

Umhverfiskannanir í Seyðisfirði og Álftafirði í Ísafjarðardjúpi haustið 2002 með tilliti til fiskeldis

Rapporttittel / Report title

Umhverfiskannanir í Seyðisfirði og Álftafirði í Ísafjarðardjúpi haustið 2002 með tilliti til fiskeldis

Forfatter(e) / Author(s)

Asle Guneriussen
Rune Palerud

Oversatt
Albert K. Imsland

Oppdragsgiver / Client
Hradfrystihusid-Gunnvør h/f,
Hnifsdalsbryggju 410 Hnifsdal, ISLAND

Akvaplan-niva rapport nr / report no:
APN-413.02.2422.1

Dato / Date:
30.04.2003

Antall sider / No. of pages
19

Distribusjon / Distribution
Begrenset/Restricted

Oppdragsg. ref. / Client ref.
Kristján G. Jóakimsson & Jón Örn Pálsson

Úrdráttur: Akvaplan-niva hefur framkvæmt umhverfis- og staðháttarrannsóknir í tveimur vestfirskum fjörðum, Seyðis- og Álftafirði, með tilliti til staðarvals fyrir þorskeldi. Skýrslan inniheldur niðurstöður botnfalls- og botndýrarrannsókna, auk sjó-, botngerðar-, og straummælinga. Markmiðið er að lýsa umhverfisháttum í fjörðunum og vinna allar nauðsynlegar umhverfisrannsóknir með tilliti til leyfisveitinga fyrir fiskeldi. Þess utan hefur verið framkvæmt DEPOMOD-líkan (dreifilíkan) í Álftafirði, auk fjarðarlíkans (FjordEnv 3.0) í Seyðisfirði. Eftirfarandi verður af stað með eldisframleiðslu á St.1 og St.4 og áfram verið með framleiðslu á St.3 ætti að fylgjast reglulega (hvert kynslóðarbil) með botnseti þar sem kannað er TOC, botndýr og súrefnisgildi undir kvíahyrpingum. Djúpsvæði fjarðarins ætti líka að vakta m.t.t. lágmarksgilda í súrefni.

Mælingar okkar gefa ekki tæmandi mynd af burðargetu móttökusvæðis/stöðva. Slíka mynd er einungis hægt að gefa í frekari rannsóknnum á völdum svæðum og miðað við framtíðar framleiðslu. Frá almennu umhverfissjónarmiði er móttökusvæðið hæft til fiskeldisframleiðslu í kvíum. Fyrir innan þröskuld við Langeyri hefur móttökusvæðið afar takmarkaða burðargetu.

Í Seyðisfirði benda okkar niðurstöður til að dýpi og botngerð fyrir innan fjarðarþröskuld henti til eldis í kvíum. Svæðið fyrir neðan þröskuldsdýpi (35 m dýpi) gæti nýst sem "botngildra" (sedimentfelle) fyrir lífræn efni. Fyrir utan þröskuldinn eru staðhættir einnig að mestu leyti hentugir fyrir eldi.

Emneord:

Island
Akvakultur-Torsk
Miljøundersøkelse

Key words:

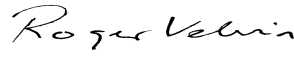
Iceland
Aquaculture – Cod
Environmental Study

Prosjektleder / Project manager



Asle Guneriussen

Kvalitetskontroll / Quality control



Roger Velvin

Efnisyfirlit

1	INNGANGUR	3
1.1	Markmið	3
1.2	Yfirlitsmynd.....	3
1.3	Almennt um fiskeldi og umhverfismál því tengdu	4
2	MÆLINGAR OG AÐFERÐAFRÆÐI.....	5
2.1	Almennt um aðferðafræðina	5
2.2	Botnmælingar	5
2.2.1	Efnagerð botnsets og stærðardreifing korna	5
2.2.2	Botndýrarannsóknir	6
2.2.3	Rannsóknir á botnagerð.....	6
2.2.4	Sjómælingar	7
2.3	DEPOMOD líkanið	8
2.3.1	Upphafsgildi	8
2.4	Fjarðarlíkan.....	9
2.4.1	Um líkanið	9
3	NÍÐURSTÖÐUR OG MAT Á BURÐARGETU.....	10
3.1	Álftafjörður	10
3.1.1	DEPOMOD. Fjarðarlíkan fyrir Álftafjörð St. 4	10
3.1.2	Samantekt – Álftafjörður	11
3.2	Seyðisfjörður.....	16
3.2.1	Samantekt - Seyðisfjörður	16

1 Inngangur

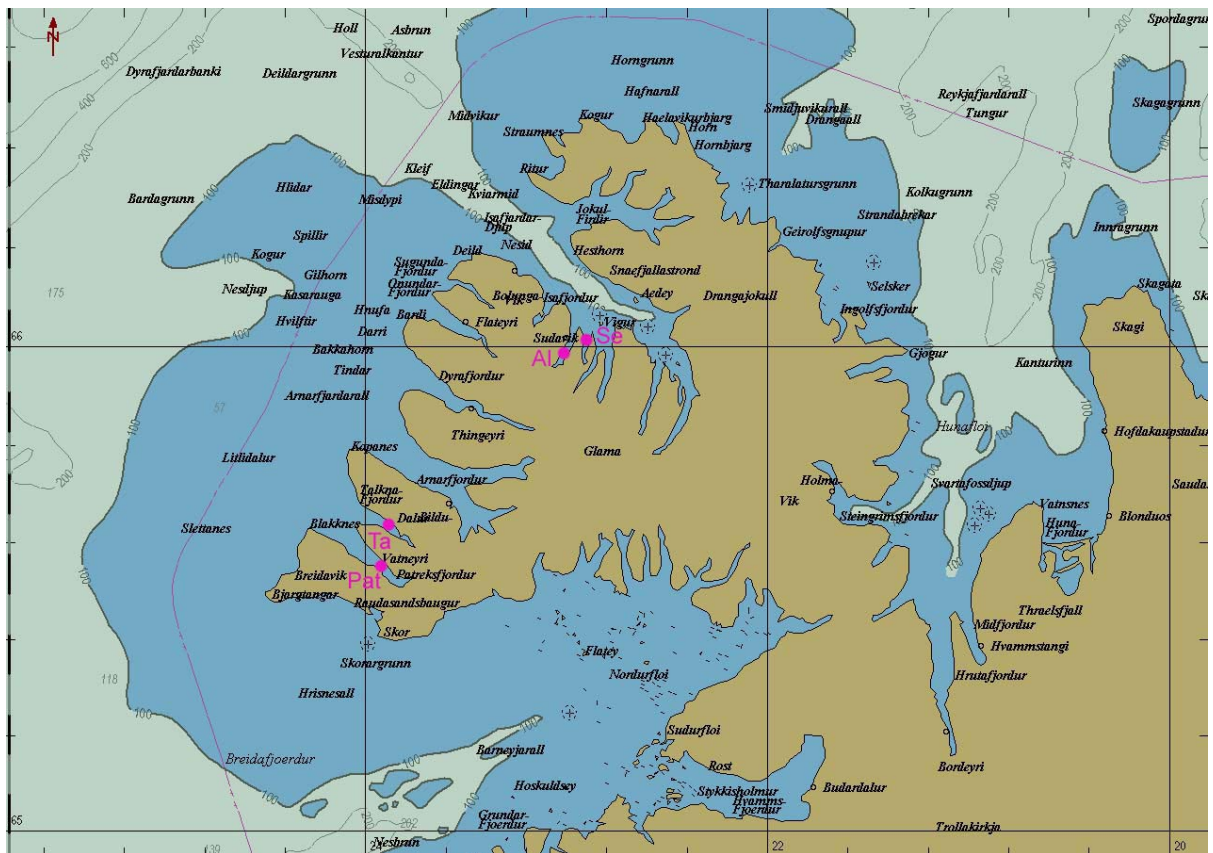
1.1 Markmið

Akvaplan-niva hefur að beiðni Hraðfrystihúsins-Gunnvarar hf, Þórsbergs hf og Odda hf framkvæmt umhverfissrannsóknir á fyrirhuguðum eldisstöðum í Álftafirði, Seyðisfirði, Patresksfirði og Tálknafirði (Mynd 1). Skýrsla þessi er útdráttur og sýnir samandregnar niðurstöður fyrir Patresksfjörð sem koma fram í lokaskýrslunni (Miljöunderskelsur av fire fjorder på Island med hensyn til oppdrett 2002. APN-413.02.2422).

