

**Lokaskýrsla**  
**vegna AVS verkefnisins:**

**Hrygningaratferli og mökunartíðni eldis**  
**og villtra þorska**  
**(S 005-05 )**



**Guðrún Marteinsdóttir og Vilhjálmur Þorsteinsson**  
**Háskóli Íslands og Hafrannsóknastofnunin**  
**Janúar 2007**

## Ágrip

Hrygningaratferli og mökunartíðni eldis og villtra fiska (S 005-05)  
Guðrún Marteinsdóttir Líffræðistofnun Háskóla Íslands og  
Vilhjálmur Þorsteinsson Hafrannsóknastofnuninni

Megin tilgangur þessa forverkefnis var að meta aðstæður til rannsókna á hrygningaratferli þorsks í Þistilfirði. Sambærilegar rannsóknir á hrygningu þorsks við náttúrulegar aðstæður hafa ekki verið framkvæmdar áður, hvorki hér heima né erlendis. Neðansjávarmyndataka fór fram dagana 23-26. apríl 2006 á tveimur hrygningarsvæðum í Þistilfirði. Myndataka gekk vel og aðstæður voru góðar. Flestar myndirnar voru af hrygningartorfum og sýndu þær vel þéttleika torfanna og samspil milli einstaklinga innan torfa. Í flestum tilfellum voru hreyfingar frekar rólegar og sjá mátti hvernig fiskarnir syntu um í mjög þéttum torfum fram og til baka á tiltölulega afmörkuðum svæðum. Alls tókst að festa á filmu þrenn mismunandi atferli sem hugsanlega tengjast hrygningu. Þar á meðal sást hrygningarpar í samfellu (ventral mounting) en hún er undanfari hrygningar og einkennist af því að hængurinn snýr sér við og smýgur undir hrygnuna um leið og hann tekur utan um neðri hluta búk hennar með kviðuggum þannig að raufaropin leggjast þétt upp að hvor öðru. Annað atferli var þó mest áberandi en það var svokallað “flass” sem einkenndist af því að fiskarnir syntu niður úr torfunum um leið og þeir snéru sér við þannig að bakið straukst eftir botninum. Um leið þá flössuðu þeir skjannahvítum kviðnum upp í torfuna. Á þessu stigi er ekki vitað hvort þetta voru almennt hængar er hrygnur en sjónræn áhrif voru svipuð og þegar hængar snúa sér við til að mynda samfellu með hrygnum.

Athuganir á líffræðilegum eiginleikum hrygningarfisksins sýndu að almennt var fiskurinn í Þistilfirði í tiltölulega lélegum holdum enda langt kominn í hrygningu. Flestir fiskarnir voru á stærðarbilinu 70-90 cm og voru kynjahlutföllin jöfn. Auk hefðbundinna mælinga þá var stærð sundmagavöðva einnig metin en þessir vöðvar eru taldir gegna mikilvægu hlutverki hvað varðar hrygningaratferlið en þorskfiskar nota þá til að tromma á sundmagann og mynda þannig hljóð sem tengist hrygningaratferlinu. Stærð þessara vöðva var tengd stærð fisksins og bendir það til að stærri fiskar geti gefið frá sér hærri hljóð en þeir minni. Hlutfallsleg stærð vöðvanna var þó í öfugu hlutfalli við þyngd fiskanna og sýnir það hugsanlega mikilvægi þessara vöðva þar sem smærri fiskar virðast leggja mikið í að ná stærð vöðvanna upp fyrir ákveðna lámaksstærð.

Ljóst er að aðstæður í Þistilfirði til rannsókna og myndatöku á hrygningu þorsks eru einstakar á heimsmælikvarða. Þar sem þorskurinn á þessu svæði hrygnir á svo litlu dýpi, eða allt upp á 2-4 metra, þá geta skapast kjörskilyrði hvað varðar ljós og tærleika sjávar sem gera kleyft að ná einstaklega góðum myndum af fiskum á hrygningartíma. Hafinn er undirbúningur að stærra verkefni þar sem niðurstöður þessa verkefnis eru nýttar til undibúnings að rannsóknum á hrygningu villtra þorsk og samskiptum þeirra við þorska sem hafa sloppið úr eldi.

