



Kortlagning á gönguleiðum þorsks

- Framvinda

Jóhannes Sturlaugsson
Erlendur Geirdal
Guðmundur Geirdal

LAXFISKAR

Desember 2012

Kortlagning á gönguleiðum þorsks - Framvinda*

Jóhannes Sturlaugsson
Erlendur Geirdal
Guðmundur Geirdal

Laxfiskar
Desember 2012

*Rannsóknagögn eru ekki öll komin í hús, þ.a.l. ekki lokaskýrsla verkefnisins

LAXFISKAR - fiskirannsóknir í ám, vötnum og sjó



Efnisyfirlit

Bls

1. Inngangur	1
2. Markmið	2
3. Framkvæmd	2
4. Niðurstöður og umræða	4
4.1 Merking þorskanna og gönguleiðir þeirra.....	4
4.2 Hrygningarhegðun	6
4.3 Gönguhegðun með hliðsjón af fiskdýpi og sjávarhita	7
4.4 Afrán búrhvals á þorski og hegðun hvalsins	14
4.5 Ávinningur rannsóknaraðferðarinnar.....	15
5. Lokaorð	15
6. Heimildir	16
Viðauki – Kort sem sýna hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni	17-20

1. Inngangur

Rannsóknafyrirtækið Laxfiskar hóf árin 2009-2012 rannsóknir á nytjafiskum sjávar (ýsu, steinbít og þorski) og á laxi og sjóbirtingi sem byggðu á tæknilausnum sem gerðu kleift að kortleggja ferðir fiskanna, gönguhegðun þeirra og umhverfi án þess að endurheimta þurfi fiskana (rafeindafiskmerkjin) með veiðum. Rannsóknirnar byggja annarsvegar á því að merkja fiska sem fara um stór hafsvæði með gervitunglamerkjum (þorskur 2012 og lax 2011). Hinsvegar felast rannsóknirnar í því að merkja úrtök fiska á tilteknum svæðum og tímabilum með mælimerkjum eða með hljóðsendimerkjum þ.s. hver fiskur hefur sinn kóða og fylgjast í kjölfarið með ferðum þeirra og þáttum í umhverfi þeirra (ýsa, steinbítur, þorskur, lax og sjóbirtingur). Kortlagning ferða fiskanna með hljóðsendimerkjum sem að hluta gáfu einnig skráningar á dýpinu sem fiskarnir héldu sig á hverju sinni, byggir á notkun sérhæfðra skráningarstöðva fyrir hljóðsendimerki. Þeim skráningarstöðvum er komið fyrir á áhugaverðum svæðum þ.s. þær nema sendingar hljóðsendimerkja fiskanna á meðan þeir dvelja innan skynjunarsviðs stöðvanna og skrá þær upplýsingar tímateggt í minni. Gögnum um ferðir fiskanna er síðan tappað af skráningarstöðvunum en hægt er að láta þær safna gögnum í sig í ríflega 1 ár í lotu ef það hentar. Ítarlegar upplýsingar af þessum toga nást þannig um ferðir fiska þar sem skráningar á ferðum einstaka fiska geta spannað upp í 1-3 ára tímabil. Augljós er gagnsemi þeirra nýju upplýsinga sem fást með þessum aðferðum sem viðmið þegar nýting og/eða verndun fiska er ákvörðuð sem og við framþróun rannsókna á fiskum. Gagnsemi umræddra upplýsinga á einnig að geta verið drjúg fyrir sjómenn og aðra útgerðaraðila. Enda gefur viðmið þeirra í vissum tilvikum færi á að auka hagkvæmni í veiðum þeirra og/eða sölu nytjafiskanna sem við sögu koma.

Rannsóknafyrirtækið Laxfiskar hóf 2011 undirbúning að því að rannsaka ferðir íslenskra þorska með gervitunglamerkjum. Forsagan að rannsókninni er sú að við innleiddum þessa rannsóknatækni hér við land vorið 2011 þegar við höfum rannsóknir á ferðum íslenskra laxa í úthafinu með gervitunglamerkjum. Þær rannsóknir voru unnar í samstarfi við rannsóknaraðila í Noregi o.fl. löndum sem framkvæmdu samskonar merkingar í sínum heimalöndum. Þessar rannsóknir voru kynntar í fréttapættinum Kastljósi í RÚV 3. janúar 2012. M.a. var þar greint frá ferðalagi lax sem fór á ætisgöngu sinni djúpt suður undan suðurodda Grænlands og skilaði mæligögnum frá tæplega þrjú þúsund kílómetra ferð. Í ljósi reynslunnar sem þarna fékkst sáum við augljóst sóknarfæri í því að afla hagnýtra upplýsinga um árstíðabundnar ferðir íslenskra þorska með þessari rannsóknaraðferð sem er ekki veiðiháð, þ.e.a.s. upplýsingarnar skila sér hvort sem fiskarnir fara um hefðbundna veiðislóð eður ei. Vorið 2012 var ráðist í rannsókn á þorski með gervitunglamerkjum með tilstyrk frá Verkefnasjóði sjávarútvegsins og ríkissjóði. Samstarfsaðili Laxfiska í rannsóknunum er útgerðarfyrirtækið Sælind sem gerir út fiskibátinn Gísli KÓ 10. Rannsóknin byggir á að merkja stórvaxinn hrygningaþorsk og kortleggja útbreiðslu hans, atferli og umhverfi megnið af ætisgöngunni en ennfremur fæst innsýn í hrygningaratferli þorsksins þar sem merkingin fer fram í blábyrjun sumars, þ.e.a.s. áður en hrygningu stórvaxinna þorska lýkur.

Hér við land hefur Hafrannsóknastofnun stundað alhliða rannsóknir á þorski um langt skeið, þar með talið á göngum hans, gönguhegðun og umhverfi árið um kring. Þær rannsóknir hafa meðal annars byggt á gögnum frá merkingum þorska með númeruðum plastmerkjum og síðar einnig rafeindafiskmerkjum af gerð svokallaðra mælimerkja. Allt frá því að Hafrannsóknastofnunin hóf rannsóknir á þorski á Íslandsmiðum með hefðbundnum mælimerkjum 1995 hefur mjög gagnlegum upplýsingum yfir gönguhegðun þorsks verið safnað með þeim hætti. Þær upplýsingar hafa þegar gefið innsýn í hegðun þorsksins hér við land m.t.t. fiskdýpis og sjávarhitans sem hann upplifir. Þessi gögn hafa í sumum tilvikum einnig gefið innsýn í ferðir hans hér við land þ.s. samanburður mælimerkjagagna við gögn yfir sjávarhita, sjávarföll og botndýpi hefur gefið færi á slíku, auk þess sem endurheimtur merkjanna hafa gefið hefðbundnar upplýsingar frá endurveiði merktra fiska um svæðin sem fiskurinn fer um (Grabowski o.fl. 2011; Gunnar og Jónbjörn 2006; Ólafur og Vilhjálmur 2003; Vilhjálmur 1995; Vilhjálmur o.fl. 2012).

Merkingar á þorski með gervitunglamerkjum í rannsókninni marka upphaf slíkra rannsókna á veraldarvísu, en skömmu síðar hófust sambærilegar rannsóknir á þorski við Nýfundnaland. Hér verður greint frá nýjum og gagnlegum niðurstöðum sem rannsóknin hefur þegar leitt af sér. Rétt er að minna á að þegar þetta er skrifað er gagnasöfnun rannsóknarinnar ekki lokið. Eiginleg lokaskýrsla fyrir verkið verður samkvæmt áætlun birt 2013 líkt og áætlun hljóðaði upp á og mun þá innihalda úrvinnslu gagnanna í heild.

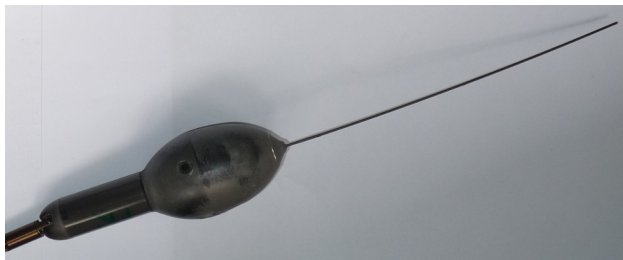
2. Markmið

Markmið verkefnisins er að kortleggja landfræðilega ferðir þorska til að afla nýrra upplýsinga um gönguleiðir þeirra, gönguhegðun, umhverfi og afdrif. Til að ná markmiðunum er beitt nýrri rannsóknatækni, s.k. gervitunglamerkjum. Niðurstöðurnar eru settar fram með það að markmiði að þær nýtist sjómönnum, útgerðar- og rannsóknaaðilum með beinum hætti sem viðmið til að auka verðmæti þorskveiða og til að framþróa rannsóknir á þorski.

3. Framkvæmd

Gervitunglamerki sem notuð eru á fisk eru á ýmsan máta sambærileg við gervitunglamerki sem notuð hafa verið á hvali og fleiri sjávarspendýr sem dvelja reglubundið í yfirborði sjávar. Gögnin frá gervitunglamerkjum skila sér hinsvegar á þann hátt að merkin losa sig frá fiskunum á fyrirfram ákveðnum tíma og fljóta upp í yfirborð þar sem þau geta fyrst náð sambandi við gervitungl ARGOS gervitunglakerfisins. Merkin eru einnig búin virkni mælimerkja, þ.e.a.s. að mæla og skrá á fyrirfram ákveðnum tímafresti í minni sitt gögn yfir þá mælipætti sem við sögu koma. Erlend heiti merkjanna, (pop-up satellite archival tags = PSATs), draga nöfn af helstu eiginleikum þeirra en hér verður talað um þau sem gervitunglamerki enda þótt nafngiftin gervitunglamerki sé einnig kynnt til sögunnar og notað. Gervitunglamerki er heiti sem vissulega nær betur yfir notkunareiginleika þeirra merkja sem grundvalla notkun sína á losunarbúnaði og flothæfni sem skilar þeim upp í yfirborð. Notkun þess heitis er þó óþörf nema þegar í senn er verið að ræða merki þeirrar gerðar og hefðbundin gervitunglamerki sem ekki þurfa sjálf að hafa fyrir því að koma sér í yfirborð sjávar.

Rannsóknin byggir á notkun gervitunglamerkja sem skrá þrjá þætti jafnt og þétt yfir sjógönguna, þ.e. birtumagn, fiskdýpi (þrýsting) og sjávarhita (1. mynd).



1. mynd. Gervitunglamerkið sem notað var í rannsókninni. Það samanstendur af flothylki merkisins sem jafnframt inniheldur rafeindabúnaðinn, festingarlið sem gengur niður af hylkinu og loftneti sem stendur upp úr því og nýtist við gagnasendingar í yfirborði eftir að merkið hefur losnað frá fiskinum.

Merktir voru átta þorskar og merkin sem þeir báru voru látin starfa í 1- 8 mánuði, þ.e.a.s. að þeim fyrirfram ákveðna tíma liðnum (1-8 mánuðum frá merkinu) voru merkin látin losa sig af fiskinum og hefja gagnasendingar. Í því skyni að fá sem mest út úr rafhlöðum merkjanna í senn m.t.t. mælinga og gagnaflytningu um gervitungl þá voru merkin látin mæla misjafnlega oft. Örstu mælingarnar voru á 75 sekúndna fresti yfir skammvinnasta mæliskeiðið en fór upp 10 mínútna mælifrest í tilfelli merkjanna sem lengst starfa (Tafla 1).

Gervitunglamerkin sem notuð eru gefa nákvæma staðsetningu á merkinu strax og þau koma upp í yfirborð eftir að hafa losað sig frá fiskinum. Þá fæst staðarákvörðun með 250-500 metra nákvæmni en nákvæmnin getur þó verið eitthvað minni ef gervitunglaskilyrðin eru ekki góð þá stundina. Merkin fljóta síðan í yfirborði sjávar og senda í sífellu sólarhringum saman frá sér mæligögnin sem safnast hafa frá ferðalagi fisksins á meðan rafhlöður endast. Um gervitungl berast þannig mæligögnin yfir fiskdýpi á farleiðinni og sjávarhita og birtumagn hverju sinni. Upplausn dýptarmælinga er 0,5 m (mælir niður á 1000m) og mæliupplausnin í hita er 0,05°C. Birtumagnið er notað til að reikna út staðarákvörðun fiskanna í tilheyrandi forritum sem vinna út frá grunnþáttum í sólargangi (sólurupprás – hádegi - sólsetur). Nákvæmni staðarákvörðunarinnar sem byggð er á ljósmagnsgögnunum er 1° í lengd og 1° í breidd (á norðlægum breiddum), en þær upplýsingar eru gagnleg viðmið þegar langferðir eiga í hlut en nýtast að öðru leyti ekki.

Veiðar- og merkingar á þorskunum fóru fram í innanverðum Faxaflóa á fiskibátnum Gísla KÓ 10 þann 30. apríl 2012. Mikið magn af rígvænum fiski fékkst á einni veiðistöðinni sem gerði mögulegt að merkja alla fiskana átta sem stefnt var að því að merkja úr sömu trossunni. Veiðar á þorski á öðrum svæðum sama dag og þar á undan gáfu hinsvegar nánast ekkert af merkingarhæfum fiski og þess vegna tók því ekki að merkja fiskinn frá þeim veiðum.

Tafla 1. Yfirlit yfir stærðir og kyn merktra fiska, númer þeirra og stillingar merkjanna sem þeir fengu.

Fiskar	Stillingar merkja		
	Númer fisks / merkis	Áætlaður mælitími (dagar)	Tíðni mælinga (s)
1	29	75	30 maí
2	60	150	30. júní
3	90	300	30. júlí
4	121	450	29. ágúst
5	152	600	30. sept.
6	182	600	29. okt.
7	213	600	30. nóv.
8	243	600	30. des.