Markmið rannsóknanna var að gera grein fyrir ástandi og hugsanlegum möguleikum fjarðanna með tilliti til uppbyggingu fiskeldis. Nokkrir fjarðanna eru þröskuldsfirðir. Hvort tiltekið svæði henti til fiskeldis er metið svæðisbundið fyrir hverja staðsetningu. Í hjálögðum rannsóknum hafa verið framkvæmdir burðargetuútreikningar fyrir Álftafjörð og Tálknafjörð og er þá miðað við heildarmóttöku lífræns efnis frá fiskeldisframleiðslu. Burðargetuútreikningar voru ekki framkvæmdir fyrir Seyðisfjörð og Patresksfjörð.

1.2 Yfirlitsmynd

Á mynd 1 má sjá yfirlitsmynd af hinu kannaða svæði og eru firðirnir fjórir merktir sérstaklega.



Mynd 1. Yfirlitsmynd: Seyðisfjörður (Se), Álftafjörður (Al), Tálknafjörður (Ta) og Patresksfjörður (Pat) þar sem áformað er að stunda fiskeldi.

1.3 Almennt um fiskeldi og umhverfismál því tengdu

Uppsöfnum lífræns efnis í botnseti er eitt af megin umhverfisvandamálum í fiskeldi. Megin uppsöfnunin er bundin við hraðsökvandi agnir t.d. fódurleifar og fiskiúrgangi (ekskrementer). Þegar saman fer ónógur straumur og vatnskipti geta agnirnar safnast saman við og undir fiskeldiskvíarnar og leitt til uppsöfnunar á lífrænu efni. Í slíku botnseti er súrefnisnotkunin mjög mikil sem síðan leiðir til súrefnisþurftar og myndunar á metangasi og/eða H_2S (vetnissúlfið). Útbreiðsla slíkra “slamsvæða” (leir/botnleðja) undir kvíunum er mjög breytileg. Oftast er hún mjög staðbundin, en getur í einstaka tilvikum teygst sig um allt fjarðarsvæðið. Við mjög slæmar aðstæður í þröskuldsfjörðum geta slík súrefnislaus svæði teygst anga sína allt að frá botni til yfirborðs og geta haft í för með sér mikinn fiskidauða. Að auki bendir ýmislegt til þess að það sé samhengi á milli magns lífræns álags (belastning) undir kvíum og minni vaxtar og aukinna sjúkdóma hjá eldisfiski. Staðbundin umhverfisáhrif ráðast af staðháttum eins og dýpi, botngerð, magni botnsets og sjávarstraumum, og samspili þessara þátta og stærð og gerð fiskeldisstöðvarinnar. Kjörstaðsetning og góður rekstur (drift) þar sem tekið er tillit til burðargetu og umhverfisáhrifa auka afrakstur eldisins og tryggja umhverfisvænan rekstur.

2 Mælingar og aðferðafræði

Rannsóknir voru framkvæmdar 13-16. október 2002 og samstóðu af:

- Kortlagningu botngerðar – ekkolodd, dGPS, forritað OLEX.
- Sjómælingar, lóðréttir prófilar – CTDO sonda.
- Straummælingar, mæling straumhraða og stefnu á 10 metra dýpi með 10 mínútna millibili – strauummælir af gerðinni Sensordata 6000.
- Botnsetsmælingar, TOC (totalt organísk karbon, heildarmagni lífræns kolefnis), TN (totalt nitrogen, heildarmagni nítrogens), kornstærðargreining, lýsingu á botnseti – Van Veen botngreip með rannsóknalokum.
- Botndýragreining – Van Veen botngreip með rannsóknalokum.

Staðsetning stöðva á hverju svæði og söfnunaraðferð er getið í lýsingu hvers svæðis fyrir sig.

Í ályktunarkaflanum notum við orðalagið “að gefnu rekstarfyrirkomulagi hentar staðsetningin fyrir fiskeldi”. Þessi skilgreining tekur tillit til stærðar á lífmassa, fódunarmagni, kvíagerð/stærð kvía, stefnu og gerð kvíapyrpingar með tilliti til meginstraumstefnu, lægi kvíapyrpingar með tilliti til vinda og úthafsöldu.

2.1 Almennt um aðferðafræðina

1. Botnmælingar – efnagerð botnsets, tegund botnsets, dreifing kornastærða, botndýr og botngerð.
2. Sjómælingar – strauummælingar, hiti, selta, þéttni, og súrefni.

Staðsetning stöðva á hverju svæði og söfnunaraðferð er getið í lýsingu hvers svæðis fyrir sig

2.2 Botnmælingar

Rannsóknir á botni samanstóðu af þremur meginþáttum:

1. Botnsetsrannsóknir (efnagerð botnsets, stærðardreifni korngerða, og sjónrænt mat)
2. Magngreining (semikvantitative) botndýra.
3. Botngerðarrannsóknir.

2.2.1 Efnagerð botnsets og stærðardreifing korna

Með aðstoð van Veen botngreipar (0.1 m^2) voru tekin botnsetssýni á hverri stöð hinna væntanlegu framleiðslustaða. Setið var fryst þar til að greining á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og heildarmagni nítrogens (TN) átti sér stað. TOC var greint með aðstoð Leco IR CARBON SYSTEM. Setið var flokkað samkvæmt stöðlum frá SFT (Statens forurensingstilsyn, Heilbrigðiseftirlit norska ríkisins) um umhverfisflokkun (Molvær *et al.* 1997).

Í kornstærðargreiningu voru agnir á bilinu frá 0,0005 til 2,0 mm greindar. Sýnin voru greind í grófa (> 0,063 mm) og smáa (< 0,063 mm) deildir með aðstoð votsigtis og hlutfall stærðanna tilgreint.

Að auki voru framkvæmdar lýsingar á botnseti við sjálfa sýnatökuna:

- Samsetning botnsets (“aðgengi”, beskaffenhet)
- Litur
- Þykkt á lífrænu lagi (ef til staðar)
- Sjáanleg botndýr
- Bakteríugróður/fiskiúrgangur (skítur)/fóðurleifar/gasbólur.
- Lykt.

2.2.2 Botndýrarannsóknir

Fullkomin magngreining botndýra er oft of umfangsmikil og ónauðsynleg til að greina áhrif frá fiskeldi. Semi-magngreining (semikvantitativ) botndýra sem tekur til greiningar á tegundum og meginhópum botndýra í seti er í mörgum tilfellum nægjanleg til að greina útbreiðslu áhrifasvæðis (Rutt & Pickering 1993).

Tekin voru þrjú sýni með van Venn botngreip við kvíar og aðeins frá kvíum á þeim stað er eldi er stundað núna. Á fyrirhuguðum eldisstæðum voru tekin botnsýni á hverjum stað. Að auki voru teknir slembiprufur til að ganga úr skugga um einsleitni botngerðar. Botnsýni voru saktuð gegnum 1 mm sigti og grófflokuð á rannsóknastofu af sérfræðingi sem einnig greindi dýrategundir og/eða megin dýraflokka. Magn dýra í hverri flokkunareiningu (taxa) var vegið og sett í magnflokka sem “mjög algengt” (svært hyppig), “algengt” (hyppig), “fá” (få) eða “finnst” (tilstede) og er þá miðað við væntanlegt algengi á hverri flokkunareingu. Þessir magnflokkunarlistar voru síðan notaðir til að meta dýralíf á hverjum stað fyrir sig. Í skýrslunni er sérstakur gaumur gefinn þeim dýrategundum sem nota má sem vísitægi (indikatorart) fyrir lífrænt álag í umhverfinu. Flokkun botnstands var metið út frá fjölda og samsetningu tegunda í samræmi við NS – 940 sem er samræmdur norskur staðall fyrir umhverfissvöktun vegna eldis í sjó (Norsk Standard for miljøovervåking av marine opprettsanlegg).

