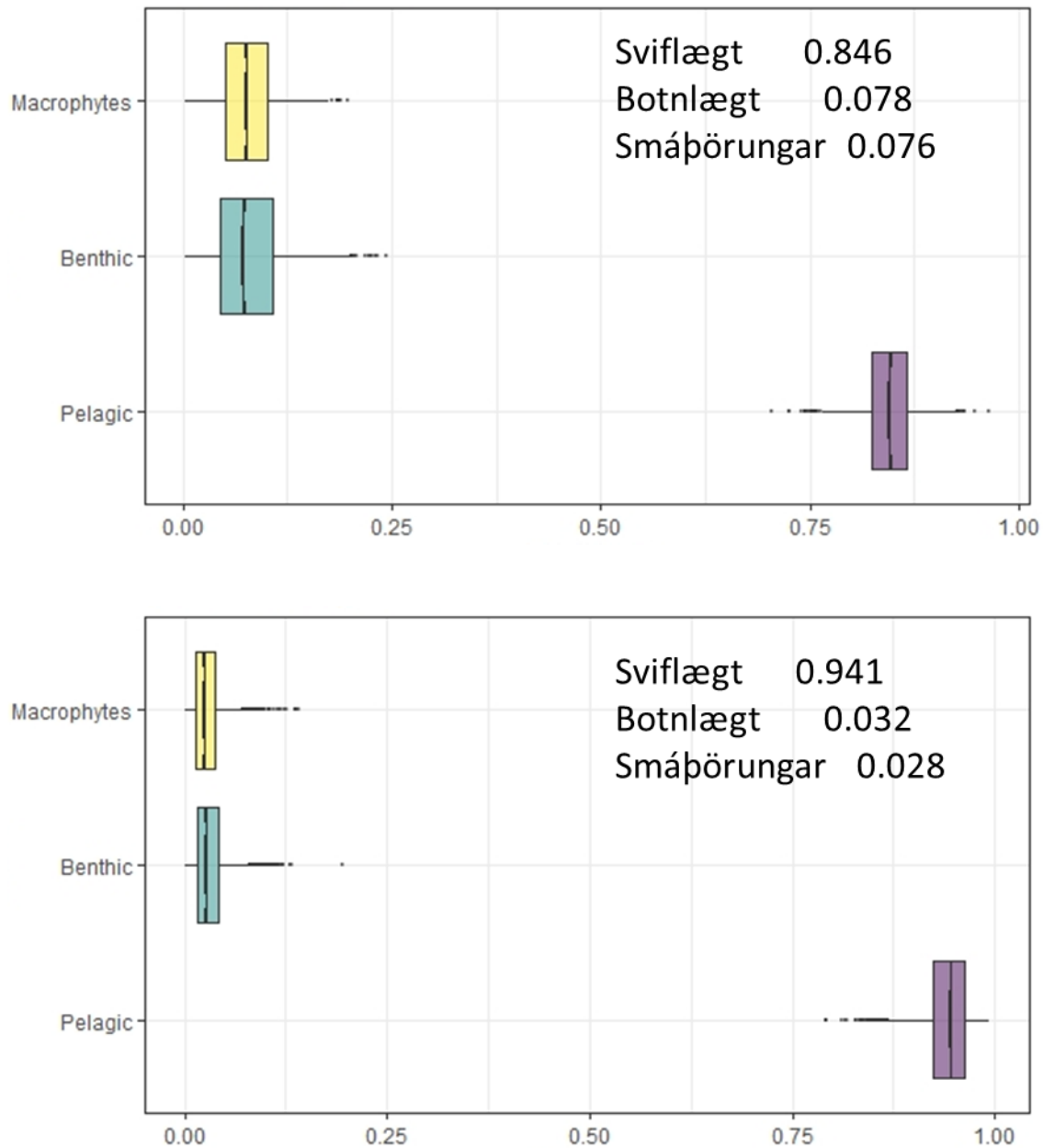


**Mynd 6.** Samanburður á gildum  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$  hjá algengum fiskitegundum í strandsamfélögum í innanverðum og utanverðum Breiðafirði.