Þorskur var veiddur í net með 10,5” möskva, en netin voru lögð í trossu á 65-75 m dýpi og dregin eftir að hafa legið stutta stund. Við veiðarnar var þess gætt að fara varlega með fiskinn m.a. annars var hann ekki dreginn á netinu alla leið um borð heldur gefinn slaki þegar hann kom upp fyrir yfirborð með því að setja háf um fiskinn og færa átakið á háfinn meðan hann var tekinn um borð. Þegar búið var að leysa þorskin úr neti fór hann í fiskikar þar sem rennsli á sjó var viðhaldið með dælu á meðan merking fór fram og í kjölfarið þar til fiskunum var sleppt á sama svæði skömmu síðar (2. mynd). Við merkingarvinnuna var þess gætt að velja þorska sem taldir voru mjög lífvænlegir en mikill minnihluti fiskanna féll í þann flokk. Gervitunglamerkin voru fest við plastfestingar sem festar höfðu verið á fiskinn niður undan bakugga (2. mynd) .



2. mynd. Svipmyndir frá veiðum á þorski, af merktum þorski og sleppingum á honum. Á neðstu myndinni hægra megin má sjá að vegna þess að merkið hefur jákvætt flotjafnvægi þá flýtur það yfir fiskinum sem dregur það á eftir sér.

Argos gervitunglakerfið sá um að safna gögnum gervitunglamerkjanna og fyrir tilstilli áskriftar að því kerfi var gögnunum síðan halað niður á tölvu. Starfsmenn Laxfiska náðu að sækja eitt merkjanna í kjölfar þess að það var losað af þorski og nýttu sér þá staðsetningarupplýsingarnar sem sýna hvar merkið er hverju sinni á meðan á gagnaflutningstímabilinu stendur. Viðmiðunargögn yfir sjávarhita sem notuð voru til samanburðar eru frá mælingum Hafrannsóknastofnunar 2012 á hefðbundnum mælisniðum þeirra hringinn í kringum landið.

Niðurstöður og umræða

Niðurstöðurnar sem birtar eru hér byggja á ferðum fyrstu 7 þorskanna. Um er að ræða tímabilið frá merkingu í lok apríl þar til í lok nóvember. Gögnin verða unnin heildstætt þegar gögn frá síðasta merkinu verða komin í hús í janúar 2013 og í kjölfarið verður lokið við eiginlega lokaskýrslu verkefnisins.

4.1. Merking þorskanna og gönguleiðir þeirra

Þegar heppilegur fiskur til merkinganna hafði fundist gengu merkingarnar hratt og vel fyrir sig. Alls voru 8 þorskar merktir sem var sá fjöldi sem lagt var upp með að merkja. Merktu þorskarnir voru frá 105 cm og upp í 136 cm langir og hentuðu stærðar sinnar vegna því mjög vel til að bera gervitunglamerkin (Tafla 2).

Tafla 2. Númer og stærðir merktra þorska og upplýsingar frá gervitunglamerkjum fiskanna. Tilgreint er hvenær merkin voru látin losna af fiskunum og á hvaða hafsvæðum og stöðum þorskarnir voru á þegar það átti sér stað. Vegalengd þess staðar frá merkingarstað er tilgreind og meðalferðahraði þorskanna miðað við þá vegalengd og þann tíma sem liðinn var frá merkingu þeirra.

Fiskar				Upplýsingar frá gervitunglamerkjum fiskanna			
Númer fisks	Lengd (cm)	Ummál fisks - hámark (cm)	Kyn	Losun merkis (dags. 2012)	Hafsvæðið og staðurinn þar sem merkin flutu upp	Vegalengd frá merkingarstað (stysta sjóleið)	Ferðahraði - meðaltal (km/klst)
1	105	58	Hrygna	30. maí	Kötlugrunn-Skaftárdjúp-Síðugrunn 15 km (8 sm) SA af Meðallandsfjörum	315 km (170 sm)	0,45
2	122	64	Hængur	30. júní	Deildargrunn 61 km (33 sm) VNV af Straumnesi	300 km (162 sm)	0,21
3	123	59	Hængur	30. júlí	Breiðafjörður 25 km (13 sm) VSV af Bjargtöngum	170 km (92 sm)	0,08
4	113	68	Hrygna	29. ágúst	Eldeyjarbanki - Hafnasjór 15 km (8 sm) VNV af Reykjanesi	65 km (35 sm)	0,02
5	124	59	Hængur	30. sept.	Sléttugrunn 39 km (21 sm) NNV af Rifstanga	600 km (324 sm)	0,16
6	107	52	Hrygna	29. okt.	Dýrafjarðarbanki 97 km (52 sm) NV af Barða	304 km (164 sm)	0,07
7	136	74	Hrygna	30. nóv.	Hornbanki - Strandagrunn 52 km (28 sm) NA af Horni	377 km (203 sm)	0,07
8	110	58	Hrygna	30. des.			

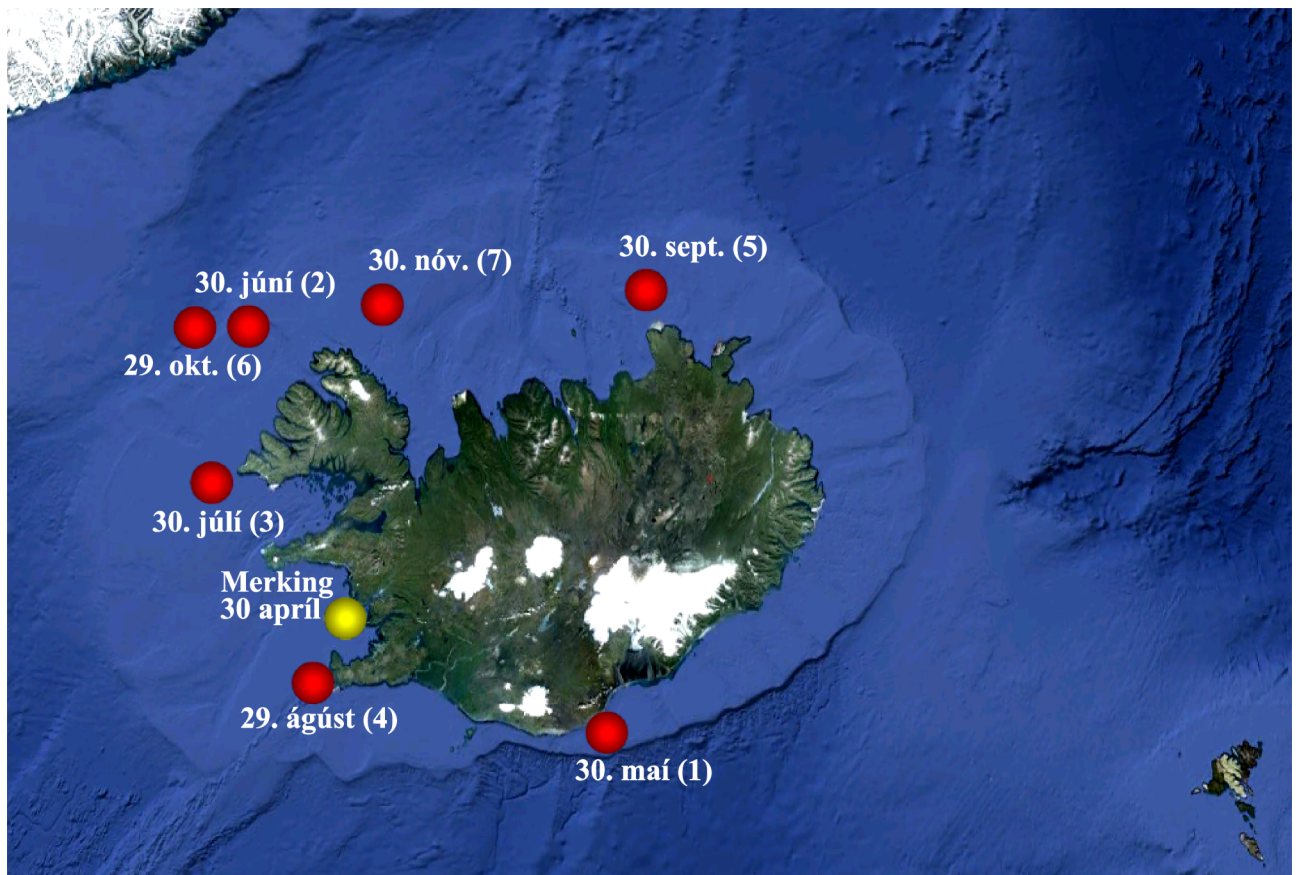
Þorskarnir átta sem báru gervitunglamerkin voru allir af sama hrygningarblettinum og báru með sér að hafa ekki lokið hrygningu. Þekkt er að hrygningin stendur lengur yfir hjá stórvöxnum þorskum en smærri meðbræðrum en slíkur munur þekkist einnig hjá öðrum fisktegundum. Þegar gögn yfir dýpið sem fiskarnir héldu sig á fyrstu vikunna eftir merkingu þeirra eru skoðuð ásamt sjávarhitanum sem í hlut átti, þá er ljóst að þeir dvöldu allir áfram í Faxaflóanum fram eftir maí. Í ljósi þeirra gagna eru fiskarnir flestir komnir af stað þegar kemur fram í þriðju til fjórðu viku maí og þá má ætla að ætisingangan sé formlega hafin hjá þeim.

Gögnin sem hér fengust yfir hraða fiskanna eru sett á blað til viðmiðunar en eru ekki að gefa raunverulega innsýn í gönguhraða þorskanna vegna allra þeirra útúrdúra sem ferðum þeirra fylgir. Þessi gildi gefa vissulega upplýsingar um hve hraðinn hefur verið mikill að meðaltali yfir ferðalagið frá merkingu fiskanna að lokum skráðrar ferðar þeirra en dvölin þar á milli er með hinu ýmsa móti eins og vænta má. Ef litið er til þorsks númer 1 þá kemur í ljós að hann hefur lagt að baki 315 km á mánaðartíma. Þegar litið er nánar á mæligögn fisksins kemur á daginn að hann er rétt rúmar 2 vikur á Faxaflóasvæðinu eftir merkingu sem þýðir að megnið af gönguleiðinni, ríflega 200 km leið hefur hann lagt að baki á 2 vikum. Þannig að meðalhraði

fisksins á þeim kafla ferðarinnar hefur verið ríflega 0,6 km/klst en var að jafnaði yfir alla ferðina 0,45 km/klst (tafla 2).

Líkt og fram kemur í töflu 2 og sjá má á 3. mynd þá má segja að leiðir skilji að hluta hjá þorskunum í kjölfar hrygningarinnar. Gleggsta dæmið um það er hrygnan sem heldur snarhendis austur í Skaftárdjúp. Hinir fiskarnir hefja ætisgönguna allir á svipaðan hátt, þ.e.a.s. dvelja vestur og norðvestur af landinu yfir sumarmánuðina að mestu. Helsti munurinn á milli þessara fiska liggur í því hversu norðarlega þeir gengu og hve snemma þeir gengu norður með landinu. Meirihluti þeirra nýtti sér ætisslóðina V-NV af Vestfjörðum hluta af sumrinu en fiskur númer 4 hélt sig hinsvegar SV-S af landinu fram í ágúst. Einn fiskanna (nr 5) sem nýtti sér ætisslóðina undan Vestfjörðum fór í kjölfarið austur um og norður fyrir Melrakkaslétu. Í viðauka skýrslunnar má líta kort sem sýna mun nánar hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni þeirra staða með upplýsingum um botndýpi og heiti svæða.

Þegar ætisgöngur fiska sem ganga langar leiðir líkt og göngufiskur þorsksins sem hér er til umræðu gerir þá vakna ævinlega spurningar um það hvaða leiðir fiskarnir fara að tilteknu svæði. Ef upplýsingar fást um ferðir fisks á tilteknu svæði og tíminn sem liðinn er frá merkingu er nægur, þá vakna eðlilega spurningar hvora leiðina í kringum landið hann hafi farið. Í tilfellum fiskanna sem losuðu gervitunglamerkin vestur og norður af landinu þá er ljóst að þeir fiskar fóru allir vesturleiðina, þar bar saman staðarákvörðunum frá ljósmagnsgögnum og sjávarhitagögnum frá ferðum fiskanna samanborið við árstíðabundnar mælingar Hafrannsóknastofnunar á miðum allt í kringum landið.