2.2.3 Rannsóknir á botngerð

Til að fá nákvæmar upplýsingar um dýpi og dýptarprófila á hverjum stað var botninn kortlagður með aðstoð Olex (www.olex.no) sem sjálfkrafa mælir og kortleggur hafsbótinn með aðstoð bergmálsdýptarmælinga og GPS. Gerð hafbotnsins er reiknuð á milli bergmálsskota með aðstoð sérþróaðrar stærðfræði og kort af botni er síðan sett saman við hefbundið hnitakort. Þetta gefur þrívíddarkort af botninum. Þessi þrívíddarmynd er síðan uppfærð stöðugt á meðan siglingu bátsins stendur.

Áhersla var lögð á búa til botngerðarkort í hæðsta gæðaflokki. Notuð voru bergmálsdýptartæki af gerðinni Furuno FCV-600L og GPS af gerðinni Furuno GP-31. Botngerðarmælingin þarfnast ekki neinnar kvörðunar og kerfið er hannað til að geta átt við og reiknað út frá miklu magni uppsafnaðra gagna.

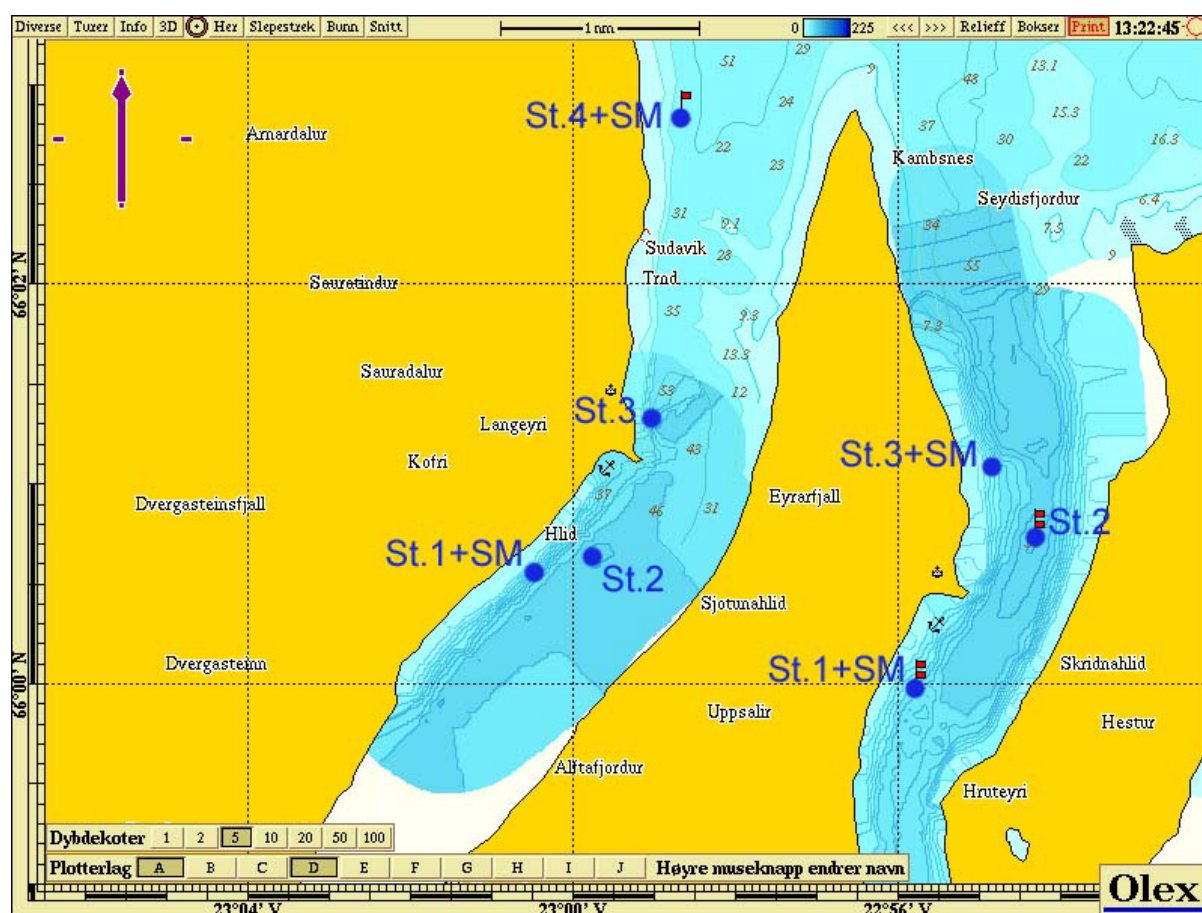
2.2.4 Sjómælingar

2.2.4.1 Straummælingar

Straumar voru mældir á kvíardýpi (10 m) á öllum stöðvum. Notast var við straummæla af gerðinni “SENSORDATA SD6000 mini current meter”. Mælarnir voru fyrirfram forritaðir til að mæla og skrá straumhraða og straumstefnu á 10 mín fresti. Mælarnir mældu í u.þ.b. 14 daga á tímabilinu október/nóvember 2002.

2.2.4.2 Hiti, selta og súrefni

Til mælinga á hita, seltu og súrefni á stöðvunum var notuð fyrirfram forrituð rafræn CTDO sonda (Sensordata). Hún skráir hita, seltu og súrefnisstyrk á þriggja sekúndna fresti á meðan að sondinni er slakað rólega fra yfirborði til botns. Þetta gefur 2-3 mælingar á hvern meter og gefur því lóðréttu sjómælingarprófila og gefur færi á að meta hvort um lagskiptingu (sprangsjikt) sjógerða sé að ræða og/eða hvort súrefni sé í kritisku lágmarki.



Mynd 2. Yfirlit yfir Álftafjörð og Seyðisfjörð með botnsýnastöðum St. 1.-4. (1.-3. Seiðisf.) og staðsetningu straummæla (SM) í báðum fjörðum.

2.3 DEPOMOD líkanið

DEPOMOD gagnalíkanið líkir eftir dreifingu, niðurfalli og seti fóðurleifa og fiskúrgangs frá fiskeldiskvíum (Cromey et al 2000a, 2002). Líkanið er notað til burðargetuútreikninga á hugsanlegum fiskeldisstöðum

DEPOMOD var upphaflega þróað og og reynt við fiskeldisstöðvar í Skotlandi. Líkanið hefur á síðustu árum verið notað til að meta fjölda hugsanlegra fiskeldisstaðsetninga í Noregi og Færeyjum (Sundfjord 2002, Guneriusson et al 2000). DEPOMOD byggir á agnardreifingarlíkani Lagransk, þar sem fjöldi agna dreifist frá hverri kví á ákveðnu tímabili. Hverri ögn er gefin sökk tími miðað við dæmigera stærðar- og þyngdardreifingu sem fengin er frá raunmælingum. Flutningi agnanna er síðan fylgt og kannað hvernig straumur, flæði (tilviljunktur dreifing á litlu svæði) og sökk hefur áhrif á dreifingu agna. Með því að nota straummælingar frá ákveðnu tímabili og ólíku dýpi getur líkanið sagt fyrir um hversu mikið af lífrænu efni safnast saman undir og við kvíarnar.

Sérstakur hluti líkansins reiknar út áhrif botnstraums. Ögn sem hefur fallið til botns í rólegum straumi getur þyrlast upp aftur (resuspenderes) í kröfugri straumi. Í DEPOMOD eru mörkin á seti látin vera 4,5 cm/s og mörk þyrlunar látin vera 9,5 cm/s (Cromey et al 2000b). Á stöðvum með miklum botnstraumi getur þyrlun valdið því að lífrænn úrgangur frá eldiskvíum dreifist yfir stærra svæði.