Greining á tengslum fæðuvista fiskitegunda (byggt á stöðugum efnasamsætum) sýnir að í það heila nýta fiskarnir svipaða vist (Tafla 1). Það eru þó nokkur gildi sem vert er að draga athygli að. Það voru t.d. ekki umtalsverðar líkur á því að þorskseiði finnst innan vistar ufsaseiða (~27%) en meiri líkur á að ufsaseiði finnst innan vistar þorskseiða eða ~57%. Þá virðast laxaseiðin ekki finnast innan vistar annara tegunda en mögulega skýrist það með því að þau laxaseiði sem slæddust með í landnótina hafi verið við það að ganga til sjávar.

**Tafla 1.** Taflan sýnir líkur þessa að tegund A (í fyrsta dálki) finnist í fæðuvist tegundar B (í efstu röð) miðað við 95% af heildar metinni vist byggt á kolefnis og köfnunarefnis efnasamsætum. Gildi yfir 50% eru feitletruð. Gildin byggja á útreikningum í R forritinu nicheRover (sjá texta fyrir nánari lýsingu).

Tegund A/Tegund B	Þorskseiði	Hornsíli	Marhnútur	Flundra	Ufsaseiði	Laxaseiði
Þorskseiði	NA	31.71	<b>68.79</b>	46.69	26.59	47.41
Hornsíli	<b>51.12</b>	NA	<b>90.30</b>	<b>66.94</b>	<b>69.46</b>	31.83
Marhnútur	<b>67.37</b>	<b>60.13</b>	NA	<b>59.40</b>	38.94	42.38
Flundra	28.76	46.67	<b>50.84</b>	NA	9.67	21.82
Ufsaseiði	<b>56.64</b>	<b>81.64</b>	<b>83.33</b>	22.55	NA	31.45
Laxaseiði	<b>68.24</b>	35.54	49.77	30.71	36.81	NA



**Mynd 7.** Myndin sýnir áætlað hlutfall uppruna frumframleiðslu í vöðvavef fiska í innanverðum (efri mynd) og utanverðum (neðri mynd) Breiðafirði. Athugið að þar sem gildi stöðugra efnasamsæta í vöðvum endurspeglar fæðu sex vikur aftur í tímann þá má vera að há gildi sviflægrar framleiðslu endurspeglar að einhverju leiti fæðu þorskfiskseiða á meðan þau voru í sviflægrri vist.

Niðurstöður úr SIDER sýna yfirgnæfandi þátt sviflægrar frumframleiðslu í uppruna fæðu fiskanna (Mynd 7). Þó töluvert lægri í innanverðum Breiðafirði. Hafa ber í huga að í tilfalli þorskfiskseiða, ufsa og þorsk, endurspeglar gildi stöðugra efnasamsæta í þessari rannsókn

mögulega tíma í sviflægri vist. Gildi í vöðvum sýna að jafnaði fæðuvist um sex vikur aftur í tímann. Þó má benda á að Calanoida krabbaflær voru ríkjandi fæða þorskseiða í þessari rannsókn sem bendir líka til mikilvægis sviflægrar vistar. Hinsvegar, eru Harpacticoida krabbaflær ríkjandi hjá ufsa, og fleiri tegundum, sem styður mikilvægi veru þeirra í þangbreiðum við strönd fyrir fæðunám.

### **Umræður og ályktanir**

Markmið verkefnisins var að meta hlutverk þang- og þarabreiða fyrir seiðasamfélög í innanverðum Breiðafirði, með áherslu á þorskfiskseiði. Aðferðafræði og greiningu sýna var lítilega breytt frá umsókn. Ástæðan fyrir því var eingöngu sú að fullnýta þau sýni sem fengust en t.d. þá veiddist engin ýsuseiði á tímabilinu. Byggt á fyrri reynslu gerðu höfundar þessarar skýrslu ráð fyrir að það yrði erfitt að nota veiðitölur til greininga á nýtingu fiskanna á þessum búsvæðum þar sem veiði getur verið mjög handahófskennd, eftir sjávarföllum en stundum án þekktra skýringa, og það er alltaf erfitt að beita sambærilegum veiðarfærum á milli búsvæða. Þessir erfiðleikar við staðlaðar veiðar voru einmitt hvatinn að því að reyna að beita stöðugum efnasamsætum til þessara greininga og varð það meginviðfang verkefnisins. Það var hinsvegar ekki ljóst við upphaf verkefnisins hvort hægt væri að beita þessari aðferðafræði til að rekja fæðunám fiskasamfélagsins í Breiðafirði þar sem ekki voru fyrirbyggjandi grunnildi stöðugra efnasamsæta úr firðinum. Rannsóknir sem nota stöðugar efnasamsætur í þessum tilgangi hafa áður verið gerðar en oftast á stærri landfræðilegum skala, milli ólíkari búsvæða og kannski þar sem líklegra var að tegundir nýttu aðgreindar fæðuvistir. Það var því mjög ánægjulegt að sjá hve mikil upplausn reyndist vera í kolefnis gildum frumframleiðanda og sömuleiðis hve vel þær vísitægi hryggleysingja sem voru valdar reyndust endurspeglar undirliggjandi gildi á kolefnis í frumframleiðslu. Þó það væri ekki nema fyrir þessa reynslu og fengin grunnildi