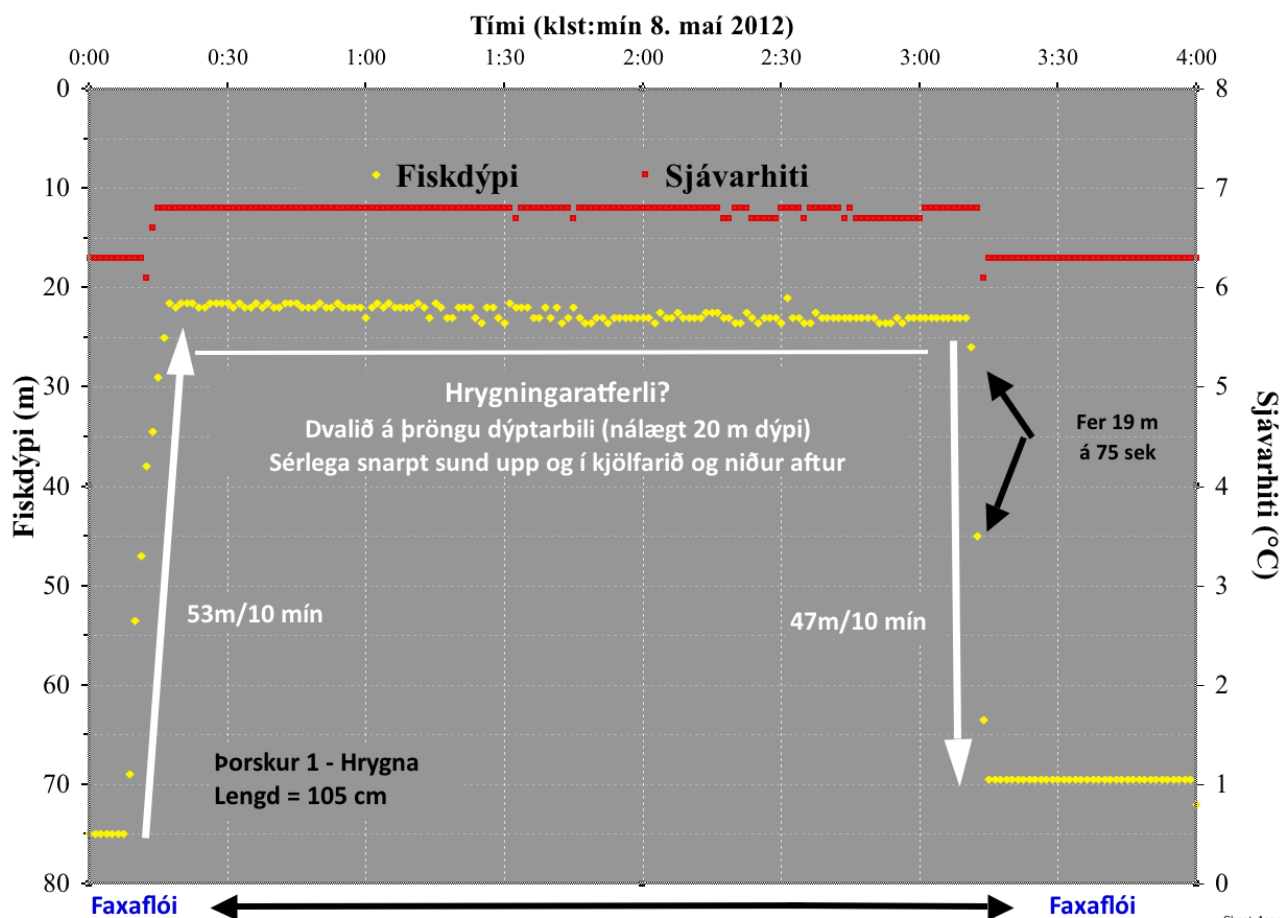
3. mynd. Loftmyndakortið sýnir hvar merking þorska með gervitunglamerkjum fór fram og hvar fiskarnir voru þegar merkin komu upp, en reyndar þarf að horfa aðeins öðrum augum á merkin af fiskum númer 4 og 6 (sjá hér að neðan). Staðsetningar þeirra 7 gervitunglamerkja sem komin eru upp eru sjást ásamt dagsetningu sem sýnir hvenær þau komu upp og sendu staðarákvörðun sína. Einnig er númer fiskanna sýnt í sviga. Staðsetning á gervitunglamerki merkis af fiski nr 6 er reyndar tilkomin eftir að merkið hafði “millilent” í meltingarvegi hvals í mánaðartíma og síðan flotið um í 5 daga í kjölfar þess að það skilaði sér úr hvalnum. Gögnin yfir ferðir þorsksins rétt fyrir andlátíð sýna reyndar með hliðsjón af sjávarhita á dýpinu sem hann dvaldi á að hann hefur verið á svipuðum slóðum. Merki af fiski númer 4 hóf sendingar 29. ágúst en hafði hinsvegar losnað ótímabært af fiskinum 17 dögum fyrr og staðsetningin þar sem merkið hóf sendingar er því litlís virði ein og sér. Mælingar merkis nr 4 fram til 12 ágúst sýna að fiskurinn hafði þó ekki farið sömu slóð og “norðurfararnir” (fiskar nr: 2, 3, 5, 6 og 7) heldur dvalið megnið af tímanum grunnt á landgrunninu í heitum sjó SV-S af landinu, en sjávarhitagögnin samsvöruðu gögnum Hafrannsóknarstofnunarinnar frá mælingum á Selvogsbankasniði og Faxaflásniði.

Mæligögnin sem þorskarnir söfnuðu á ferðum sínum voru töluvert breytileg hvað fiskdýpi og tilsvarendi hita varðaði. Innbyrðis munur hverju sinni endurspeglar á hvaða svæðum fiskarnir dvöldu og sýndi dæmigerðan

mun þar sem fiskarnir sem nyrst voru upplifðu eðli málsins svalari sjó en þeir sem voru syðst. Hér á eftir verður litið á hegðun fiskanna í ljósi dýpisins og sjávarhitans sem þeir upplifðu en fyrst skoðum við hegðunarmynstur sem virðist standa fyrir hrygningu.

4.2. Hrygningarhegðun

Rannsóknir á þorski með mælimerkjum hafa sýnt að það tekur þorska allt upp í fáeina sólarhringa að koma sundmaganum aftur í eðlilegt ástand eftir merkingu. Þetta gerir það að verkum að líta verður til þess að hegðun á þessu skeiði geti litast af þessu og því er ekkert verið að rýna sérstaklega í gögn frá þeim dögum. Hrygnan sem fékk númerið 1 var örfáa daga að ná flotjafnvæginu aftur í lag sem marka má af því að fiskurinn er að þeim tíma liðnum farinn að dvelja langdvölum samfellt á sambærilegu botndýpi og er að finna á svæðinu þar sem hann var merktur og á stórum svæðum þar í kring. Í kjölfarið fór fiskurinn að sýna atferli sem bendir til þess að þar hafi hann verið að hrygna (4. mynd). Mikil fjöldi mælinga (mælifrestur 1,25 mínútur) og mælinákvæmnin gerir gögnin einstök hvað upplausn varðar.

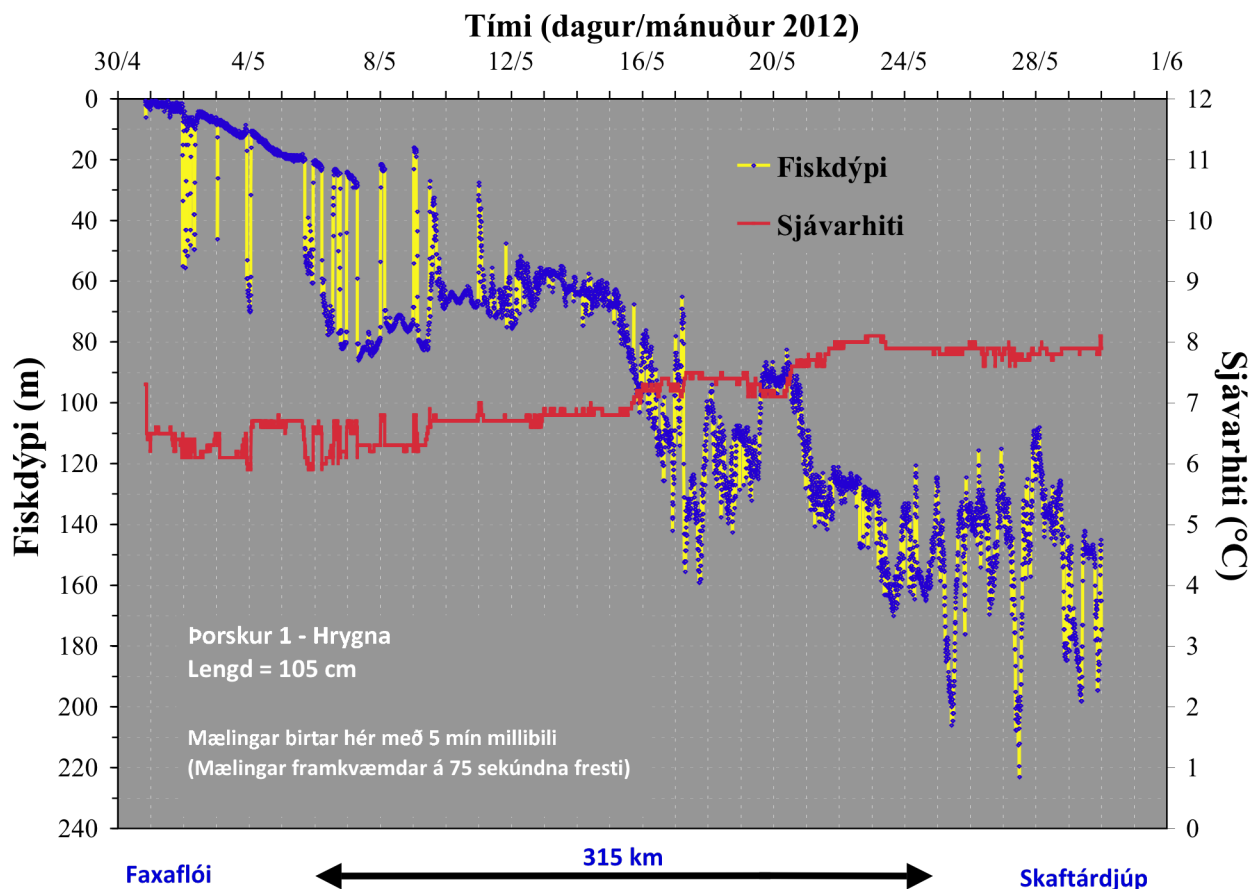


4. mynd. Ferðir þorsks á milli dýptarlaga að nóttu 8. maí og tilsvareandi sjávarhiti. Líklegt er að þessi hegðun fisksins endurspegli það að fiskurinn sé þarna að færa sig ofar í sjóinn til að hrygna þar.

Dæmið sem sýnt er um meinta hrygningarhegðun hrygnunnar er eitt tilvika þess konar hegðunar sem var ítrekað ástunduð af fiskinum, einkum þegar sól var neðan sjónbaugs (5. mynd). Merkilegt er sjá hve afgerandi tilfærsla þorsksins er upp af botninum á um 70 m dýpi og upp á lítið dýpi til hrygningar ef rétt er til getið. Einnig er forvitnilegt að sjá hve fiskurinn heldur sig á þröngu dýptarsviði (20-25 m) á meðan ætluð hrygning stendur yfir. Í kjölfar hrygningar er fiskurinn snar í snúningum niður á botn aftur. Þegar leitað er mögulegra annarra skýringa á umræddri hegðun þá koma tveir aðrir möguleikar strax til greina. Annarsvegar að hegðunin endurspegli ætisöflun en vegna þess að hér er um að ræða stórvaxinn hrygningarfisk sem þarna er að ljúka hrygningu þá er sú skýring ekki efst á blaði hér. Önnur skýring á þessari hegðun væri það sem kallað hefur verið fallatengt far (Arnold o.fl. 1994; Jóhannes Sturlaugsson og Konráð Þórisson 1995), en þá færa fiskar sig á milli sjávarlaga til að hafa not af því á ferðum sínum að þau hreyfast með misjöfnum hætti (mishratt, misjöfn stefna o.fl.) vegna sjávarfallastrauma. Í lokaskýrslu verkefnisins verða tengsl umræddrar hegðunar skoðuð nánar með hliðsjón af umhverfisþáttum.

4.3. Gönguhegðun með hliðsjón af fiskdýpi og sjávarhita

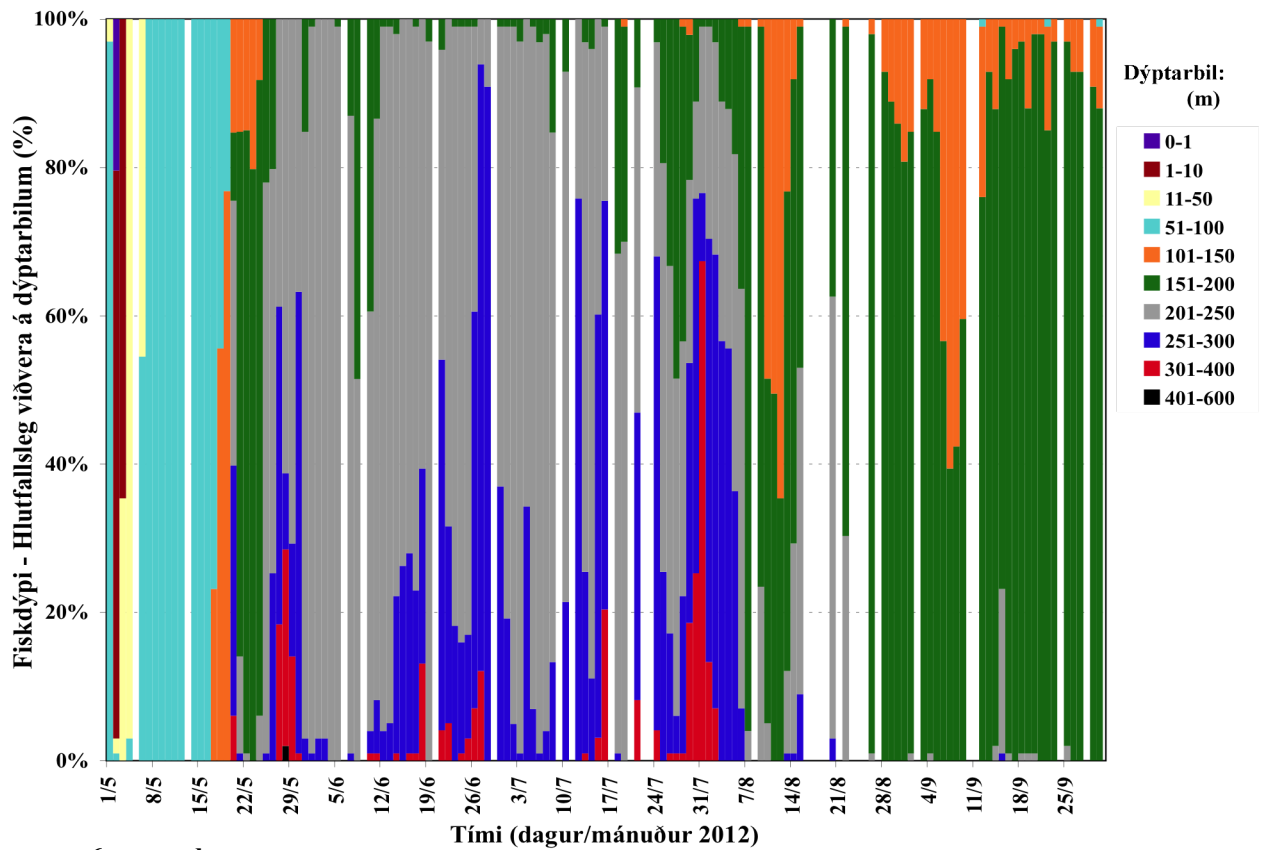
Mælingar gervitunglamerkjanna á fiskdýpi sýndu hegðunarmynstur sem ítrekað hefur verið kortlagt af Hafrannsóknastofnun með rafeindafiskmerkjum af gerð mælimerkja. Hér náðust þrátt fyrir það ný gögn hvað þennan þátt varðar. Annarsvegar fengust gögn frá óvenju stórum þorskum, þ.e.a.s. golþorskum af bestu gerð (Tafla 2). Hinsvegar fékkst mæliferill frá einum fiski í betri tímaupplausn en áður hefur fengist fyrir svo langt skeið, sem gefur færi á að rýna í finni drætti gönguhegðunarinnar með hliðsjón af ferðum á milli dýptarlaga en ella væri hægt (4-5. og 11. mynd).