Eftir að líkanið hefur reiknað út magn lífræns efnis á hvern fermeter botnsins getur líkanið sagt fyrir um áhrif hins lífræna álags á samfélag botndýra. Aukning lífrænna efna í botnseti getur leitt til betri vaxtarskilyrða botndýra og þess að fjöldi einstaklinga eykst. Verði hið lífræna álag of mikið leiðir það til að einstaka tegundir hverfa og aðrar tegundir yfirgnæfa í fjölda. Í versta falli eyðilegst samfélag botndýra.

Umreikningur á áhrifum á magni lífræns efnis í botnseti á botndýrasamfélag byggir á raungögnum frá Skotlandi þar sem líkanið var þróað. Hins vegar ber þess að geta að munur er á staðháttum og dýralífi í skoskum og íslenskum fjörðum og því var hermilíkanið ekki notað til að reikna út viðbrögð botndýra í þessu verkefni.

2.3.1 Upphafsgildi

2.3.1.1 Botngerð, straumur og stærð líkanasvæðis

Botngerðargögn fyrir líkan eru unnin með aðstoð Olex dýptarkorts (www.olex.no) fyrir svæðið auk bergmálmælinga í Patreksfirði og Tálknafirði sumarið 2002. Dýpi er sett inn í 20 x 20 hnit þar sem hvert hnit er 50 x 50 m í láréttu plani. Svæðið sem líkanið nær yfir á hverju svæði er því 1000 x 1000 m. Þessi dýptargögn voru síðan smækkuð niður í hnit af stærðinni 25 x 25 m til að bæta lárétta upplausn.

Straummælingar er hluti af svæðisrannsóknunum árið 2002. Straumur var mældur á 10 m dýpi á hverjum stað og við höfum kosið að nýta þessi gögn sem raungögn fyrir hvert svæði. Mælingarnar voru framkvæmdar á 14 daga tímabili og ná því yfir hálf sjávarfallatímabil. Í líkaninu eru framkvæmdir útreikningar fyrir tvö straummælingatímabil til að ganga úr skugga um að tilviljunktur dreifing agna séu gerð góð skil. Staummælarnir mældu straum á 10 mín fresti en í DEPOMOD er mælt með að nota meðalgildisgögn fyrir hverja klukkustund og var það gert í þessu tilviki.

2.3.1.2 Kvíapyrping og fóðurgögn

Útreikningar voru framkvæmdir fyrir kvíapyrpingu þar sem hver kví er hringlaga 80 m að umfangi og 15 m djúp. Fyrir Patreksfjörð og Tálknafjörð voru útreikningar miðaðir við 800 tonna framleiðslu á hverjum stað á ári og miðað við fóðurstuðul 1,0. Framleiðslan er miðuð við 4 kvíar í röð í einni þyrpingu. Í Álftafirði var miðað við 1600 tonna ársframleiðslu og þá í 8 kvíum í tveimur röðum hlið við hlið. Okkar útreikningar miðast við 550 kg fóðurnotkun á hverja kvía á sólarhring sem dæmigert gildi fyrir þaueldi af þessari stærðargráðu.

Miðað er við staðlaðar líkanabreytur fyrir samsetningu fóðurs (vatns- og kolefnisinnihald o.s.frv.), fóðurleifa og magni úrgangs frá fiskinum. Sökkhraði fóðurleifa og fiskúrgangs er metin með aðstoð normaldreifingar, þar sem miðað er við raungögn. Notuð voru staðalgildi uppá 0,1 og 0,001 m²/s fyrir lárétt og lóðrétt flæði (diffusjonskoeffisient). Til að líkja eftir dreifingu agnanna er miðað er við að 1000 agnir á hverja tímaeiningu (60 sek) komi frá framleiðslustaðnum.

2.4 Fjarðarlíkan

2.4.1 Um líkanið

Talnalíkanið FjordEnv 3.0 er þróað af Anders Stigebrandt (Ancylus AB) í samstarfi við m.a. NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning, Norska Vatnsrannsóknastofnunin). Líkanið er gert til að meta umhverfisáhrif í fjörðum þegar lífrænt efni bætist í fjarðarkerfið, bæði frá hendi náttúrunnar (ár), af manna völdum (iðnaði og byggð) og frá fiskeldisstöðvum. Við þróun á fyrstu útgáfu á FjordEnv var notast við niðurstöður fjarðarannsóknna á Mæri og Romsdal í vestur Noregi (Aure og Stigebrandt 1989). Líkanið hefur síðan verið þróað og bætt við gögnum frá öðrum fjarðarsvæðum (Stigebrandt 2001).

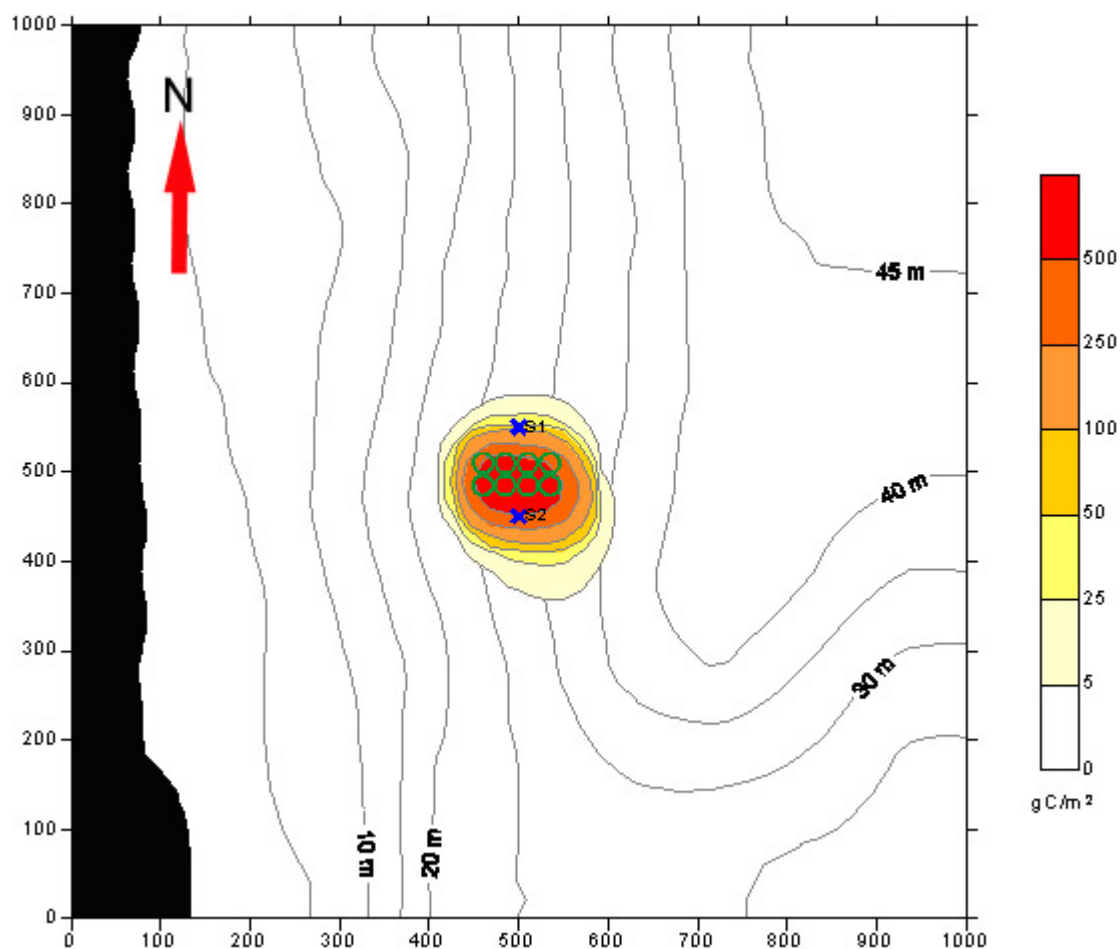
Fjarðarumhverfislíkanið er svokallað “blokklíkan” sem reiknar út meðalgildi fyrir allt fjarðarsvæðið innan fjarðarþröskulds svo sem; flæði sjávar yfir þröskuld, sökk lífrænna agna, súrefnisnotkun við niðurbrot lífræns efnis og skiptitíma fyrir “djúpsjó” fjarðarins (þ.e. hversu lengi er þessi sjór innan fjarðarkerfisins). Það eru breytingar á meðalgildum sem kannaðar eru. Líkanið getur ekki sagt fyrir um svæði eða tíma þegar um er að ræða mjög léleg skilyrði til eldis. Líta verður því á líkanið sem verkfæri til að meta hlutfallslegar breytingar miðað við ákveðna tilfærslu á lífrænu efni til fjarðarins.