kolefnis og köfnunarefnis fyrir mikinn fjölda tegunda í vistkerfi strandsvæða í Breiðafirði má telja að verkefnið hafi skilað nokkrum árangri.

Þrátt fyrir að enn eigi eftir að fullgreina þau gögn sem verkefnið leiddi til má draga nokkrar ályktanir af niðurstöðum verkefnisins og verða þær ræddar hér. Fyrst, það kemur fram mjög skýr munur á fiskisamfélögum í innanverðum og utanverðum Breiðafirði og þann mun er ekki hægt að skýra með undirliggjandi mun í grunnildum á lægri eða lægstu stigum vistkerfisins. Á Mynd 3 má sjá að ekki er teljandi munur á milli kolefnisgilda sömu tegunda frumframleiðanda eða hryggleysingja við Brjánslæk annars vegar og á sýnatökustöðum í innanverðum Breiðafirði hinsvegar. Eina undantekningin er klapparþang (*Fucus spiralis*) en þar benda mun hærri kolefnisgildi innarlega í firðinum til ferskvatnsáhrifa á tiltekið sýni. Hinsvegar, sést glögg munur á gildum efnasamsæta, bæði kolefnis og köfnunarefnis, fiskisamfélaga innanvert og utanvert í firðinum. Varðandi kolefni er munurinn á þá leið sem vænst er, kolefnisgildin eru lægri við Brjánslæk sem bendir til aukins vægis sviflægrar framleiðslu og minna vægi botnlægra þörungna í fjöru og strönd. Varðandi köfnunarefni er mynstrið misjafnt milli tegunda en þó oftast hærri gildi sömu tegunda innar í firðinum (Mynd 6). Það má hugsa sér að þetta endurspegli t.d. flóknari fæðuvef krabbadýra á þeim svæðum. Flóknari fæðuvefur, t.d. þar sem krabbaflær éta fiska, „lengir fæðukeðjuna“ og hækkar þar með köfnunarefnisgildin á efri stigum. Áhugaverð undantekning á almennu mynstri á milli innri og ytri hluta fjarðarins er ufsi. Ufsaseiði virðast nýta mjög svipaða vist á öllum sýnatökustöðum en ekki er ljóst hverju það sætir. Mögulega er það vegna mikils hreyfanleika sem veldur því að svæðisbundinn munur kemur ekki fram.

Þrátt fyrir að þessi munur á milli innri og ytri hluta Breiðafjarðar sé líklegur til að endurspeglar að einhverju leiti mun á sviflægri og botnlægri framleiðslu er samt ljóst að fyrir það fiskasamfélag sem hér var skoðað þá skiptir sviflæg frumframleiðsla mun meira máli en botnlæg og að það gildir um alla sýnatökustaði í þessari rannsókn. Það er þó vert að hafa í huga