## Efnisyfirlit

Ágrip .....	1
Efnisyfirlit .....	2
I. Inngangur .....	3
1.1 Markmið .....	3
1.2 Staða þekkingar .....	3
1.3 Skráðar upplýsingar um hrygningaratferli .....	4
2. Framkvæmd .....	5
3. Niðurstöður .....	6
3.1 Líffræðilegir eiginleikar hrygningarfisks .....	6
3.2 Neðansjávarvikmyndun hrygningaratferlis .....	8
4. Umræða .....	9
5. Næstu skref .....	10
6. Heimildir .....	10

# I. Inngangur

## 1.1 Markmið

Megin tilgangur þessa forverkefnis var að meta aðstæður til rannsókna á hrygningaratferli þorsks í Þistilfirði. Sambærilegar rannsóknir á hrygningu þorsks við náttúrulegar aðstæður hafa ekki verið framkvæmdar áður, hvorki hér heima né erlendis. Stefnt er að því að nota niðurstöðurnar til að móta stærra verkefni með þeim markmiðum að rannsaka þætti sem hafa áhrif á hrygningu og klak þorsks sem og til að meta hæfni eldisfisks til að makast við villta fiska.

## 1.2 Staða þekkingar

Á sama tíma og stærð fiskstofna fer ört minnkandi þá hefur fiskeldi aukist jafnt og þétt. Þannig hefur framleiðsla eldisfisks tvöfaldast á síðustu 15 árum og í dag stendur eldisfiskur (þar með talinn skelfiskur) undir meira en 25% af fiskneyslu á heimsmælikvarða (FAO, 2002).

Samfara aukinni framleiðslu eldisfisks hafa áhyggjur manna af neikvæðum áhrifum eldis á umhverfið og á villta stofna farið vaxandi. Bent hefur verið á að slysasleppingar séu óhjákvæmilegar og hefur t.d. verið áætlað að margar milljónir eldislaxa sleppi úr kvíum á ári. Þannig er talið að í sumum Norskum ám sé meira en 80% af löxunum komnir úr eldi (Saegrov et al., 1997). Helstu hættur felast í því að blöndun eigi sér stað á milli eldis- og villtra fiska með þeim afleiðingum að erfðabreytileiki villtu stofnanna skarðist og að arfgerðir sem hafa myndast vegna vals í eldi blandist saman við villta stofna og dragi þannig úr hæfni og getu viðkomandi fiska til að takast á við breytilegar umhverfisaðstæður.

Til þess að blöndun og smitun eldisgena inn í villta stofna geti átt sér stað þá þurfa hrygnandi eldis- og villtir fiskar að vera á sama stað og tíma, þannig að mökun geti farið fram. Telja má töluverðar líkur á að þessi staða komi upp, þar sem staðsetningar eldiskvíá allt í kringum landið eru og verða í námunda við hrygningarsvæði sjávarfiska, þ.á.m. þorsksins. Mikilvægt er þó að hafa í huga að þrátt fyrir að eldis- og villtir þorskar dreifist á sömu hrygningarsvæði þá er ekki víst að mökun takist. Þannig hefur verið sýnt fram á að makaval er ekki tilviljunarkennt hjá þorski (Rowe and Hutchings, 2003) heldur er það flókið samspil atferlis bæði á milli kynja og á milli einstaklinga af sama kyni. Þannig benda athuganir á hrygningu þorsks í eldiskerjum til þess að hrygnur velji sér maka, hugsanlega út frá atferli og hljóðum sem hængarnir gefa frá sér þegar þeir eru komnir í hrygningarástand (Brawn, 1961; Hutchings et al 1999; og Rowe et al., 2004). Lítið er vitað um hæfni eldisfisks

hvað varðar makaval og æxlun við villta fiska. Telja má þó líklegt að fiskur sem hefur verið lengi í eldi hafi ekki sömu möguleika á að finna sér maka og villtu fiskarnir.