3 Niðurstöður og mat á burðargetu

3.1 Álftafjörður

3.1.1 DEPOMOD. Fjarðarlíkan fyrir Álftafjörð St. 4

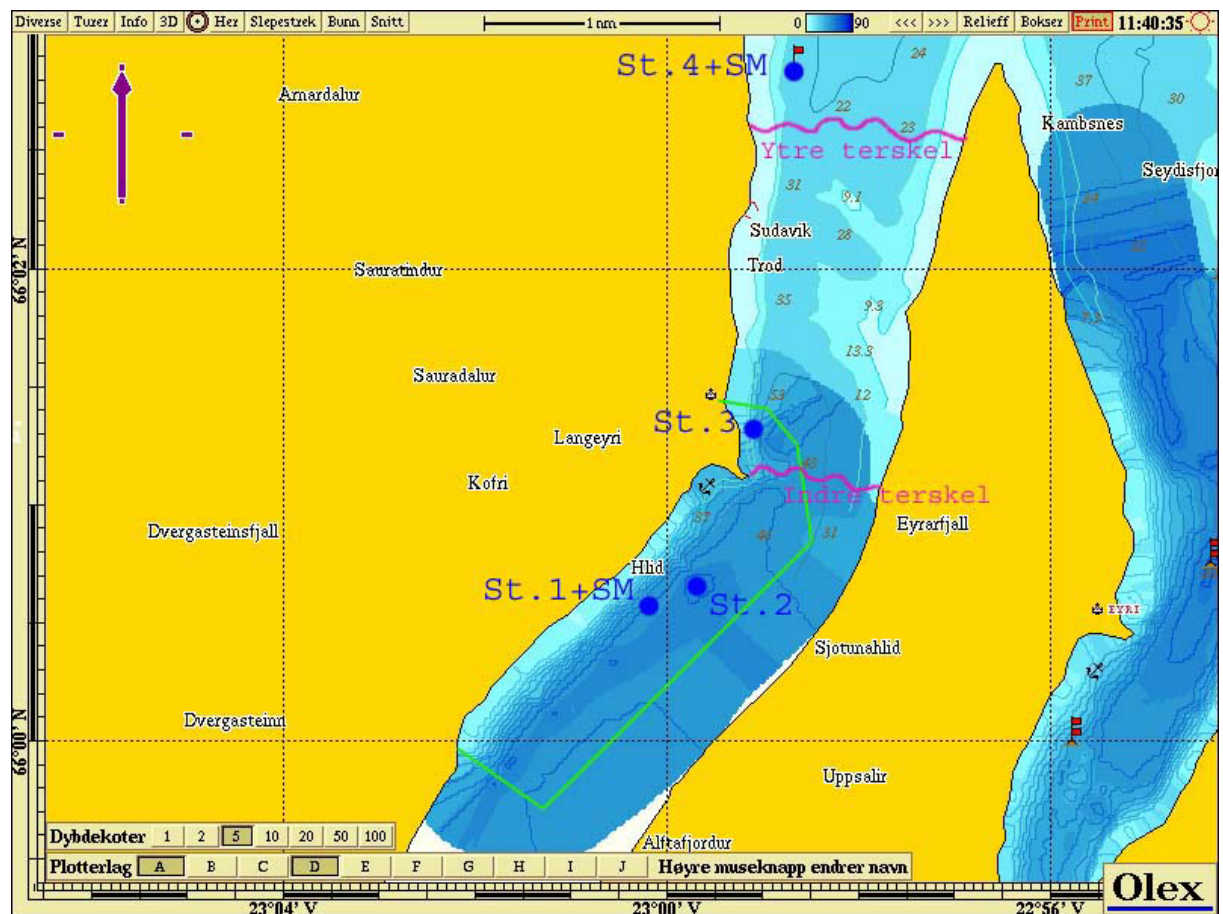
Gert var líkan fyrir fiskeldiskvíaþyrpingu átta kvía í tveimur röðum eins og sýnt er í Mynd 3.



Mynd 3. Setlægt kolefni í g/m^2 í Álftafirði (St. 3).

Vegna ráðandi staumstefnu til suðurs verður uppsafnað set miklu meira sunnan við kvíaþyrpinguna samanborið við norðurhliðina. Undir syðri hluta kvíaþyrpingarinnar mun, samkvæmt líkaninu, safnast yfir 12,5 kg kolefni á hvern m^2 á ári. Á svæði sem er yfir 10 000 m^2 að stærð mun safnast 2,5 kgC/m^2 árlega, á 17000 m^2 svæði mun botnset nema 1,0 kgC/m^2 á ári og á u.þ.b. 30 000 m^2 svæði er magn kolenfissöfnunar í botnseti yfir 100 gC/m^2 á ári.

3.1.2 Samantekt – Álftafjörður



Mynd 4. Botngerðarkort fyrir Álftafjörð með botnsýnastöðum St. 1-4. og staðsetningu straummæla (SM) á St. 1 og St. 4.

Niðurstöður rannsókna í Álftafirði eru á þessa leið:

- Dýpi og botngerð fyrir innan ytri þröskuld og sérstaklega fyrir innan innri þröskuld fjarðarins hentar til eldis í kvíum. Svæðið fyrir neðan þröskuldsdýpi (30 – 35 m dýpi) ytri þröskulds gæti virkað sem “botngildra” (sedimentfelle) fyrir lífræn efni. Fyrir utan þröskuldinn eru staðhættir nokkuð breytilegir, en að mestu leyti hentugir fyrir eldi og án botnhryggja eða botnsökva, mishæða eða lægða (forsenkningar) sem gætu leitt til uppsöfnunar á lífrænu efni frá fiskeldi. Fyrir innan innri þröskuld er svæðið fyrir neðan þröskuldsdýpi (35 – 40 m dýpi) botngildra fyrir lífræn efni.
- Fyrir innan innri þröskuld (Mynd 4) er lítill straumur og lág súrefnismettun í botnsjó fjarðarins. Straumgerðin er metin sem lítið hentug fyrir fiskeldi. Aðalstraumstefna fyrir utan þröskuldinn kemur að vestanverðu inn fjörðinn og snýr til austurs fyrir innan innri þröskuld og þaðan til norðurs út fjörðinn að austanverðu. Straumhraði og almenn straummynd er betri fyrir utan (St. 4) fjarðarþröskulda samanborið við innan (St. 1).
- Botnset á könnuðu svæðum fjarðarins samanstendur af nokkuð fingerðum dökkum ólífugrænum sandi. Fyrir utan ytri þröskuld er setið nokkuð grófara og ljósara (St.4). Botnsetið er svart á yfirborðinu (u.þ.b. 1 cm) og það lyktar af

úrgangi ("fekalie") á St.3, en að öðru leyti er ekki óeðlileg lykt af seti frá hinum stöðvunum. Tiltölulega hátt innihald af finu botnseti (32-92%, < 0.063 mm) bendir til lágs eða meðalstraumhraða við botn.

- Hið svarta lag í botnseti á St.3 við eldiskvíar bendir til lífræns álags, magn lífræns kolvetnis (TOC) er, hins vegar, ekki aukið á stöðinni. Það fannst sýnileg lífrænt álag í botnseti innan innri þröskuldar í formi svertu neðar í botnseti (St.1 og 2). Magn lífræns kolvetnis (TOC) í yfirborði er aukið á þessum stöðvum. TOC er tiltölulega lágt við kvíar utar ytri þröskulds og utar í firðinum (St.4). Það fundust ekki vísitögundir um lífræna mengun í botndýrasamfélagi við kvíar eða á St.4.