að gildi efnasamsæta endurspeglar nokkrar vikur aftur í tímann í þessu tilfalli þar sem þau voru mæld í vöðvavef. Það er því líklegt að fyrir seiðin endurspegli þau enn að hluta til þann tíma sem seiðin voru í sviflætri vist og utar í firðinum. Í því samhengi þarf að taka fram að fyrir þau 1+ þorskeiði sem veiddust (og eina sandkolann sem veiddist) virðist aukinn hluti fæðu upprunnar í framleiðslu botnlægra þörunga (Mynd 4). Þannig þarf að hafa í huga að mögulega eru það ekki fiskarnir sem dvelja að jafnaði í þangbreiðum við strönd (t.d. smáfiskar og seiði sem sækja í þá afránsvörn sem þessi svæði gefa) sem reiða sig mest á þessi búsvæði sem uppsprettu fæðu heldur stærri fiskar sem veiðast síður á þessum svæðum a.m.k. með þeim aðferðum sem hér voru notaðar. Þar getur t.d. komið til að stærri seiði, 1+ og 2+ eru frekar að éta stærri dýr sem sjálf nærast beint á smáum botnlægum þarategundum. Við teljum því að það verði mikilvægt næsta skref í að meta fæðutengsl innan Breiðafjarðar að hafa með stærri fiska og tegundir sem veiðast alla jafna ekki í mjög grunnum sjó eða við strönd. Það má vel vera að uppruni fæðu þeirra sé engu að síður þang- og smáþörungar þrátt fyrir að stærri fiskar stoppi stutt á búsvæðunum. Sömuleiðis mætti bæta þekkinguna mikið með greiningu stöðugra efnasamsæta í ólíkum vef t.d. uggum, lifur og blóði, auk vöðva, sem myndi sýna hvernig fæðunám breytist með tíma.

Þrátt fyrir að megintilgangur rannsóknarinnar hafi verið að meta uppruna fæðu fiskisamfélaga með rakningu kolefnisefnasamsæta og áherslan hafi verið á þorskfiskseiði, þá er vert að segja nokkur orð um fæðutengsl innan fiskisamfélagana. Sérstaklega þar sem sumar þær tegundir sem unnið var með eru efnahagslega mikilvægar t.d. þorksseiðin, ufsaseiðin og lax en aðrar tegundir lítið rannsakaðar, sökum þess að vera ekki efnahagslegs mikilvægar, t.d. sjávarhornsíli og marhnútur og að lokum var nokkur hluti sýnanna okkar hin framandi tegund flundra, þar sem allar vistfræðilegar upplýsingar eru mikilvægar. Það er nokkuð sérstakt á íslenskan mælikvarða að hafa slíka heildargreiningu á fæðutengslum fjölda tegunda fiska sem veiðast á strandsvæðum. Höfundar bjuggust við því að mikil skörun yrði á fæði allra þeirra



tegunda sem myndu veiðast og að þetta kæmi fram bæði í greiningu fæðuagna en ekki síður í gildum efnasamsæta þar sem þau endurspeglu fæðu og uppruna fæðu yfir lengri tíma og eru því ekki líkleg til að vera lituð af staðbundnum eða tímabundnum tilviljunum í fæðu. Þessi tilgáta byggðist fyrst og fremst á því hve veiðisvæði er takmarkað þ.e. 0-10 metra dýpi og á þessum svæðum er þang og þari mjög ríkjandi. Niðurstöðurnar sýndu hinsvegar flóknara mynstur, byggt á stöðugum efnasamsætum var stundum lítil skörun á fæðu tegunda, sérstaklega má telja til laxaseiði og flundru í þessu samhengi. Þá kemur fram mjög áhugaverð fæðusérhæfing hjá þorsk- og ufsaseiðum. Þar er vistskörun furðu lítil byggt á stöðugum efnasamsætum (Tafla 1) og fæðugreining sýnir að þrátt fyrir að báðar tegundir éti fyrst og fremst krabbaflær þá eru ufsaseiðin að éta Harpacticoida en þorskseiðin Calanoida. Harpacticoida eru að jafnaði þaraætur sem lifa í þangi og þara við strendur þó krabbaflærnar geta verið bæði botnlægar og svíflægar. Hátt hlutfall þeirra í fæðu fiskanna innarlega í firðinum styður því mikilvægi þang og þarabúsvæða til fæðunáms en sérstaklega fyrir ufsaseiði.