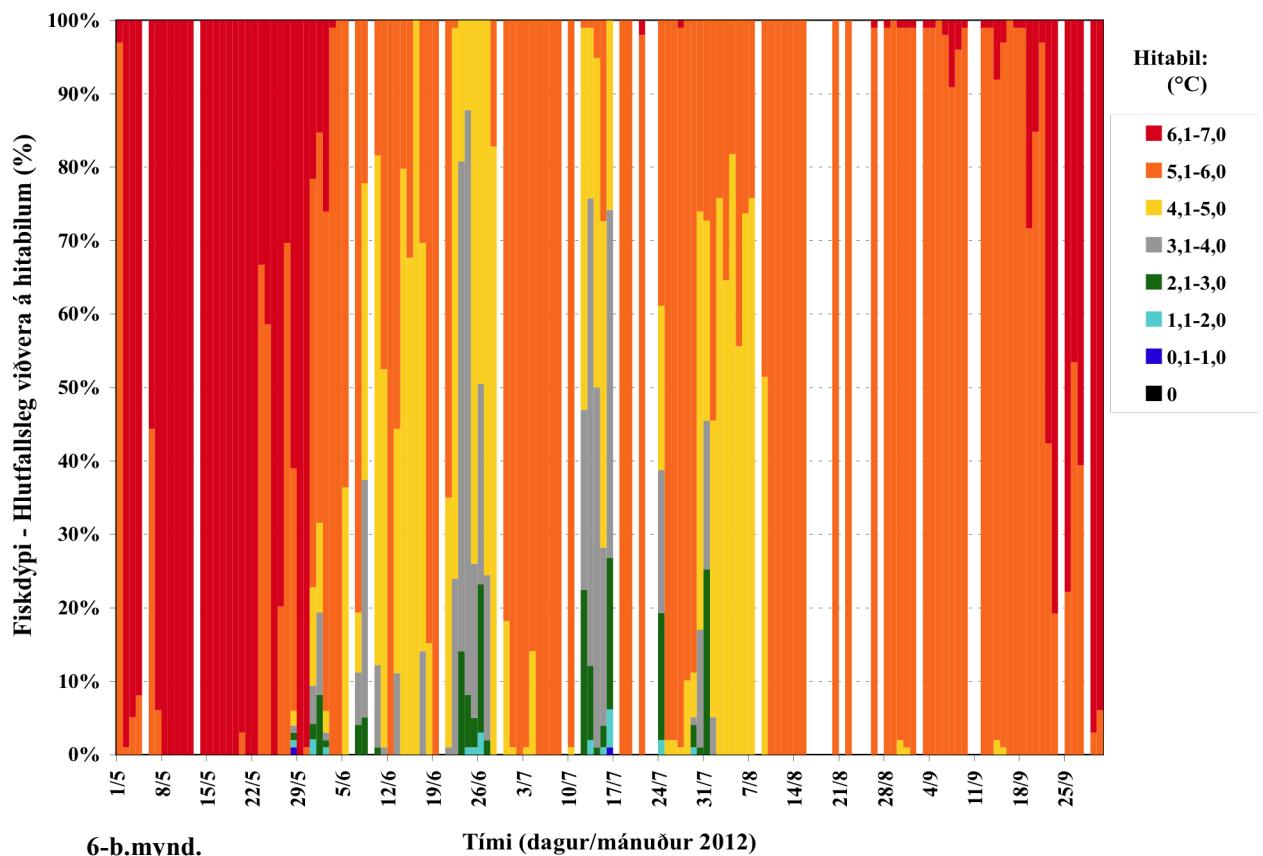
5. mynd. Gönguhegðun þorsks með hliðsjón af dýpinu sem hann fór um og hita sjávar á hverjum tíma, frá merkingu á hryngingarslóð í Faxaflóa í lok apríl fram til loka maí þegar fiskurinn er mættur á grundið upp af Skaftárdjúpi undan ósi Kúðafljóts. Stærð fisksins er tilgreind, kyn hans og mælitíðni.

Þegar litið er á hámarksdýpið sem þorskarnir upplifðu á ferðum sínum á tímabilinu maí-nóvember þá er ljóst að meirihluti fiskanna hélt til á landgrunninu (≤ 200 m botndýpi) en hluti þeirra losaði merkin reyndar snemmsumars og hefði því getað breytt út af síðar ef þeir hefðu fengið tækifæri til þess. Þessi landgrunnsækni gildi um 5 fiska af þeim 7 sem hér eru til umfjöllunar en þó var staðfest að þrír þeirra fóru skammvinnar ferðir fram af landsgrunnsbrúninni (> 200 m). Eftir standa þá 2 fiskar sem leituðu á dýpri mið þ.s. þeir upplifðu m.a. á köflum skarpan mun í sjávarhita á skömmum tíma sem vitnar um dvöl þeirra á straumaskilum. Þorskur nr 5 er annar þeirra, en mæligögn sýna að hann var strax 28. maí kominn alla leið norður á móts við Vestfirði þar sem hann skutlaði sér þann dag niður fyrir 400m dýpi þ.s. hann upplifði um 1°C sjávarhita (mynd 6b) sem skv. mælingum Hafrannsóknarstofnunar var fyrst að hafa á þessari slóð á þessum árstíma. Þorskur nr. 6 sótti líka á dýpri mið en í hans tilfelli var það ekki fyrir en leið á sumarið.

Eitt af því sem gögnin sýna er rólið á þorskinum innan sólarhringsins hvað dýpið varðar sem hann fer um. Almennt sýna ferðir fiskanna sem skráðar voru á rannsóknatímabilinu frá sumarbyrjun og fram á fyrrihluta vetrar að þorskurinn upplifði gjarnan 20-50m mun í dýpi innan sólarhringsins en stöku sinnum var munurinn meiri og þá gjarnan í kringum 100m (7.- 10. mynd). Einn fiskanna sýndi þó afgerandi meiri breytileika í þessum efnun en hann upplifði allt að 250m mun í dýpi innan sólarhringsins (mynd 9a). Í þessu sambandi er nauðsynlegt að muna að þessar hressilegu hreyfingar þorsksins á milli dýptarlaga geta verið af ýmsum toga, m.a. endurspeglad ferðir fiskanna eftir bröttum hlíðum sjávarbotnsins. Á hafsvæðinu við Grænlandssund þar sem hluti fiskanna hafði skemmri eða lengri viðdvöl er einmitt að finna snarbrattar sjávarbotnshlíðar út af landgrunninu. Um viðdvöl fiska á því svæði og þar norður af vitnaði m.a. lágur hiti á leið fiskanna og dæmi var um að fiskur upplifði í skamma stund undirkældan sjó (mínus gildi rétt undir núlli).

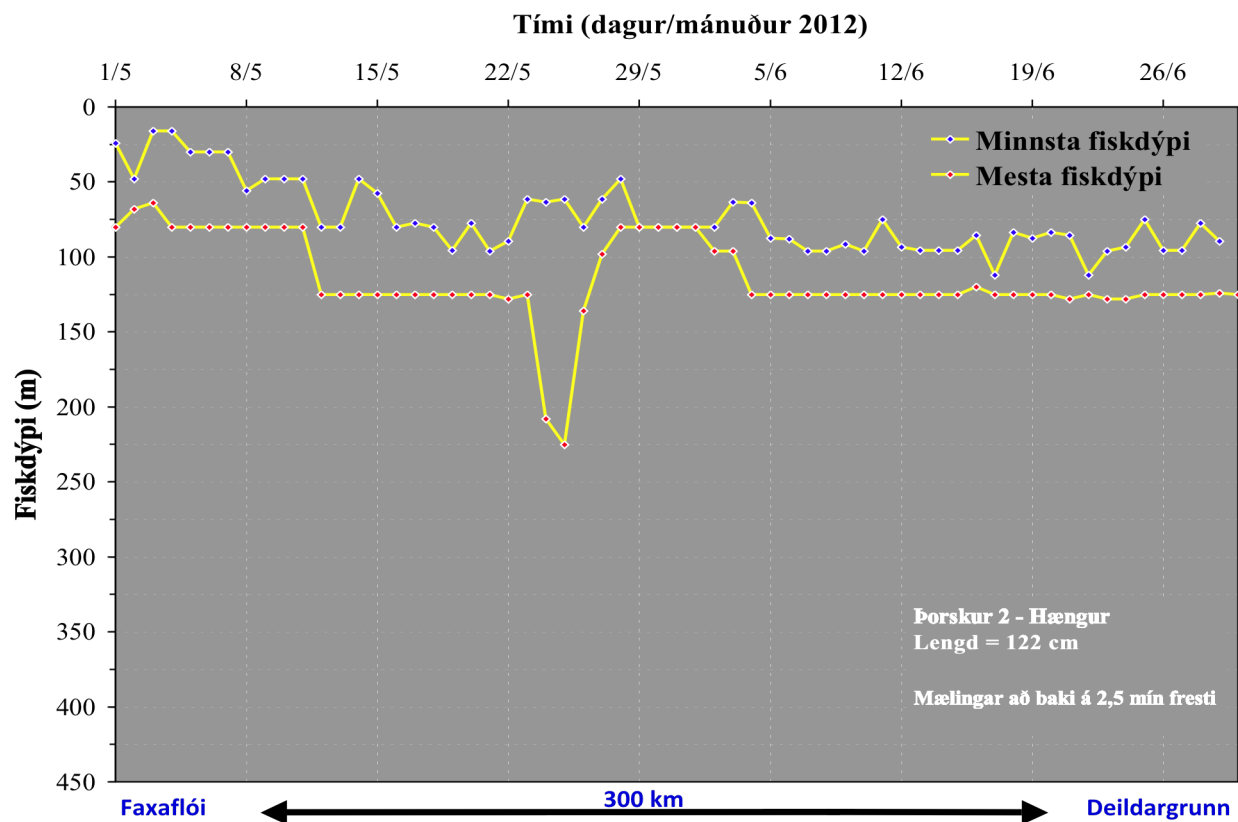
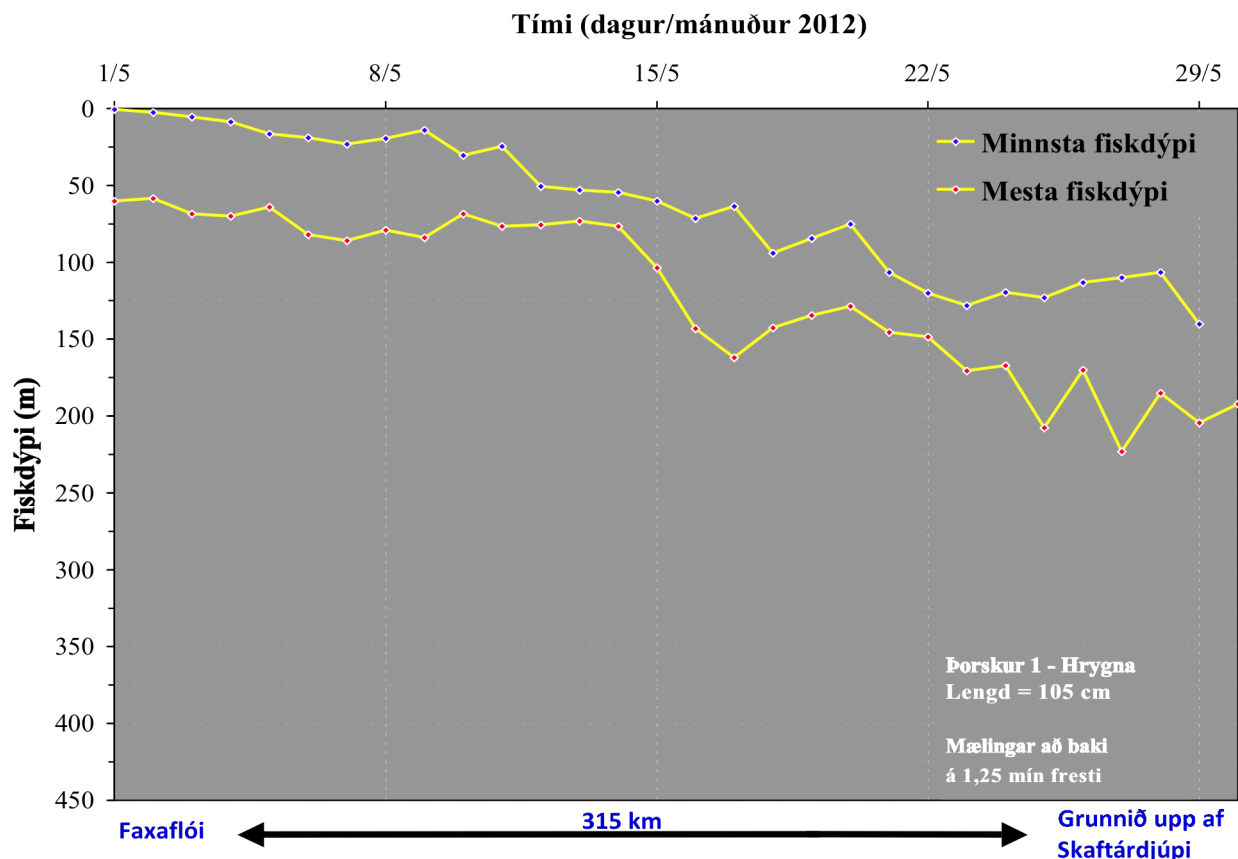


6-a. mynd.