Mat á stöðvunum:

St.1: Aðalströmstefna er mót austri og hraði er miðlungs ("moderat"). Súrefnismettun fer niður í 70% á botni við stöðina (St.1) og u.þ.b. 55% á botni á djúpsvæði fjarðarins við St.2 u.þ.b. 500 frá St.1. Botnset inniheldur mikið magn fínsets. Þetta bendir til lítils straumhraða við botn. Magn lífræns kolvetnis í yfirborði botnsets er aukið (flokkur III: Sæmileg/ekki góð, "tilstandsklasse III: Mindre god).

Ef stöðin er metin með hliðsjón af svipuðum stöðvum í Noregi er burðargetan metin sem lág til miðlungs. Framleiðsla á stöðinni mun verða nokkuð áhættusöm þar sem það er lág súrefnismettun við botn á móttökusvæði ("resipienten"). Aukin tilfærsla lífræns kolefnis getur leitt til súrefniskrítískra staðháttá á stöðinni. Við fiskeldisframleiðsla á stöðinni með t.d. fóðurnotkun uppá 800 tonn á ári og tveggja ára framleiðslutíma verður að gera ráð fyrir a.m.k. 12 mánaða hvíldartíma ("brakkleggingstíð") til að stöðin geti aftur náð sínu upphafsgildi.

Það voru ekki mæld súrefniskrítísk staðhættir á stöðinni (70%), en í djúpsvæði fjarðarins á St.2 u.þ.b. 500 m frá St.1 er súrefnismettun u.þ.b. 55% við botn þann 15.10.2002. Súrefnismettun undir 60% er álitin óhagstæð í sambandi við fiskeldisframleiðslu. Á þeim tíma sem mælingarnar voru framkvæmdar má reikna með því að finna lágmarksgildi súrefnis við botn ef lagskipting ("sprangsjikt") er ekki brotin niður. Það er þess vegna með nokkurri óvissu sem við metum okkar súrefnismælingar á botni sem lágmarksgildi fyrir fjörðin.

Í fjarðarlíkaninu (FjordEnv. 3.0) sýna útreikningar að álag frá frárennsli, byggð og rækjuframleiðslu mun minnka fræðilegt súrefnislágmark niður í u.þ.b. 4.5 ml/l. 75% af tilfærslu lífrænna efna vegna fiskeldis innan ytri þröskuldar er reiknað með að berist undir þröskuldsdýpi (25 m). 800 tonna framleiðsla á ári með fóðurstuðul uppá 1.0 mun leiða til minnkunar á súrefnisinnihaldi sem samsvarar u.þ.b. 0,8 ml/l. Þar með minnkar súrefnisinnihald frá 4,5 ml/l til 3,8 ml/l. Þetta svarar til 63% súrefnismettunar og flokkast sem nálægt súrefniskrítísku ástandi við fiskeldisstöð. Lífræn tilfærsla frá eldisframleiðslu á St.1 mun hafa neikvæð áhrif á súrefnismettun í bontsjó undir þröskuldsdýpi. Niðurstöður hermílikans samsvara vel við niðurstöður mælinga á svæðinu þó að alltaf sé einhver óvissa um að hermílikan sýni raunverulegar aðstæður fjarðar. Hinar tiltölulegu lágu TOC-gildi og hið tiltölulega fíngerða set á djúpsvæði bendir til lágs staumshraða við botn á svæðinu. Óvissan sem nefnd var að ofan með tilliti til burðargetu stöðvarinnar gerir það að verkum að við viljum vara við mikilli eldisframleiðslu innan innri þröskuldar ef ekki verði um frekari prófanir á móttökusvæði. Ef til eldisframleiðslu kemur innan þröskulds mælum við með a.m.k. mánaðarlegum súrefnismælingum á stöðinni og í djúpsjó móttökusvæðis (St.2).

Ef farið verður að stað með 800 tonna framleiðslu á ári án lengri hvíldartíma en 10 mánuðir verður að taka tillit til eftirfarandi takmarkandi þátta:

1. Framleiðslan ætti að vera í einfaldri (ekki tvöfaldri) kvíaþyrpingu með að lágmarki eitt kvíaþvermál á milli kvía.
2. Það ætti ekki að vera fleiri en 4 kvíar í hverri röð þar til burðargeta stöðvarinnar/móttökusvæðis er könnuð nánar.
3. Enginn hluti kvíaþyrpingarinnar ætti að vera yfir meira dýpi en 30 m til að forðast svæði með lágri súrefnismettun.

Á stöðinni St.1 ætti kvíaþyrping að liggja í norður – suður átt þannig að hún liggi þvert á aðalstraumstefnu. Með því mætti forðast ”straumskugga” á öftustu kvíunum og leiða til betri dreifingar á lífræni efni frá þyrpingunni. Stöðin er í meðallagi opin fyrir vind og öldu frá norðaustri og suðri.

St.3: Það er framleiðsla á stöðinni. Það var ekki mældur straumur á stöðinni. Stöðin liggur í réttri línu við og í sömu hlið fjörðarins og St.4. Við metum það því þannig að niðurstöður straummælinga frá St.4 megi einnig nota við mat á St.3. Niðurstöður mælinga sýna greinilega straumstefnu inn fjörðin og er straumhraði metinn sem ”í lagi”. Súrefnismettun er í góðu lagi frá yfirborði og niður til botns. Botnsetið inniheldur minna magn fínsets samanborið við hinar stöðvarnar. Þetta bendir til miðlungs straumhraða við botn á St.3. Staðsetningin við þröskuld og við oddann hjá Langeyri getur verið hagstæð þar sem þröskuldur og oddi í sameiningu leiða að jafnaði til aukins straums. Magn lífræns kolefnis (TOC) í yfirborði er lítið (flokkur I: Mjög gott) þá að sést hafi sverting í yfirborði sets.

Það fundust ekki óvanlegt magn af vísitögundum um lífræna mengun eða annað sem bendir til álagseinkenna á botndýrasamfélag.

Súrefniskrítisk metnunargildi í botnsjó innan þröskulds við Langeyri (St.2) mældist þann 15.10.2002. Í hermílikani (FjordEnv 3.0) sýna útreikningar að lífrænt álag vegna frárennslis, byggðar og rækjuframleiðslu muni minnka fræðilegt súrefnislágmark í u.þ.b. 4,5 ml/l við botn. 75% af tilfærslu lífrænna efna vegna fiskeldis innan ytri þröskuldar er reiknað með að berist undir þröskuldsdýpi (25 m). Frá framleiðslu uppá 800 tonn/ári á St.1 og 800 tonn/ári á St.3, samanlagt 1600 tonn/ári, mun tilfærsla lífrænna efna leiða til lækkunar á súrefnisinnihaldi uppá u.þ.b. 1,5 ml/l. Þar með minnkar súrefnisinnihald frá 4,5 til 3,0 ml/l. Þetta samsvarar 50% súrefnismettun. Þetta er metið sem súrefniskrítisk ástand við eldisþyrpingu (<60%) þó svo að það sé einhver óvissa um hversu vel hermílikanið líki eftir raunaðstæðum.

Það eru tiltölulega lág TOC-gildi á St.3. Við viljum, hins vegar, benda á að það er ágæt svörun á milli niðurstaðna súrefnismælinga sem sýna lága súrefnismettun á djúpsvæði og hermílikans sem sýnir súrefniskrítískt ástand í botnsjó miðað við 1600 tonn/ári framleiðslu innan ytri þröskulds.

Ofangreind óvissa með tilliti til burðargetu stöðvarinnar leiðir til þess að við viljum vara við mikilli eldisframleiðslu innan ytri þröskulds og þá sérstaklega innan innri þröskulds fyrr en frekari reynsla/mælingar er komin á móttökusvæði. Ef til eldisframleiðslu kemur innan ytri þröskulds mælum við með mánaðarlegum súrefnismælingum á stöðinni og í djúpsjó móttökusvæðis (St.2).

Við eldisframleiðsla á stöðinni með fódurnotkun á 800 tonn/ári og tveggja ára framleiðslutíma má gera ráð fyrir að lágmarki 6 mánaða hvíldartíma til að stöðin nái upphafsástandi.