Þær niðurstöður sem eru kynntar hér gefa mikilvæga grunnþekkingu á vistfræði fiskisamfélaga á strandsvæðum Breiðafjarðar. Bæði vænt og óvænt mynstur fæðunáms og fæðutengsla komu fram. Þá lagði verkefnið grunn að notkun stöðugra efnasamsæta og jafnvel talningu einstakra fæðutegunda til að vakta vistkerfi Breiðafjarðar. Höfundar leggja þó áherslu á að umfang verkefnisins og sýnatöku var lítið og telja mikilvægt að verkefninu verði fylgt eftir með frekari rannsóknum á sama sviði.

### **Þakkarorð**

Við þökkum Breiðafjarðarnefnd fyrir stuðninginn. Ragnari Edvardssyni og Alex Tyas þökkum við fyrir hjálp við vettvangsvinnu sérstaklega við köfunarsýni og köfunarsnið. Lotti Gilbach hjálpaði á vettvangi og vinnu við mælingar og krufningar. Þá þökkum við Theresa Henke fyrir greiningar á magasýnum og Sandra Timsic fyrir greiningar stöðugra efnasamsæta.

## Heimildir

- Borg, Å., Pihl, L., & Wennhage, H. (1997). Habitat choice by juvenile cod (*Gadus morhua* L.) on sandy soft bottoms with different vegetation types. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 51(2), 197-212.
- Christianen, M.J.A., Middelburg, J.J., Holthuijsen, S.J., Jouta, J., Compton, T.J., Heide, T., Piersma, T., Sinninghe Damsté, J.S., Veer, H.W., Schouten, S. and Olf, H., 2017. Benthic primary producers are key to sustain the Wadden Sea food web: stable carbon isotope analysis at landscape scale. *Ecology*, 98(6), pp.1498-1512.
- Fry, B. (2006). *Stable Isotope Ecology*. Springer
- Golubkov, S.M., Berezina, N.A., Gubelit, Y.I., Demchuk, A.S., Golubkov, M.S. and Tiunov, A.V., 2018. A relative contribution of carbon from green tide algae *Cladophora glomerata* and *Ulva intestinalis* in the coastal food webs in the Neva Estuary (Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 126, pp.43-50.
- Gotceitas, V., Methven, D. A., Fraser, S., & Brown, J. A. (1999). Effects of body size and food ration on over-winter survival and growth of age-0 Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Environmental Biology of Fishes*, 54(4), 413-420.
- Grant, S. M., & Brown, J. A. (1998). Diel foraging cycles and interactions among juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) at a nearshore site in Newfoundland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(6), 1307-1316.
- Healy, K., Guillerme, T., Kelly, S.B., Inger, R., Bearhop, S. and Jackson, A.L., 2018. *SIDER*: an R package for predicting trophic discrimination factors of consumers based on their ecology and phylogenetic relatedness. *Ecography*, 41(8), pp.1393-1400.
- Knickle, D. C., & Rose, G. A. (2014). Dietary niche partitioning in sympatric gadid species in coastal Newfoundland: evidence from stomachs and CN isotopes. *Environmental biology of*

fishes, 97(4), 343-355. Post, D.M., 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3), pp.703-718.

Lysy, M., A. D. Stasko, and H. K. Swanson. 2014. nicheROVER: (Niche) (R)egion and Niche (Over)lap Metrics for Multidimensional Ecological Niches (Version 1.0). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/nicheROVER/index.html> (accessed 2020-01-03).

Google Scholar <http://hvar.is/upload/4/SFX/sfx.gif>

Stock, B.C., Jackson, A.L., Ward, E.J., Parnell, A.C., Phillips, D.L. and Semmens, B.X., 2018. Analyzing mixing systems using a new generation of Bayesian tracer mixing models. *PeerJ PrePrints*.

Swan, G.J., Bearhop, S., Redpath, S.M., Silk, M.J., Goodwin, C.E., Inger, R. and McDonald, R.A., 2020. Evaluating Bayesian stable isotope mixing models of wild animal diet and the effects of trophic discrimination factors and informative priors. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(1), pp.139-149.

Truong, L., Suthers, I.M., Cruz, D.O. and Smith, J.A., 2017. Plankton supports the majority of fish biomass on temperate rocky reefs. *Marine Biology*, 164(4), p.73.

Tupper, M., & Boutilier, R. G. (1995). Effects of habitat on settlement, growth, and postsettlement survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(9), 1834-1841.