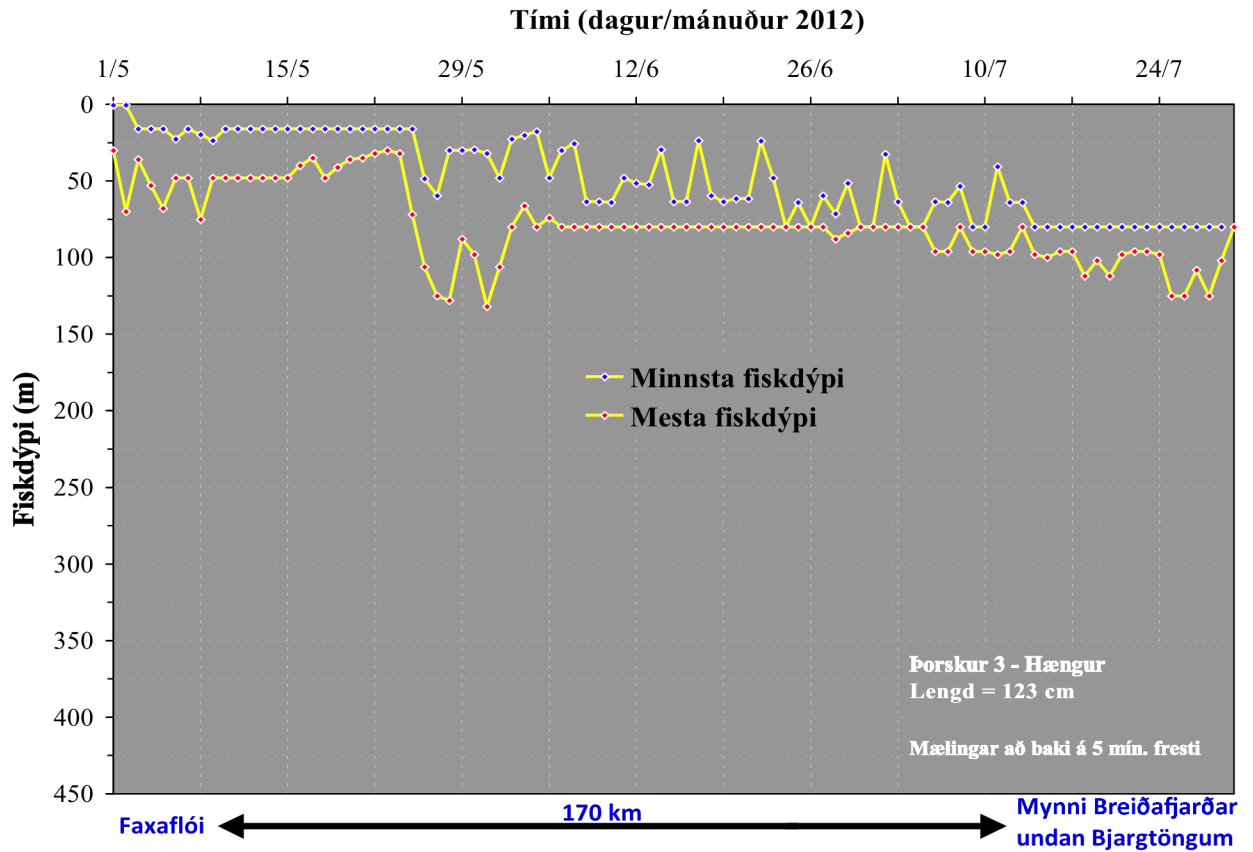


6-b.mynd.

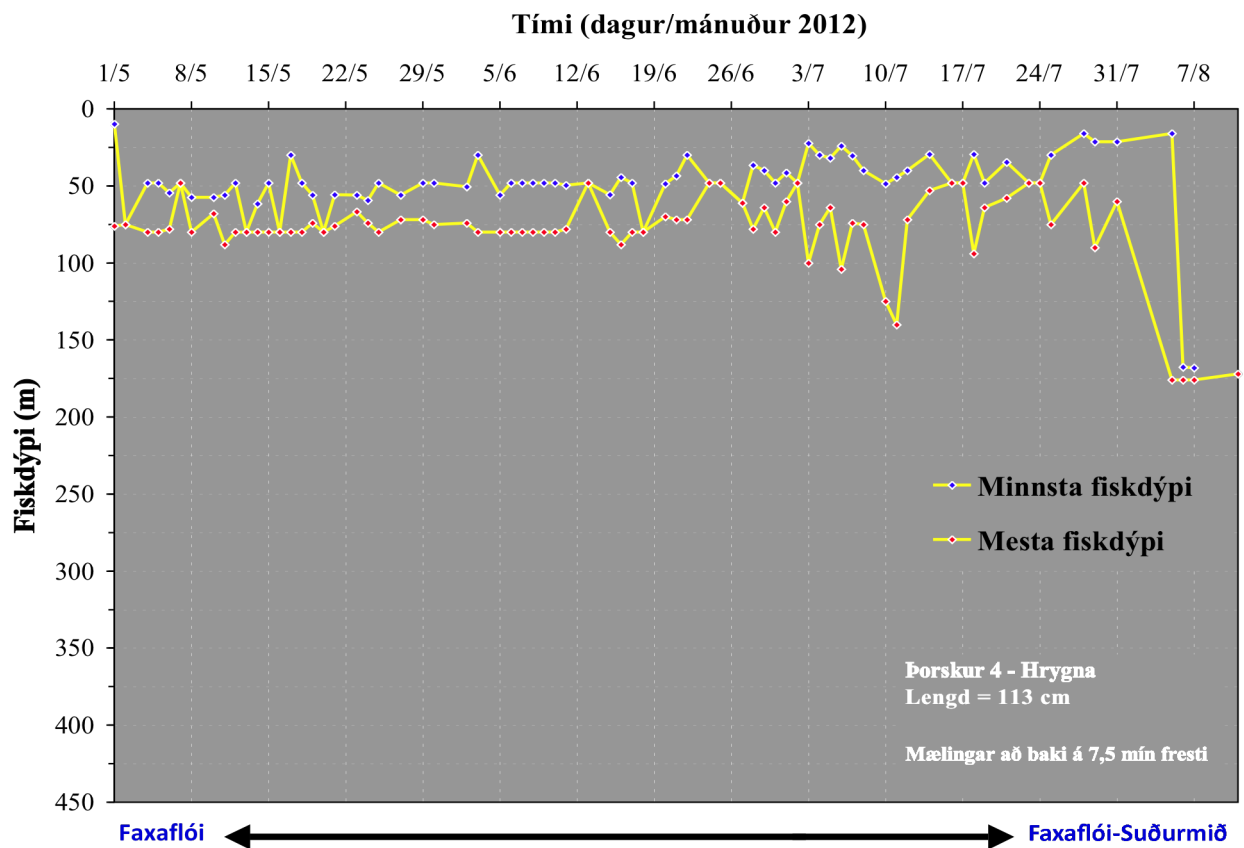
6. mynd. Efri myndin (mynd 6a) sýnir gönguhegðun þorsks númer 5 með hlíðsjón af viðveru hængsins (lengd 124 cm) innan tilgreindra dýptarlaga, sett fram sem hundradshluti (%) skráninga fyrir hvern sólarhring frá merkingu í Faxaflóa allt þar til norður á Sléttugrunni þegar merkið er látið losna af fiskinum (mynd 6-a). Mynd 6-b sýnir á samskonar hátt hlutfallslega (%) dvöl þorsksins innan tilgreindra sjávarhitabíla fyrir hvern sólarhring á þessari gönguleið (stysta sjóleið = 600 km).



7. mynd. Gönguhegðun þorsks nr 1 (mynd 7a) og þorsks nr 2 (mynd 7b) með hliðsjón af minnsta og mesta dýpi sem þeir fóru um á hverjum sólarhring frá deginum eftir merkingu fram til þess að gervitunglamerkin voru losuð af fiskunum. Stærð fiskanna er tilgreind, kyn þeirra, mælitíðni, heiti svæðis þ.s. fiskurinn var þegar merkið var losað og stysta sjóleið á milli merkingarstaðar og losunarstaðar merkis.

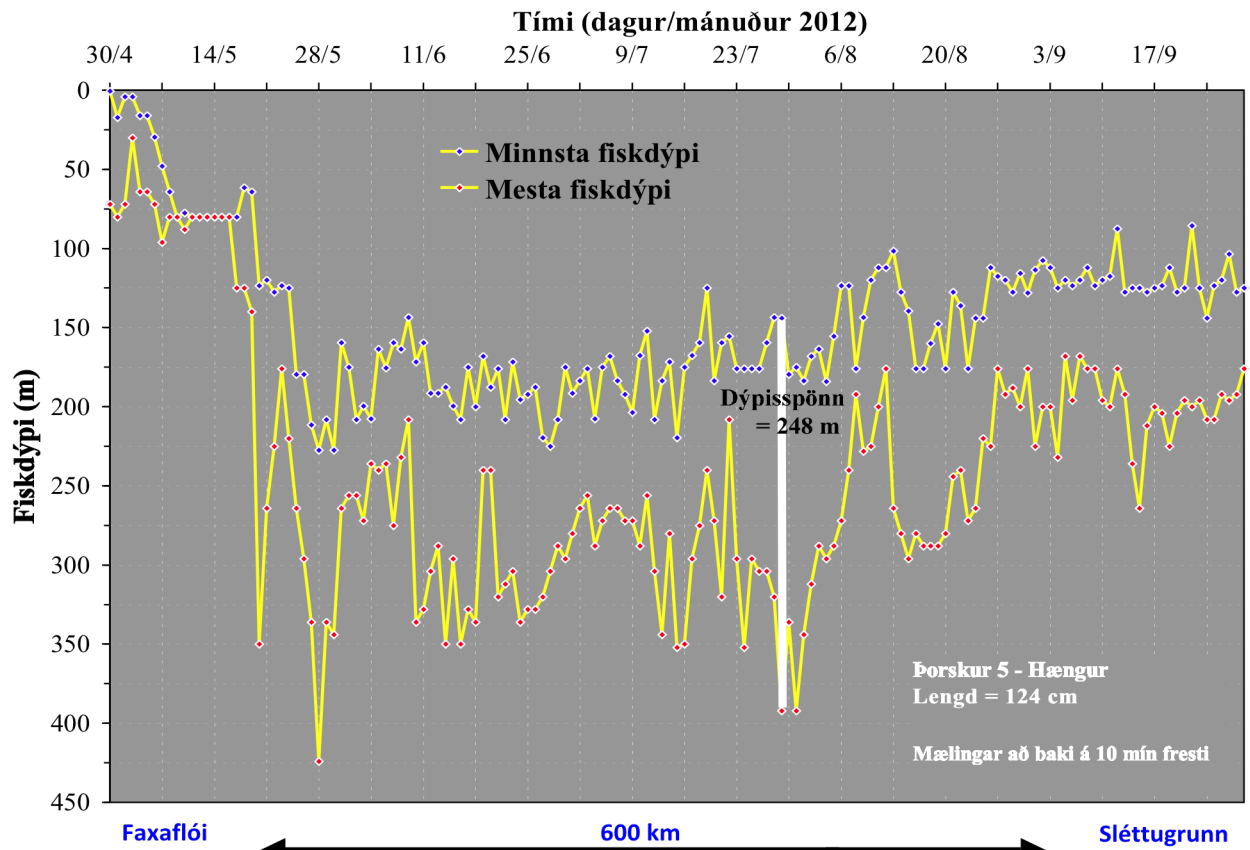


8-a.

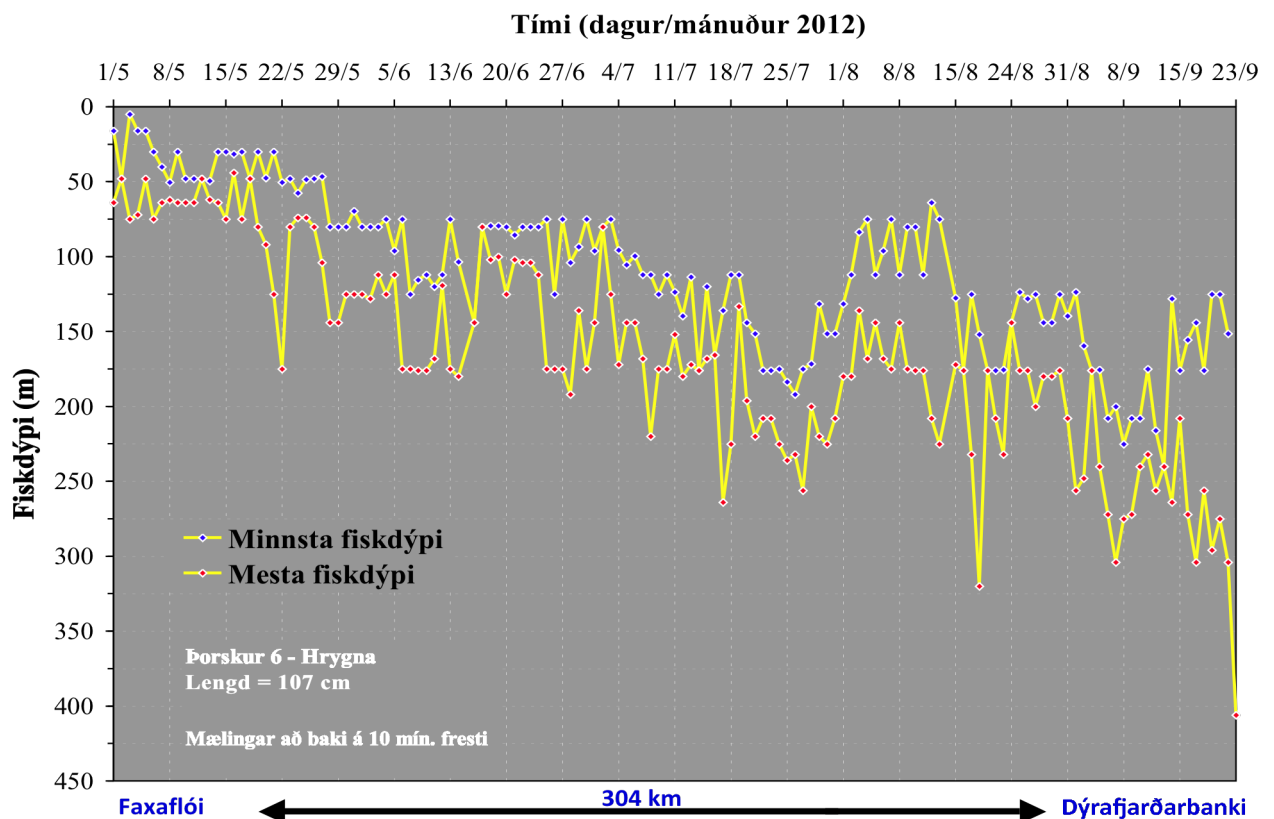


8-b.