Ef skipulagt er eldi > 800 tonn á ári án lengri hvíldartíma en 6 mánuðir munu eftirfarandi takmarkanir gilda:

1. Framleiðslan getur átt sér stað í tvöfaldri kvíaþyrpingu með að lágmarki eitt kvíaþvermál á milli kvía og að lágmarki 3 kvíaþvermál á milli raða.
2. Það er hægt að nota fleiri en 4 kvíar í hverri röð.

Kvíaþyrping á stöð St.3 ætti að liggja í norðaustur – suðvestur átt

Á stöðinni St.3 ætti kvíaþyrping að liggja í norðaustur – suðvestur átt þannig að hún liggja þvert á aðalstraumstefnu. Með því mætti forðast ”straumskugga” á öftustu kvíunum og leiða til betri dreifingar á lífræni efni frá þyrpingunni. Stöðin er í meðallagi opin fyrir vindi og öldu frá norðri og norðaustri. Taka verður sérstaklega tillit til þessara þátta þegar kvíaþyrping verður skipulögð á stöðinni.

St.4: Stöðin hefur skýra straumstefnu inn fjörðinn með fullnægjandi straumhraða. Súrefnismettun er fullnægjandi fra yfirborði til botns. Botnset er með tiltölulega miklu innihaldi fínkorna agna. Þetta bendir til lágs straumhraða við botn. Magn lífræns kolefnis (TOC) í yfirborði er lítið (flokkur I: mjög gott). Vísitengundir fyrir lífræna mengun fundust ekki í botndýrasamfélagi.

Útreikningar í fjarðarlíkaninu (DEPOMOD) fyrir 1600 tonna framleiðsla á ári með fódurstuðul uppá 1.0 og í kvíaþyrpingu 8 kvía (hver 80 m að ummáli) sýna að undir syðstu kvíaröðinni mun safnast fyrir 12,5 kg/m² kolvetni á ári. Lífræn tilfærsla frá eldisframleiðslu á St.4 mun ekki hafa neikvæð áhrif á súrefnismettun í bontsjó undir þröskuldskýpi þar sem stöðin er fyrir utan ytri þröskuld á móttökusvæði.

Ef stöðin er metin með hliðsjón af svipuðum stöðvum í Noregi er burðargetan metin sem miðlungs til góð. Við fiskeldisframleiðslu á stöðinni með t.d. fódurnotkun uppá 1600 tonn á ári og tveggja ára framleiðslutíma verður að gera ráð fyrir a.m.k. 8 mánaða hvíldartíma (”brakkleggingstíð”) til að stöðin geti aftur náð sínu upphafsgildi.

Hermilíkanið var keyrt miðað við tvær kvíaraðir þar sem kvíarnar liggja þétt nálægt hver annari. Þetta hefur í för með sér frekar mikið staðbundið álag (”punktbelasting”) undir kvíunum (12,5 kg kolefni m² ári).

Ef farið verður að stað með 1600 tonna framleiðslu á ári án lengri hvíldartíma en 8 mánuðir mælum við með að tekið sé tillit til eftirfarandi takmarkandi þátta:

1. Framleiðslan getur verið í tvöfaldri kvíaþyrpingu með að lágmarki eitt kvíaþvermál á milli kvía. Það ættu að vera a.m.k. 3 kvíaþvermál á milli kvíaraða.
2. Hægt er að hafa fleiri en 4 kvíar í hverri kvíaröð.

Á stöðinni St.4 ætti kvíaþyrping að liggja í norður/norðaustur átt þannig að hún liggja þvert á aðalstraumstefnu. Með því mætti forðast ”straumskugga” á öftustu kvíunum og leiða til betri dreifingar á lífræni efni frá þyrpingunni. Stöðin er í töluvert opin fyrir vind og öldu frá norðri til austurs. Taka verður sérstaklega tillit til þessara þátta þegar kvíaþyrping verður skipulögð á stöðinni.

Almennt:

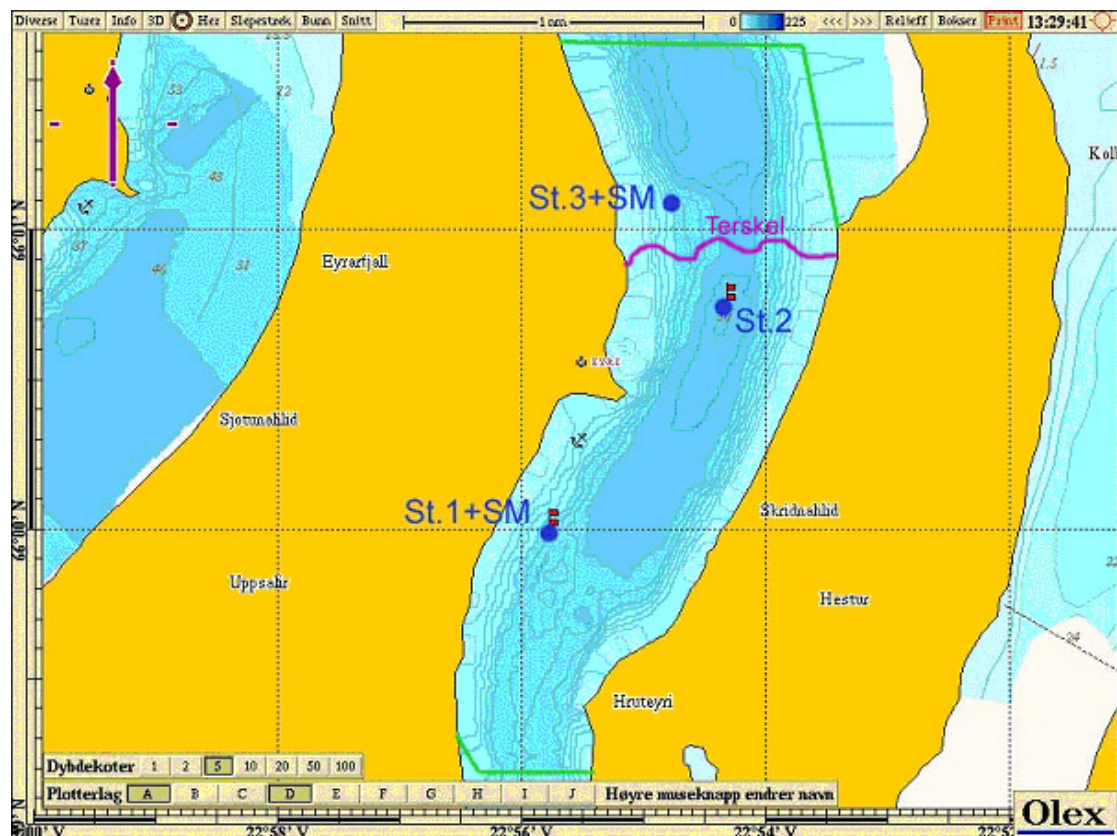
Ef farið verður af stað með eldisframleiðslu á St.1 og St.4 og áfram verið með framleiðslu á St.3 ætti að fylgjast reglulega (hvert kynslóðarbil) með botnseti þar sem kannað er TOC, botndýr og súrefnisgildi undir kvíaþyrpingum. Djúpsvæði fjarðarins ætti líka að vakta m.t.t. lágmarksgilda í súrefni.

Mælingar okkar gefa ekki tæmandi mynd af burðargetu móttökusvæðis/stöðva. Slíka mynd er einungis hægt að gefa í frekari rannsóknum á völdum svæðum og miðað við framtíðar framleiðslu. Frá almennu umhverfissjónarmiði er móttökusvæðið hæft til fiskeldisframleiðslu í kvíum. Fyrir innan þröskuld við Langeyri hefur móttökusvæðið afar takmarkaða burðargetu.

Í ályktunum notum við orðalagið ”hæft til fiskeldisframleiðslu”. Inni í þeirri skilgreiningu er lífmassi, fóðurtíðni/magn, kvíadýpi/stærð, staðsetning og val á kvíum miðað við aðalstraumstefnu og hversu opin kvíaþyrpingin er fyrir vindi og öldu osfrv.