Mjög lítið er vitað um hrygningarferli þorsks við náttúrulegar aðstæður. Rannsóknir sem samanstanda af athugunum bæði í kerjum og í náttúrunni benda til þess að hængarnir komi fyrir á hrygningarsvæðin og haldi sig í hópum á meðan hrygnurnar eru meira á útjaðri hópanna (Morgan and Tripple, 1996; Nordeide, 1998; Hutchings et al., 1999). Enn fremur er talið að þegar hrygnurnar er tilbúnar til að hrygna (2-6. hvern dag; Kjesbu, 1989) þá syndi þær inn í hængahrúguna en snúi síðan aftur til baka að hrygningu lokinni.

Ein af ástæðunum fyrir því að fáar rannsóknir hafa verið gerðar á hrygningu þorsks við náttúrulegar aðstæður er sú að almennt hrygnir þorskurinn á 60-100 m dýpi þar sem skyggni og birtuskilyrði eru slæm. Í þessu verkefni er hinsvegar lagt til að rannsaka hrygningu þorsks í Þistilfirði en aðstæður þar eru einstakar. Hrygning þorsks í Þistilfirði fer fram á aðeins 2-20 m dýpi. Sjórinn er mjög tær á þessu svæði og því geta birtuskilyrði verið mjög góð.

### 1.3 Skráðar upplýsingar um hrygningarferli

Fyrstu athuganir á hrygningarferli þorsks voru gerðar á þorski í kerjum í Nýfundnalandi (Templeman, 1958; Brawn, 1961) og Noregi (Dannevig, 1930). Þessara athuganir lýsa m.a. hinu svokallaða “ventral mount” (sjá hér að neðan).

*Helstu gerðir hrygningarferlis samkvæmt Brawn (1961) og Hutchings et al. (1999):*

*Samloka, “Ventral mount”:* Hængur snýr sér við og syndir undir hrygnuna; spennir kviðuggana utan um bók hennar og leggur kviðinn upp að kvið hrygnunnar þannig að raufaropin leggjast þétt saman. Samloka leiðir stundum til losunar hrognna og svilja en alls ekki alltaf.



2. mynd. Hrygningarferli þorsks. Myndin sýnir hæng fara undir hrygnu í upphafi atferlis er nefnist samloka (ventral mount). Myndin er tekin í eldiskeri í Noregi og er fengin að láni hjá Jon Egil Skæresen Háskólanum í Bergen. Sjá einnig mynd á forsiðu en hún sýnir sama atferli hjá hrygnu og hæng í Þistilfirði.

*Sveiflur - "Flaunting"*: atferli sem á sér oft staða áður en hængurinn nær að spenna hrygnuna inn í samloku þar sem hængurinn syndir með miklum og tíðum hliðarsveiflum með bak og raufaruggar spennta út frá búknunum.

*Árásagjarnt atferli*: hængar ráðast á og elta aðra hænga. Stærri hængar hafa yfirburði yfir þeim minni

*Hljóðmyndun - "Grunting"*: Hljóð sem er myndað með sundmaganum.

*Nudd - "Prodding"*: Hængurinn nuddar neðri og aftari hluta búks hrygnunnar með trýninu

*Hringsund- "circling bout"*: Hrygnan leggst grafkyrr á botninn og hængurinn syndir í hringi yfir henni.

*Hrygning*: Hængur og hrygna synda hratt upp í spíral límd saman á kviðunum (í samloku) um leið og þau losa hrogn og svil út í sjóinn

## 2. Framkvæmd

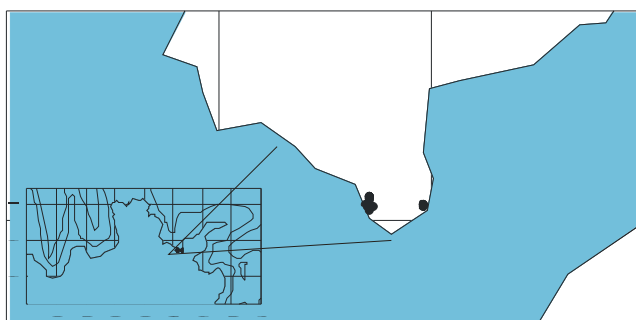
Stefnt var að því að hefja myndatöku í Þistilfirði vorið 2005. Þetta gekk ekki eftir þar sem ekki varð vart við fisk í firðinum það vorið. Talið er líklegt að mikill þörungagróður og

óeðlilegar aðstæður sem sköpuðust í firðinum hafi haft neikvæð áhrif og að lítið hafi gengið inn af fiski til hrygningar. Þetta leiddi til þess að verkefninu var frestað fram á árið 2006.