8. mynd. Gönguhegðun þorsks nr 3 (mynd 8a) og þorsks nr 4 (mynd 8b) með hliðsjón af minnsta og mesta dýpi sem þeir fóru um á hverjum sólarhring frá deginum eftir merkingu fram til þess að gervitunglamerkið var losað af fiski (nr 3) og þar til merki af fiski nr 4 hóf sendingar (losnaði af fiskinum 17 dögum fyrr). Stærð fiskanna er tilgreind, kyn þeirra, mælitíðni, heiti svæðis þ.s. fiskurinn var þegar merkið var losað (fiskur nr 3) eða samkvæmt samanburði við sjávarhitagögn frá sama tíma (fiskur nr 4). Stysta sjóleið á milli merkingarstaðar og losunarstaðar merkis er tilgreind.

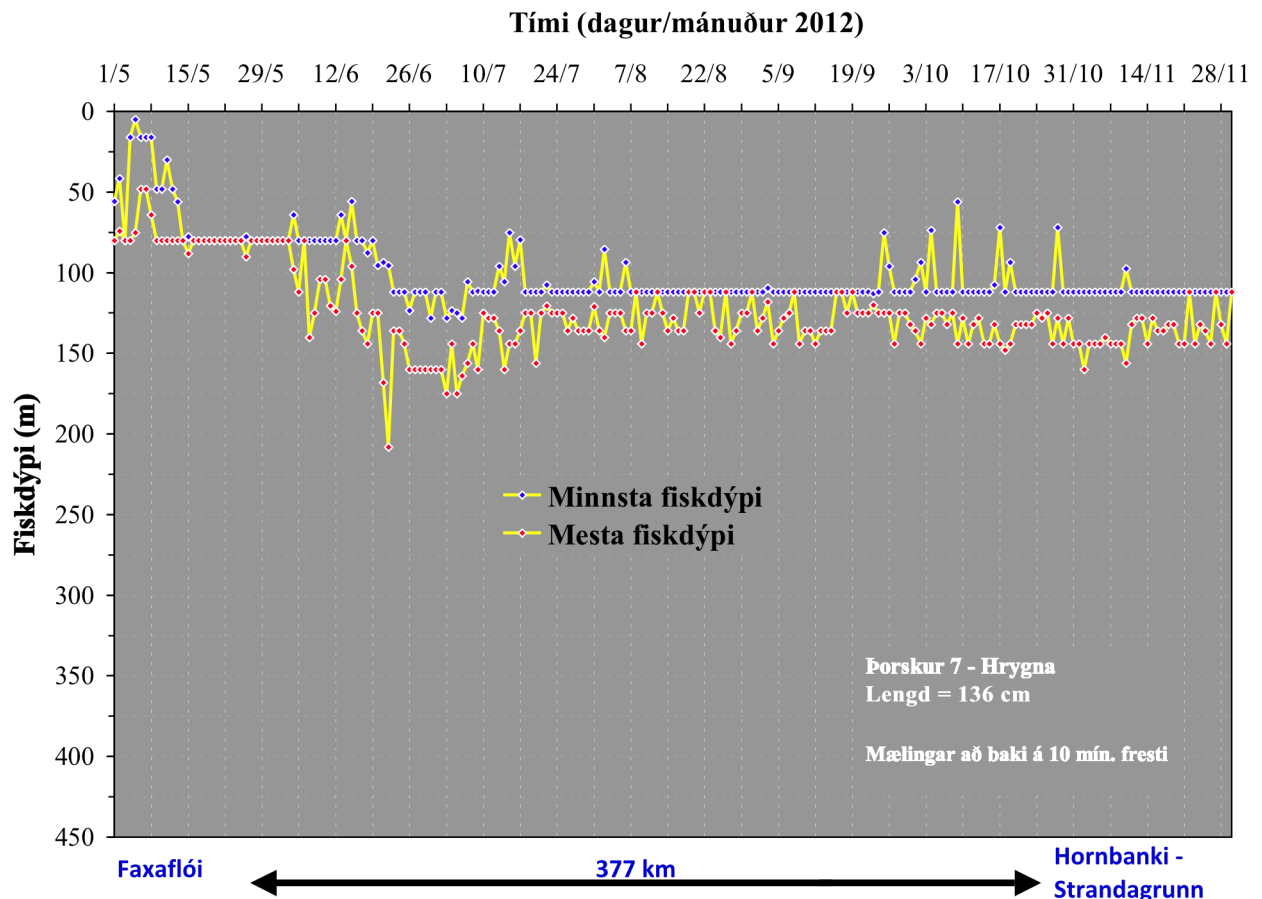


9-a.



9-b.

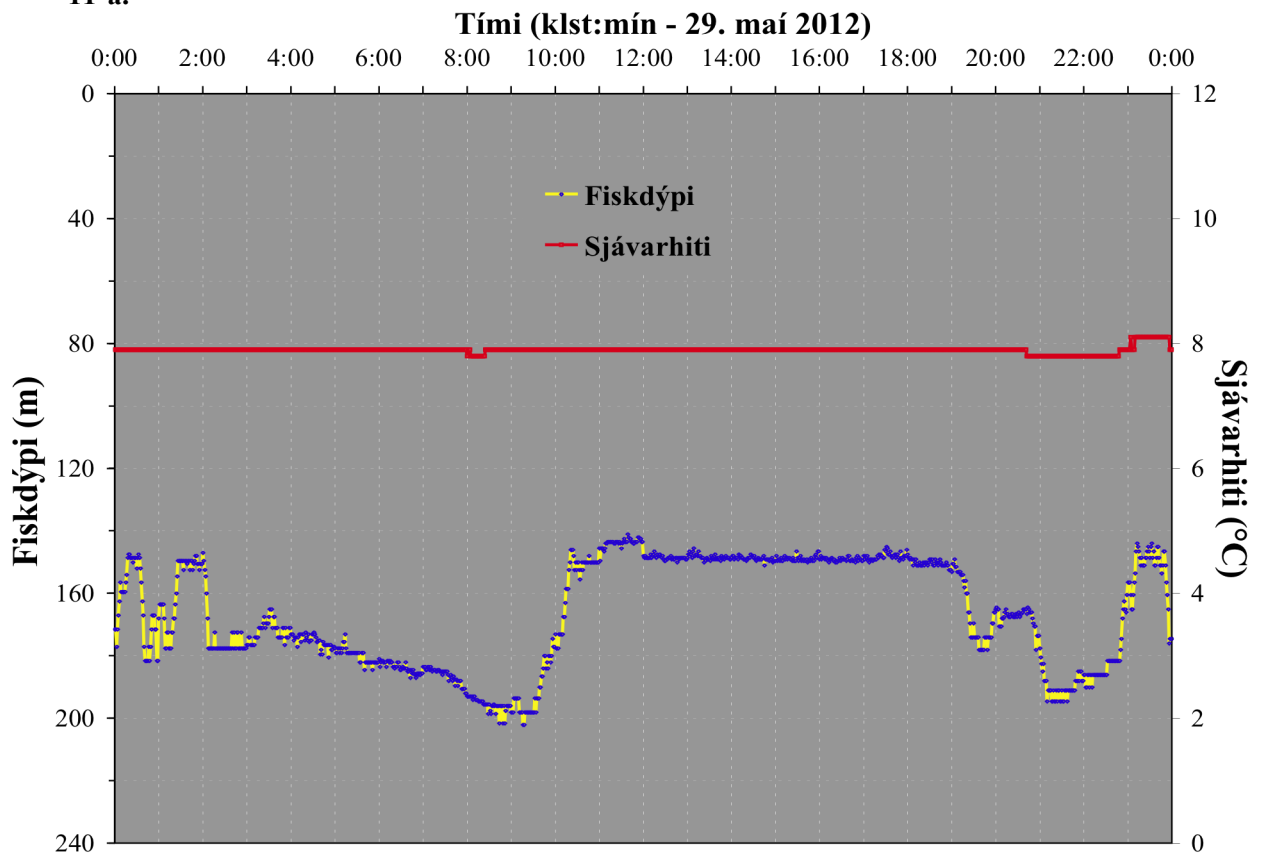
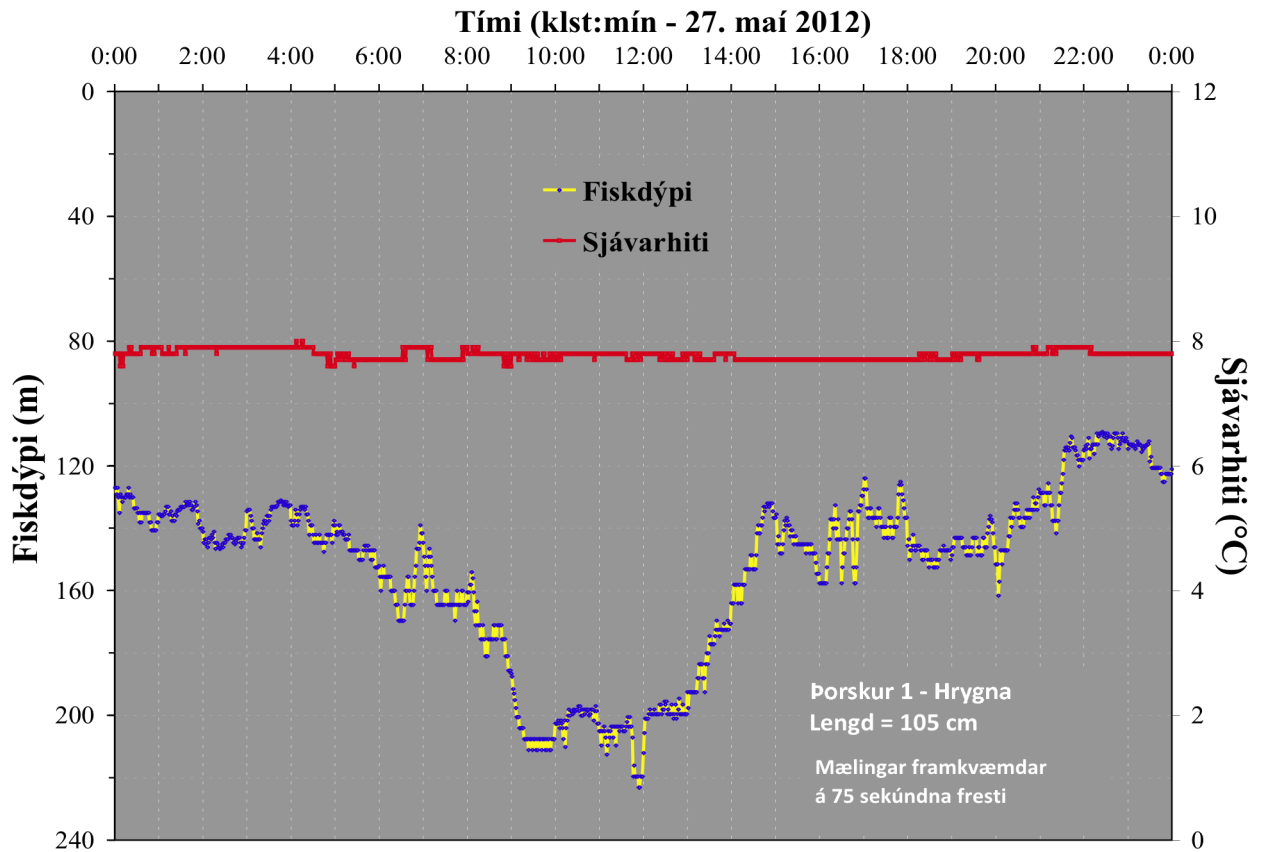
9. mynd. Gönguhegðun þorsks nr 5 (mynd 9a) og þorsks nr 6 (mynd 9b) með hliðsjón af minnsta og mesta dýpi sem þeir fóru um á hverjum sólarhring frá deginum eftir merkingu fram til þess að gervitunglamerkið var losað af fiski (nr 5) og þar til merki af fiski nr 6 hóf sendingar (losnaði úr iðrum hvals 5 dögum fyrir þ.s. endaði ásamt fiskinum 35 dögum áður en merkið hóf sendingar). Stærð fiskanna er tilgreind, kyn þeirra, mælitíðni, heiti svæðis þ.s. fiskurinn var þegar merkið var losað (fiskur nr 5) eða samkvæmt samanburði við sjávarhitagögn frá sama tíma (fiskur nr 6). Stysta sjóleið á milli merkingarstaðar og losunarstaðar merkis eða staðar þar sem merkið hóf sendingar, er tilgreind.



10. mynd. Gönguhegðun þorsks nr 7 með hliðsjón af minnsta og mesta dýpi sem hann fór um á hverjum sólarhring frá deginum eftir merkingu fram til þess að gervitunglamerkið var losað af fiskinum. Stærð fisksins er tilgreind, kyn, mælitíðni, heiti svæðis þ.s. fiskurinn var þegar merkið var losað og stysta sjóleið á milli merkingarstaðar og losunarstaðar merkis er tilgreind.

Á 11. mynd eru settir fram tveir sólarhringslangir mæliferlar frá ferð þorsks númer 1 suður af landinu, fyrst og fremst til að nýta þær mælingar á 75 sekúndna fresti til skoða “fínhreyfingar” fisksins með hliðsjón af dýpinu sem hann upplifði. Þar sést hvernig þorskurinn fetar sig í makindum á milli dýptarlaga en engu að síður er munurinn í dýpinu sem hann fer ríflega 100 metrar annan þessara daga.

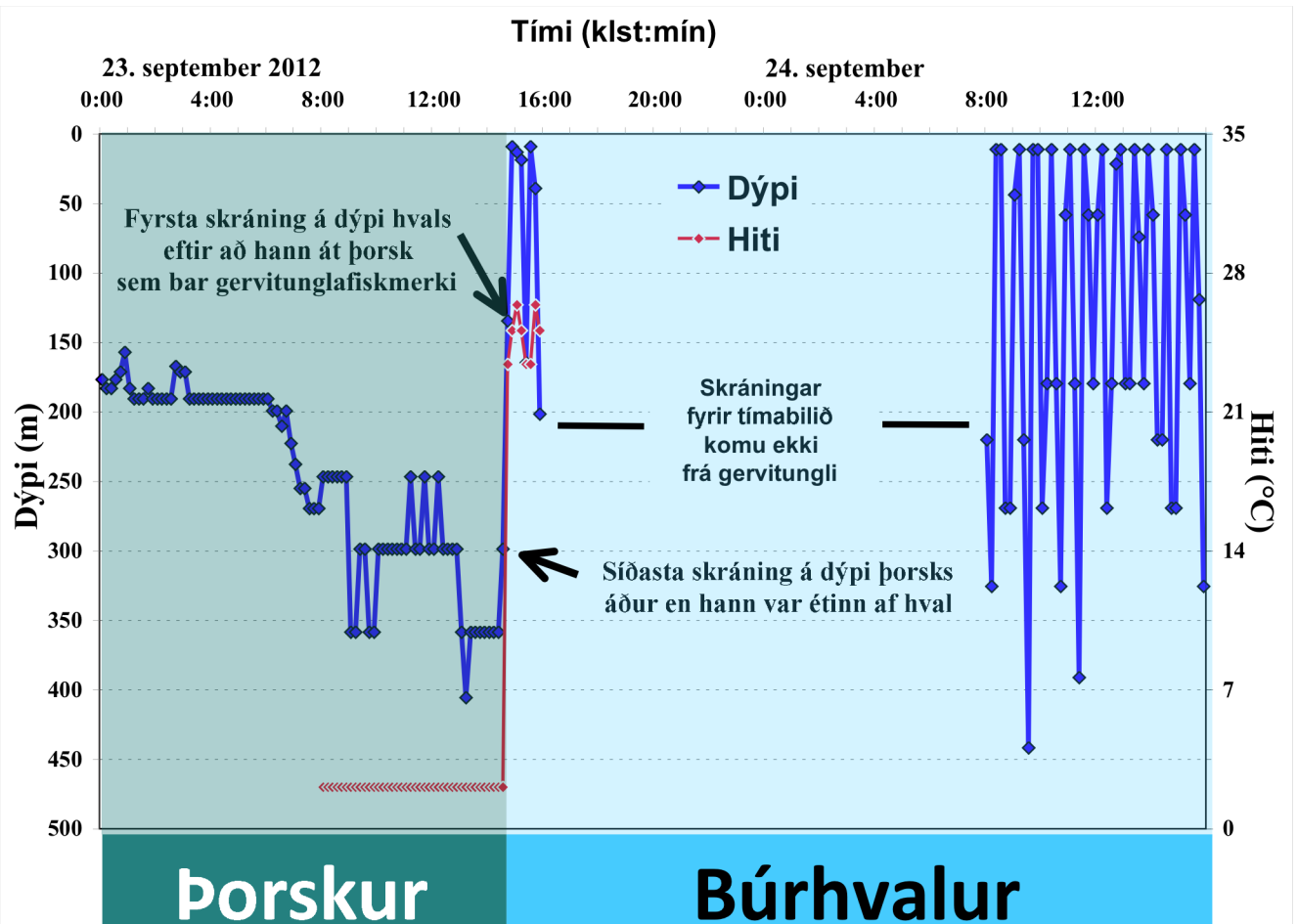
Þegar þorskarnir dvelja við skil hafstrauma eins og eru á hafsvæðinu við Grænlandssund þá er hvatinn fyrir dvölinni þær kjöraðstæður sem þar eru til ætisöflunar vegna næringarástands sem skapast á slíkum krossgötum umhverfisaðstæðna. Þessa kosti þekkja fleiri langferðalangar en þorskar og það olli sögulegri skráningu á afráni og öðru atferli á þessari slóð sem vikið er að í kafla 4.4.



11. mynd. Gönguhegðun þorsks með hliðsjón af dýpinu sem hann fór um og sjávarhitanum á hverjum tíma fyrir 2 sólarhringa rétt áður en merkið var losað af fiskinum þar sem hann var staddur undan Meðallandsfjörum á svæði milli Kötlugrunns og Síðugrunns upp af Skaftárdjúpi. Á mynd **11a** eru ferðir fisksins sýndar fyrir 27. maí (upplýsingar um fisk og mælitíðni tilgreindar) en á mynd **11b** er samskonar ferill fyrir 29. maí. Hér má geta þess að tæpum 20 mínútum eftir að mæliferlinum á mynd 6b lýkur þá er gervitunglamerkið komið upp í yfirborð.

4.4. Afrán búrhvals á þorski og hegðun hvalsins

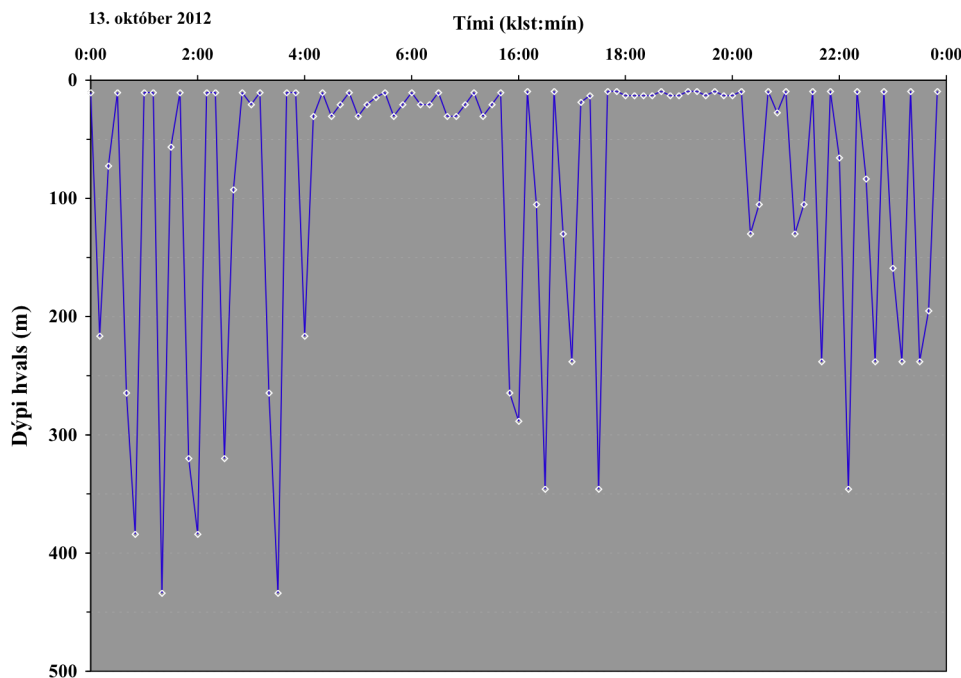
Gögn frá einu af gervitunglamerkjunum sem fest var á þorskana sýndi að þegar þorskurinn (nr 5) hafði borið merkið í tæpa fimm mánuði var hann étinn af hvali, nánar tiltekið búrhvali (12. mynd).



12. mynd. Myndin sýnir ferðir þorsks númer 5 með hliðsjón af dýpi fisksins og hitanum á þeirri slóð síðustu klukkustundirnar fyrir andlát hans 23. september (mælingar á 10 mínútna fresti). Myndin sýnir einnig að þennan dag endar þorskurinn í hvalskjaftri á nálægt 300 m dýpi sem var síðasta skráða dýpið á þorskinum. Miðað við ferðir fisksins fyrr þennan dag er ljóst að dýptarsviðið sem til greina kemur að þorskurinn hafi verið á þegar hann var étinn er 250-350 m. Eftir að hvalurinn innbyrðir þorskin hækkar hitastigið hressilega enda er merkið þá í maga hvalsins. Gervitunglamerkið átti síðar eftir að festast tímabundið aftar í meltingarveginum þar sem mælingar sýndu hærri hitatölur, m.a. sambærilegar við líkamshita hvalsins en inntaka ætis og tilheyrandi sjávarsopa lækkuðu hitann á milli. Á mæliferlinum yfir dýpið má sjá mynstur í kafsundi hvalsins bæði 23. september og síðan 24. september til viðmiðunar.

Merkið var í hvalnum í rúman mánuð þar til hann skilaði því frá sér og það flaut upp á yfirborðið. Nokkrum dögum seinna hófust svo sendingar frá merkinu upp í gervitungl, samkvæmt áætlun. Merkið hafði safnað gögnum samfellt allan tímann síðan það var sett á þorskin um vorið þar með talið á meðan það var í hvalnum. Það gefur einstakar upplýsingar um hegðun hvalsins yfir þennan mánaðartíma (12. og 13. mynd).

Afrán búrhvala á fiski hér við land var þekkt, þ.e.a.s. athuganir á magainnihaldi búrhvala sem veiddir voru hér áður en þær veiðar voru lagðar af sýndu að búrhvalstarfar sem dvelja hér líkt og víðar í N-Atlantshafi neyta fisks í mun meira mæli en þeir búrhvalir sem sunnar eru og éta fyrst og fremst smokkfisk (Martin og Clark 1986). Gögnin sem hér fengust um át búrhvalsins á þorskinum eru algerlega einstök á veraldarvísu. Gagnið sem má hafa af af þeim upplýsingum sem þessi atburðarás fól í sér er margþætt. Hér er í fyrsta lagi búið að staðfesta afrán búrhvala á golþorskum og öðrum minni. Frekari gagnasöfnun með merkjunum mun án efa skila upplýsingum um afrán af sama meiddi af hálfu hvala almennt og mögulega öðrum stærri sjávarspendýrum sem innbyrt gætu gervitunglamerki við afrán á þorski. Slíkra gagna er yfirleitt ómögulegt að afla eftir öðrum leiðum. Í þessu sambandi er rétt að minna á að þróun gervitunglamerkja (minni og/eða ódýrari merki) ýtir undir gagnasöfnun með gervitunglamerkjum og samhliða mun það skila auknum upplýsingum varðandi umrætt afrán. Gagnsemi önnur af afránupplýsingum sem þessum varðar hegðun afræningjanna en yfirleitt eru ítarleg gögn yfir hegðun þeirra, þ.m.t. ætisvenjur, af skornum skammti. Í tilfelli búrhvala í norðanverðu N-Atlantshafi þá er einmitt slíkur gagnaskortur fyrir hendi varðandi hegðun þeirra



13. mynd. Mæliferillinn sýnir ferðir búrhvals með hliðsjón af dýpinu sem hann hélt sig á hverju sinni. Mælitímabilið sem sýnt er hér er 1 sólar-hringur (13. október 2012). Mælingar voru framkvæmdar á 10 mínútna fresti og mæligildin eru auðkennd með hvítum hringjum á línu ferilsins.

m.t.t. ætisvenja (tíðni og tímalengd sunddýfa) og hvildarvenja (dvöl í yfirborðslögum o.fl.). Slík gögn eru mikilvæg m.a. til að geta ákvarðað með nægilega markvissum hætti fjölda búrhvala í norðurhöfum en slík gögn liggja ekki á lausu nú um mundir og því má hafa mjög mikið gagn af þeim gögnum sem hér hafa aflast (munnleg heimild, Gísli Víkingsson hvalasérfræðingur). Unnið verður sérstaklega úr atferlisgögnunum sem söfnuðust um búrhvalinn og hefur verið lagt á ráðin að sú vinna verði unnin í samvinnu við Gísli Víkingsson sérfræðing í þeim efnum. Þau gögn verða birt með þeim hætti að þau nýtist og þá ekki síst aðilum í hvalarannsóknunum.

4.5. Ávinningur rannsóknaraðferðarinnar

Gervitunglamerkin eru einstaklega skilvirk tæki til að afla nákvæmra landfræðilegra gagna um ferðir fiska sem fara langa vegu auk þess augljósa kosts sem felst í því að fyrirliggjandi er að gögnin frá öllum merktum einstaklingum skila sér að frátöldum mögulegum fátíðum undantekningum. Miklu skiptir að hægt er að afla þessara gagna án þess að endurheimta merkin og því fást sérlega mikilvægar upplýsingar um ferðir fiska sem annars kæmst ekki á blað, t.d. ferðir utan veiðisvæða og ferðir innan þekktra veiðisvæða á tímabilum þegar veiði er ekki stunduð þar.

Kortlagning nýrra veiðisvæða þorsks og yfir óþekktu dvöl/hegðun þorsks á þekktum veiðisvæðum hans eykur sóknarfæri til veiða eitt og sér. Slík vitneskja getur einnig aukið verðmæti þorskafurða með óbeinum hætti fyrir tilstilli hagræðingar í útgerð ef hagkvæmara er að veiða fiskinn á umræddu svæði samanborið við önnur svæði og/eða á umræddum tíma þar sökum þess hvernig svæðið liggur við tilteknum útgerðaraðila á tilteknum tíma (lægri útgerðarkostnaður vegna minni olíukostnaðar, veiðarfæramála o.fl.) eða vegna þess hvernig fiskverð stendur þá stundina. Mikilvægt er einnig að hafa í huga að þær nýju upplýsingar um far þorska og atferlisvistfræði þeirra sem rannsóknin mun fyrirsjáanlega afla, uppfærir þekkingu okkar til framtíðar litið á lífsháttum þess gula.