Neðansjávarkvikmyndataka í Þistilfirði fór fram dagana 23-26. apríl 2006. Stefnt hafði verið að því að fara heldur fyrr á svæðið en veður voru slæm og skyggni ekki gott. Þann 23-24. var skyggni ennþá tiltölulega lélegt og mikið af sandi og róti í sjónum. Myndataka gekk þó almennt vel, sérstaklega dagana 25-26 apríl.

Myndataka fór fram á 4-20 m dýpi á 2 svæðum í Þistilfirði (2. mynd). Allar myndir voru teknar með hreyfanlegri myndavél sem kafarinn hélt á og beindi að áhugaverðum torfum og/eða einstaka fiskum.

Að myndatöku lokinni voru lögð net á hrygningarsvæðin og tekin sýni af þorski úr hrygningartorfunum. Safnað var upplýsingum um lengd, aldur, kyn, kynþroskastig, heildarþyngd, slægða þyngd, þyngd lifur, kynvefs og sundmagavöðva.



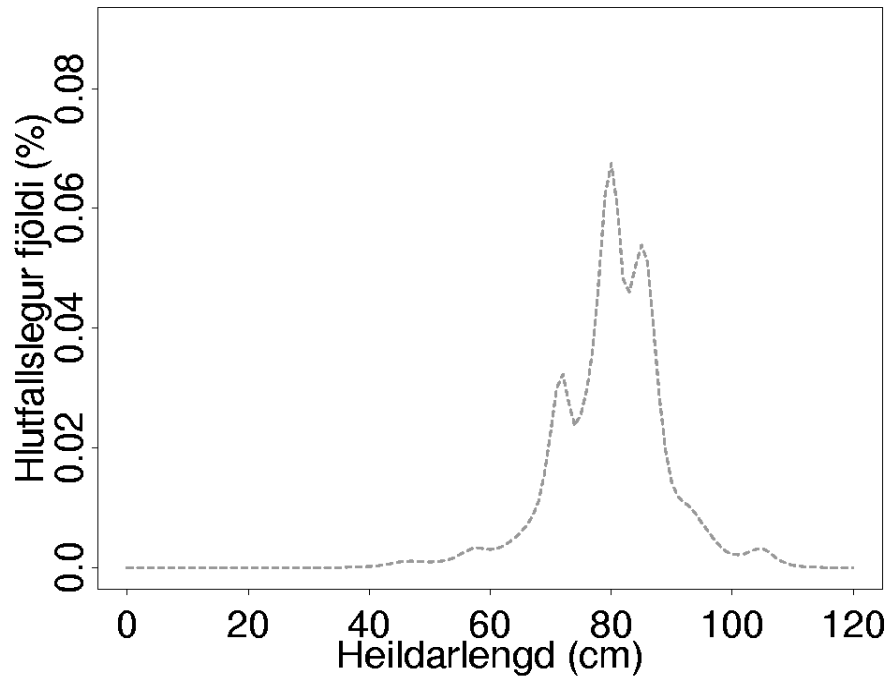
2. mynd. Staðsetningar myndatöku í Þistilfirði vorið 2006

### 3. Niðurstöður

#### 3.1 Líffræðilegir eignileikar hrygningarfisks

Stærð og ástand hrygningarfisks:

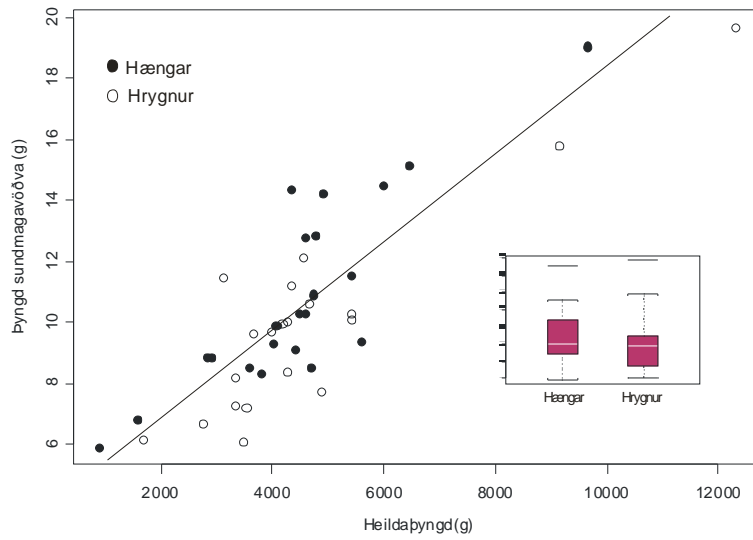
Stærð hrygnandi þorsks í Þistilfirði vorið 2006 var að mestu á bilinu 70-90 cm (3. mynd). Kynjahlutfall var svo til jafnt; 54% hængar og 46% hrygnur. Holdafar var tiltölulega lélegt ( $K = \text{heildarþyngd}/\text{lengd}^3$  að meðaltali 0.87%; hlutfallsleg þyngd lifur að meðaltali 3.9%) enda hrygningin langt komin.



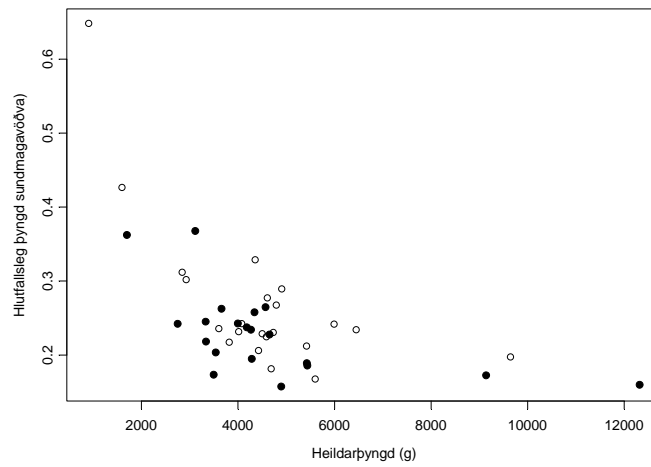
3. mynd. Lengdardreifing hryningarporsks í Pístilfirði vorið 2006

#### Stærð sundmagavöðva

Stærð sundmagavöðvar var í réttu hlutfalli við stærð fiskanna (4. mynd). Þannig fundust stærstu vöðvarnir hjá stærstu fiskunum. Ekki var marktækur munur í meðalþyngd sundmagavöðva milli hænga og hrygna ( $p > 0.05$ ). Hlutfallsleg þyngd þessara vöðva var þó í öfugu hlutfalli við stærð fisksins (5. mynd).



4. mynd. Stærð sundmagavöðva í tengslum við heildarþyngd hænga og hrygna í Þistilfirði vorið 2006 ( $Y = 0.001 + 4.26X$ ;  $r^2 = 0.71$ )



5. mynd. Hlutfallsleg stærð sundmagavöðva í tengslum við heildarþyngd hryningarfisks.