5. Lokaorð

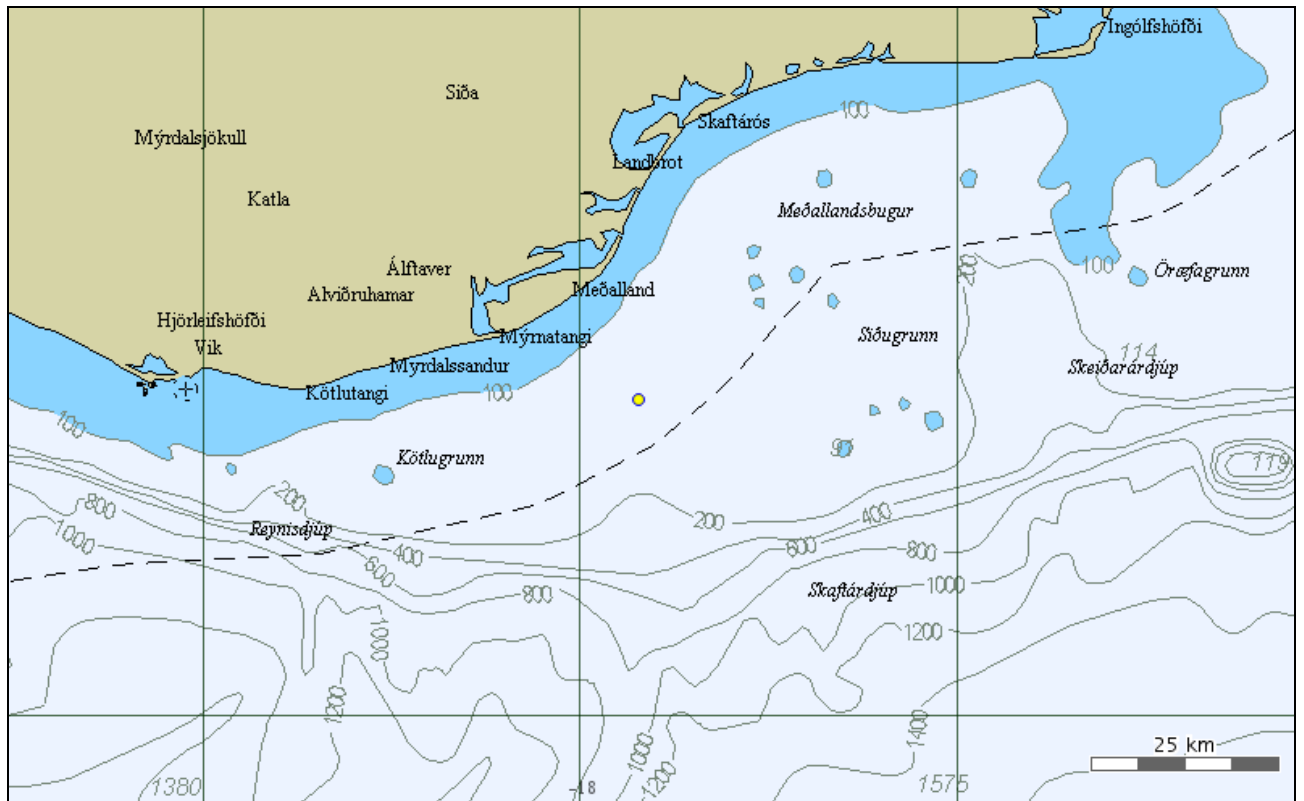
Niðurstöður þær sem rannsóknin hefur þegar skilað er dýrmæt viðbót við fyrirliggjandi þekkingu á lífsháttum þorsks hér við land, sem hægt er að hagnýta með ýmsum hætti. Í þessu frumherjaverkefni höfum við staðfest að sú nýja tækni sem rannsóknin byggir á hentar til að fylgjast með ferðum þorska. Í ljósi þess er eðlilegt að ætla að kapp verði lagt á að nýta gervitunglamerki á næstu árum til að ná í hús nákvæmum landfræðilegum upplýsingum um ferðir þorsksins (göngufiska). Þessar upplýsingar sárvantar og vegna þess hve dýrmætær þær eru á marga vegu með hliðsjón af nýtingu þorskstofna við Ísland þá skiptir miklu að nýta það lag sem nú gefst til að færa þessar upplýsingar í land. Laxfiskar hafa þegar lagt á ráðin um framhald rannsóknarinnar í því skyni.

Í lokin viljum við þakka það tækifæri sem Verkefnasjóður sjávarútvegsins skapaði Laxfiskum með styrkframlagi sínu til þessara framsæknu rannsókna á þorski.

Heimildir

- A.R. Martin and M. R. Clarke (1986). The Diet of Sperm Whales (*Physeter Macrocephalus*) Captured Between Iceland and Greenland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66, pp 779-790
- Arnold, G.P., Greer Walker, M., Emerson, L.S., and Holford, B.H. 1994. Movements of cod (*Gadus morhua* L.) in relation to the tidal streams in the southern North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 51: 207–232.
- Grabowski TB, Thorsteinsson V, McAdam BJ, Marteinsdóttir G. 2011. Evidence of Segregated Spawning in a Single Marine Fish Stock: Sympatric Divergence of Ecotypes in Icelandic Cod? 6(3): e17528.
- Gunnar Jónsson og Jónbjörn Pálsson. 2006. Íslenskir fiskar. Vaka - Helgafell. 336 s.
- Jóhannes Sturlaugsson og Konráð Þórisson. 1995. Notkun mælimerkja við rannsóknir á gönguhegðun laxa á grunnsævi undan Vesturlandi. *Veiðimaðurinn*. 147: 26-39.
- Pálsson, Ó.K. and V. Thorsteinsson. 2003. Migration patterns, ambient temperature, and growth of Icelandic cod (*Gadus morhua*): evidence from storage tag data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 1409-1423.
- Thorsteinsson, V. 1995. Tagging Experiments using Conventional Tags and Electronic Data Storage Tags for the Observations of Migration, Homing, and Habitat Choice in the Icelandic Spawning Stock of Cod. *International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1995/B Ref.G. B:19* 16 p.
- Vilhjálmur Thorsteinsson, Ólafur K. Pálsson, Gunnar G. Tómasson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Christophe Pampoulie. 2012. Consistency in the behaviour types of the Atlantic cod: repeatability, timing of migration and geo-location. *Marine Ecology Progress series*. Vol. 462: 251–260.

Viðauki – Kort sem sýna hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni

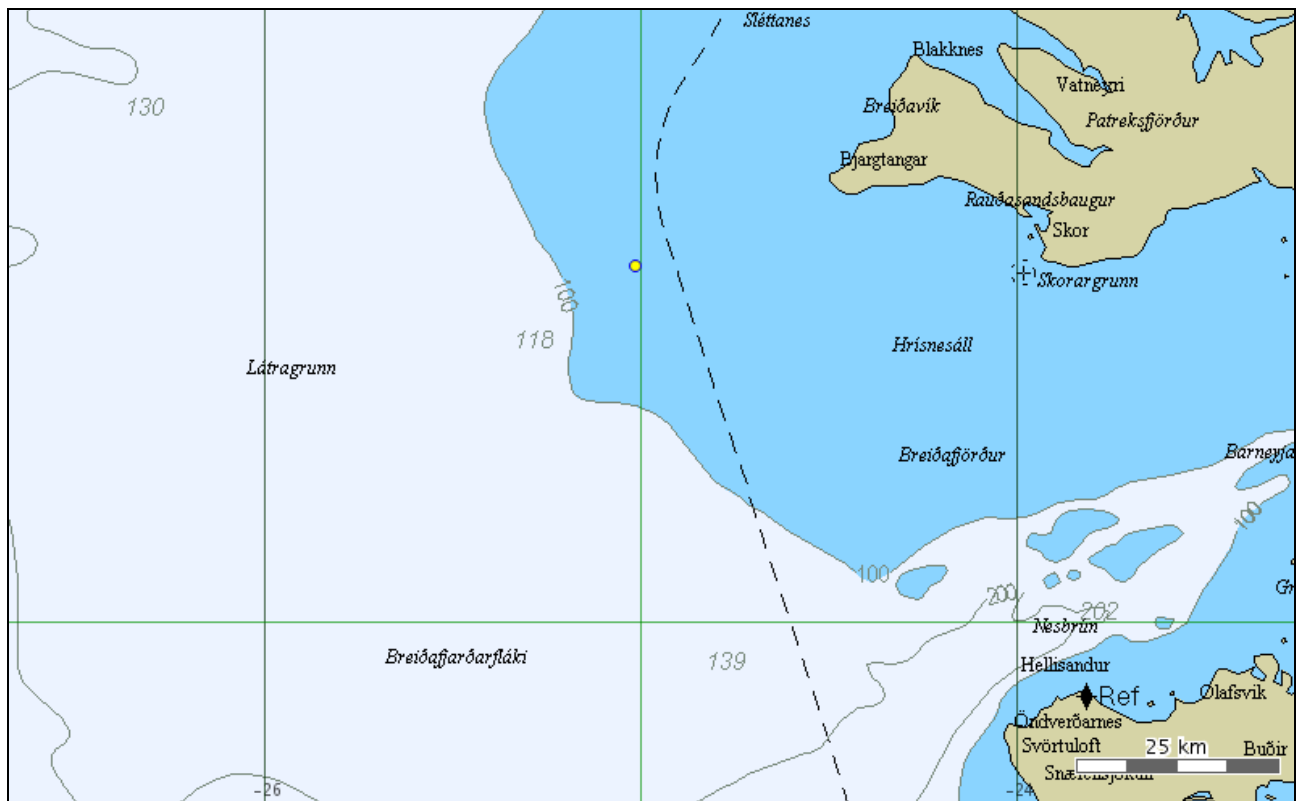


Þorskur 1. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það losnaði af fiskinum.



Þorskur 2. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það losnaði af fiskinum.

Viðauki – Kort sem sýna hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni

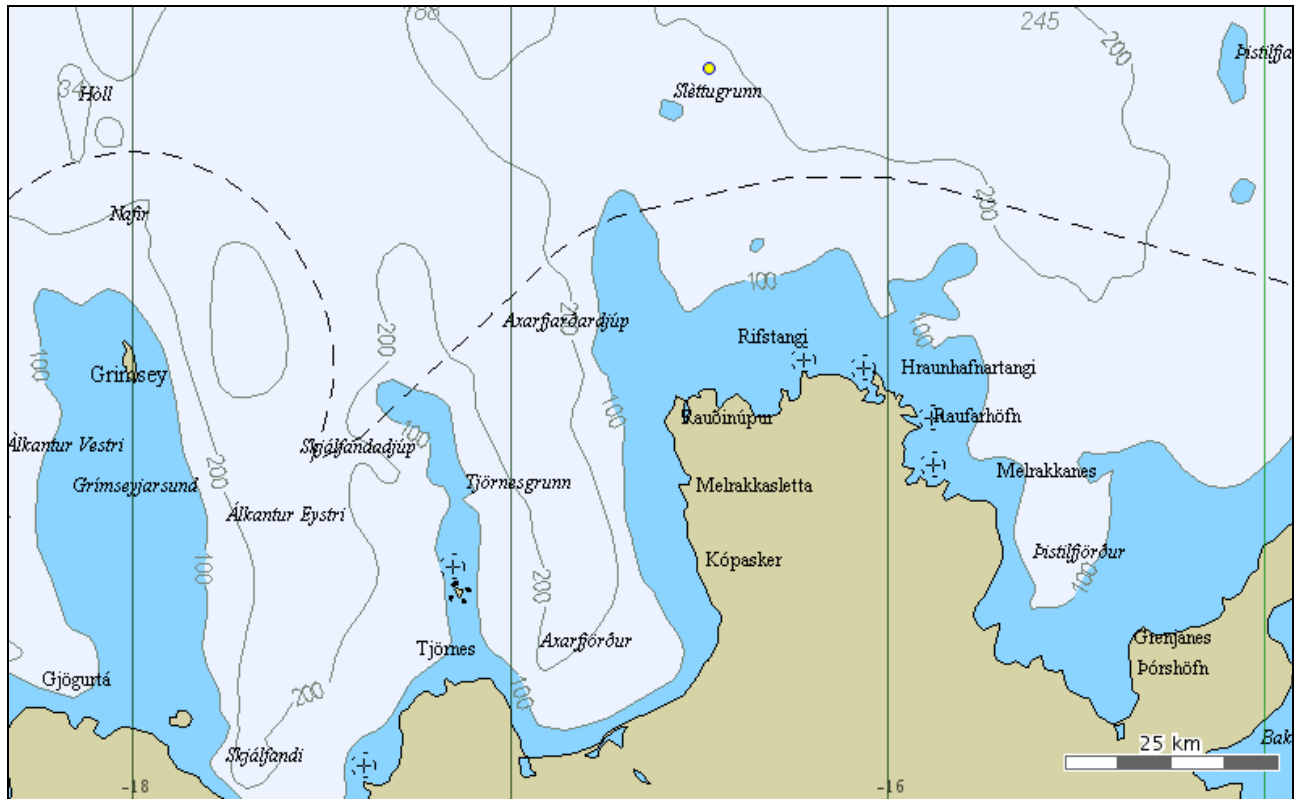


Þorskur 3. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það losnaði af fiskinum.



Þorskur 4. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það hóf að senda gögn, en 17 dögum fyrir hafði það losnað af fiskinum. Vegna þessa er staðsetning sjálf ekki dýrmætt viðmið líkt og staðsetningar merkja sem losna af fiski á fyrirfram skilgreindum tíma og senda því upplýsingar um staðsetningu sína um leið og þau koma upp í yfirborð.

Viðauki – Kort sem sýna hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni



Þorskur 5. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það losnaði af fiskinum.



Þorskur 6. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s. merkið var þegar það skilaði sér úr hval.

Viðauki – Kort sem sýna hvar gervitunglamerkin komu upp og nánasta nágrenni



Þorskur 7. Guli hringurinn auðkennir staðsetninguna þ.s.merkið var þegar það losnaði af fiskinum.

LAXFISKAR

Tölvupóstfang: johannes@laxfiskar.is

Laxfiskar ehf
Grandagarður 33
101 Reykjavík
Sími: 664 70 80
www.laxfiskar.is