### 3.2 Neðansjávarkvikmyndum hrygningaratferlis

Töluverðu magni af myndum var safnað í Þistilfirði vorið 2006. Flestar myndirnar voru af hrygningartorfum og sýndu þær vel þéttleika torfanna og samspil einstaklinga innan torfa (sjá meðfylgjandi DVD disk). Í flestum tilfellum voru hreyfingar frekar rólegar og sjá mátti hvernig fiskarnir syntu í mjög þéttum torfum fram og til baka á tiltölulega afmörkuðum svæðum. Alls tókst að festa á filmu þrenn mismunandi atferli sem hugsanlega tengdust hrygningu. Það sem var mest áberandi var svokallað “flash” en það einkenndist af því að fiskarnir syntu niður úr torfunum um leið og þeir snéru sér við þannig að bakið straukst eftir botninum (6. mynd). Um leið þá flössuðu þeir skjannahvítum kviðnum upp í torfuna. Á þessu stigi er ekki vitað hvort þetta voru almennt hængar eða hrygnur en sjónræn áhrif voru svipuð og þegar hængar snúa sér við til að mynda samloku með hrygnunum í forleik eða á meðan á hrygningu stendur (sjá umfjöllun í inngangi). Ekki var þó séð að þetta atferli hefði áhrif á aðra fiska í torfunni og því er í raun ekki ljóst á hvern hátt eða hvort þetta tengist samskiptum á milli einstaklinga og/eða kynja. Annað atferli, sem einkenndist af því að þorskar láu grafkyrrir á botninum, sjást í nokkrum tilfellum. Ekki er vitað hvort þetta voru hrygnur eða hængar og ekki var hægt að sjá að aðrir fiskar veittum þessum fiskum neina sérstaka athygli. Því er ekki ljóst hvort þetta atferli er samsvarandi við það sem sést hefur í eldiskerjum en þá leggst hrygnan oft á botninn og hængurinn byrjar að hringsóla yfir henni. Að lokum þá náðist á filmu eitt atriði sem sýnir samloku hrygningarpars en þar sést hvernig einn þorskur (trúlega hængur) snýr sér við og smýgur undir annan þorsk (trúlega hrygna) um leið og þau synda samlímd í dálitla stund (sjá mynd á forsiðu).



6. mynd. “Flash”, þorskur sem snýr sér við og flassar hvítum kviðnum upp í torfuna. Myndin er tekin í Þistilfirði af Erlendi Bogasyni kafaras.

## 4. Umræða

Ljóst er að aðstæður í Þistilfirði til neðansjávarmyndatöku á hrygningartorfum þorsks eru einstakar á heimsmælikvarða. Þar sem þorskurinn á þessu svæði hrygnir á svo litlu dýpi, eða allt upp á 2-4 metra, þá geta skapast kjörskilyrði hvað varðar ljós og tærleika sjávar sem gerir kleyft að ná einstaklega góðum myndum af fiskum á hrygningartíma. Um leið getur það líka verið vandamál að vinna á svo grunnu vatni þar sem veður og aðstæður í sjó hafa mikil áhrif og geta hamlað myndatöku svo vikum skiptir. Almennt má segja að verkefni sem þetta þarfnist mikillar yfirlegu.

Annað vandamál fellst í því að hrygningin fer að mestu fram í ljósaskiptunum. Þetta kallar á sérhæfðan búnað við myndatökuna. Ein hugsanleg lausn er að setja niður net af vélum með mjög ljósnæmum linsum og láta þær filma stöðugt yfir tilgreindan tíma. Um leið væri æskilegt að merkja eins mikið af fiski og hægt er áður en myndataka hefst. Í flestum tilfellum er hægt að greina á milli hrygna og hænga við merkingu og því hægt að aðgreina kynin með mismunandi merkjum. Á sama hátt er hægt að aðgreina þorska úr t.d. eldi ef áhugi er á að skoða atferli hjá eldisþorskum innan um villta þorska. Gæði myndatökunnar á góðum degi er augljóslega nógu mikil til að slík merki sjáist greinilega á myndunum.

Hvað varðar líffræðilega eiginleika þá er ljóst að þorskurinn í Þistilfirði var langt kominn í hrygningu. Svo til allir þorskar sem voru teknir í sýnatöku voru á hrygningarstigi (stig 3 með rennandi hrogn eða svil). Aðeins 5% fiskanna voru á stigi 2 (höfðu ekki hafið hrygningu) og 6% þeirra voru á stigi 4 (höfðu lokið hrygningu). Fiskurinn var tiltölulega magur og lifur langt gengin. Þetta er þó eðlilegt miðað við hvað hrygning var langt komin.

Athyglisvert var að sjá hversu samband stærðar fisksins og stærðar sundmagavöðva var náíð ( $r^2 = 0.71$ ). Rowe og Hutchings (2004) hafa bent á að stærri þorskar séu líklegri til að vera meira áberandi og hafa meiri getu til að laða að sér hrygnur heldur en minni þorskar þar sem þeir hafa stærri sundmaga og stærri sundmagavöðva og geta því gefið frá sér hærri hljóð. Vöxtur þessara vöðva var þó ekki í réttu hlutfalli við vöxt fisksins þar sem smærri fiskar höfðu hlutfallslega stærri vöðva samanborið við þá stærri. Þetta sýnir hugsanlega mikilvægi þessara vöðva hvað varðar mökunaratferlið og að það sé kappsmál að ná ákveðinni lámarksstærð sem fyrst.

## 5. Næstu skref

Þó svo að ekki hafi tekist að ná myndum af eiginlegri hrygningu þorsks í Þistilfirði vorið 2006 þá er ljóst að verkefnið hefur skilað ómetanlegri reynslu og þekkingu sem mun nýtast við undirbúning af stærra verkefni. Myndatakan sjálf er mjög háð veðri og vindum og því er mikilvægt að nýta fleiri aðferðir til að safna upplýsingum um atferli og ferðir hrygningarfisksins. Þannig verður stefnt að því í komandi verkefnum að nýta alla þá tækni sem við höfum í dag (t.d. ný hljóðmerki frá Stjörnu Odda sem skrá sundmagahljóðin; hlustunarstöðvar og sendar sem gefa nákvæmar upplýsingar um staðsetningu fiskanna og DST merki sem gefa upplýsingar um dýpi og hitastig). Í framhaldi af þessu verkefni hefur verið ráðist í undirbúning að stærra verkefni þar sem stefnt er að því að skoða og afla upplýsinga um atferli, bæði hvað varðar hrygningu og fæðugöngur. Í þessu sambandi verður sótt um styrk til að halda fund með helstu sérfræðingum á þessu sviði næstkomandi sumar sem og aðilum frá Evrópusambandinu (DG-Fish og DG-Research). Megin markmið þessa fundar verður að kalla saman hóp af sérfræðingum sem hafa áhuga á að starfa saman á þessu sviði og um leið að kortleggja fjáröflunarleiðir og skipuleggja framtíðar verkefni.

## 6. Heimildir

Brawn, V. M. 1961. Sound production by the cod (L.). Behaviour 18:239-255.

Hutchings, J.A., Bishop, T.D., and McGregor-Shaw, C.R. 1999. Spawning behaviour of Atlantic cod, *Gadus morhua*: evidence of mate competition and mate choice in a broadcast spawner. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 97–104.

Kjesbu O. S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. J Fish Biol 34:195–206

Morgan, M.J., and Trippel, E.A. 1996. Skewed sex ratios in spawning shoals of Atlantic cod (*Gadus morhua*). ICES J. Mar. Sci. 53: 820–826.

Nordeide, J.T., and Kjellsby, E. 1999. Sound from spawning cod at their spawning grounds. ICES J. Mar. Sci. 56: 326–332.

Rowe, S. and J. A., Hutchings 2003. The function of sound production by Atlantic cod as inferred from patterns of variation in drumming muscle mass. Can. J. Zool. 82:1391-1398

Rowe, S. and J. A., Hutchings 2003. Mating systems and the conservation of commercially exploited marine fish. Trends in Ecology and Evolution. 18. 567-572

Rowe, S., Hutchings, J.A., Bekkevold, D., and Rakitin, A. 2004. Depensation, probability of fertilization, and the mating system of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). ICES J. Mar. Sci. 61: 1144– 1150.

Saegrov, H., Hindar, K., Kalas, S., and Lura, H. 1997. Escaped farmed Atlantic salmon replace the original salmon stock in the River Vosso, western Norway. *ICES Journal of Marine Science* 54 (6): 1166-1172.