3.2 Seyðisfjörður

3.2.1 Samantekt - Seyðisfjörður



Mynd 5. Botngerðarkort fyrir Seyðisfjörð með botnsýnastöðum St. 1.-3. og staðsetningu straummæla (SM) á St. 1 og St. 3.

Niðurstöður rannsókna í Seyðisfirði eru á þessa leið:

- Dýpi og botngerð fyrir innan fjarðarþröskulds hentar til eldis í kvíum. Svæðið fyrir neðan þröskuldsdýpi (35 m dýpi) innan þröskulds gæti nýst sem “botngildra” (sedimentfelle) fyrir lífræn efni. Fyrir utan þröskuldinn eru staðhættir að mestu leyti hentugir fyrir eldi og án botnhryggja eða mishæða (forsenkningar) sem gætu leitt til uppsöfnunar á lífrænu efni frá fiskeldi.
- Fyrir innan fjarðarþröskuld er lítill straumur og lág súrefnismettun í botnsjó fjarðarins. Straumgerðin er metin sem lítið hentug fyrir fiskeldi. Aðalstraumstefna fyrir utan þröskuldinn kemur að vestanverðu inn fjörðinn. Straumhraði og almenn straummynd sýnir að svæðið gæti hentað til fiskeldis (“brukbare forhold”).
- Botnset á könnuðu svæðum fjarðarins samanstendur af nokkuð fingerðum dökku ólífugrænum sandi. Á þröskulds svæði er setið nokkuð grófara. Það er ekki óeðlileg lykt af seti frá neinum af sýnistöðvunum. Tiltölulega hátt innihald af fínu botnseti (< 0.063 mm) innan þröskulds og á djúpsvæði bendir til lágs eða meðalstraumhraða við botn á þessum svæðum.

- Vísbindingar um lífrænt álag fannst í formi svart lags í botnseti. Magn lífræns kolvetnis (TOC) í botnsetsyfirborði er tiltölulega lágt innan þröskulds og á djúpsvæði fjarðarins. Botndýrasamfélagið á sýnatökustöðum (St.1 og St.2) innan þröskulds norðan við Eyri bendir til meira lífræns álags og minni botnstraums samanborið við St.3 fyrir utan þröskuld. Hlutfall kolefnis og niturs (C/N) er lágt á öllum stöðvum. Þetta gæti bent til tilfærslu á lífrænu nitri sérstaklega innan þröskulds.

Mat á stöðvunum:

St.1: Straumstefna er nokkuð óljós, en aðallega til vestur og austur með frekar litlum straumhraða. Súrefnismettun var frá 100% (yfirborð til botns á St.1) og niður í 40% við botn á djúpsvæði fjarðarins við St.2 u.þ.b. 1500 frá St.1.

Súrefnismettun undir 60% er álitin óhagstæð í sambandi við fiskeldisframleiðslu. Botnset inniheldur mikið magn fínsets. Þetta bendir til lágs straumhraða við botn. Magn lífræns kolvetnis (TOC) í yfirborði botnsets er lítið (flokkur II: gott).

Það fundust vísitögundir um lífræna mengun í botnseti. Ef stöðin er metin með hliðsjón af svipuðum stöðvum í Noregi er burðargetan metin sem lág til miðlungs. Framleiðsla á stöðinni mun verða nokkuð áhættusöm þar sem það er lág súrefnismettun við botn á djúpsvæði. Aukin tilfærsla lífræns kolefnis getur leitt til súrefniskrítiskra staðháttá á stöðinni. Hin lági straumhraði á stöðinni mun að öllum líkindum leiða til lélegrar dreifingar á lífrænum ögnum frá mögulegri fiskeldisframleiðslu. Það mun leiða til uppsöfnunar á lífrænu efni undir kvíum á stöðinni. Við fiskeldisframleiðsla á stöðinni með t.d. fóðurnotkun uppá 800 tonn á ári og tveggja ára framleiðslutíma verður að gera ráð fyrir a.m.k. 12 mánaða hvíldartíma ("brakkleggingstíð") til að stöðin geti aftur náð sínu upphafsgildi.

Ef farið verður að stað með stærri framleiðslu en 800 tonna framleiðslu á ári án lengri hvíldartíma en 12 mánuðir verður að taka tillit til eftirfarandi takmarkandi þátta:

1. Framleiðslan ætti að vera í einfaldri (ekki tvöfaldri) kvíaþyrpingu með að lágmarki eitt kvíaþvermál á milli kvía.
2. Það ætti ekki að vera fleiri en 4 kvíar í hverri kvíaröð. Enginn hluti kvíaþyrpingarinnar ætti að vera yfir meira dýpi en 30 - 40 m til að forðast svæði með lágri súrefnismettun.
3. Það er hægt að framleiða í fleiri samhliða kvíaröðum, en lágmarksfjarlægð á milli raða ætti að vera 100 m.

Á stöðinni St.1 ætti kvíaþyrping að liggja í norðvestur – suðaustur átt þannig að hún liggi þvert á aðalstraumstefnu. Með því mætti forðast "straumskugga" á öftustu kvíunum og leiða til betri dreifingar á lífræni efni frá þyrpingunni. Stöðin er í meðallagi opin fyrir vind og öldu frá norðaustri og suðri.

St.3: Stöðin hefur skýra straumstefnu inn fjörðinn með fullnægjandi straumhraða, en það koma tímabil þar sem straumur er lítill. Súrefnismettun er fullnægjandi frá yfirborði til botns. Botnset er með tiltölulega litlu innihaldi fínkorna agna. Þetta

bendir til góðs straumhraða við botn. Magn lífræns kolefnis (TOC) í yfirborði er lítið (flokkur II: gott).

Vísitengundir fyrir lífræna mengun fundust ekki í botndýrasamfélagi. Ef stöðin er metin með hliðsjón af svipuðum stöðvum í Noregi er burðargetan metin sem miðlungs til góð. Við fiskeldisframleiðslu á stöðinni með t.d. fóðurnotkun uppá 1200 tonn á ári og tveggja ára framleiðslutíma verður að gera ráð fyrir a.m.k. 8 mánaða hvíldartíma ("brakkleggingstíð") til að stöðin geti aftur náð sínu upphafsgildi.

Ef farið verður að stað með 1200 tonna framleiðslu á ári án lengri hvíldartíma en 8 mánuðir mælum við með að tekið sé tillit til eftirfarandi takmarkandi þátta:

1. Framleiðslan getur verið í tvöfaldri kvíapýrpingu með að lágmarki eitt kvíapvermál á milli kvía. Það ættu að vera a.m.k. 3 kvíapvermál á milli kvíaraða.
2. Hægt er að hafa fleiri en 4 kvíar í hverri kvíaröð.

Á stöðinni St.3 ætti kvíapýrping að liggja í norðuraustur - suðvestur átt þannig að hún liggja þvert á aðalstraumstefnu. Með því mætti forðast "straumskugga" á öftustu kvíunum og leiða til betri dreifingar á lífræni efni frá þyrpingunni. Stöðin er í töluvert opin fyrir vind og öldu frá norðri til austurs. Taka verður sérstaklega tillit til þessara þátta þegar kvíapýrping verður skipulögð á stöðinni.

Ef farið verður af stað með eldisframleiðslu á stöðvunum ætti að fylgjast reglulega (hvert kynslóðarbil) með botnseti þar sem kannað er TOC, botndýr og súrefnisgildi undir kvíapýrpingum. Djúpsvæði fjarðarins ætti líka að vakta m.t.t. lágmarksgilda í súrefni.

Mælingar okkar gefa ekki tæmandi mynd af burðargetu móttökusvæðis/stöðva. Slíka mynd er einungis hægt að gefa í frekari rannsóknum á völdum svæðum og miðað við framtíðar framleiðslu. Frá almennu umhverfissjónarmiði er móttökusvæðið innan þröskulds norðan við Eyri hæft til fiskeldisframleiðslu í kvíum. Fyrir innan þröskuld við Eyri hefur móttökusvæðið takmarkaða burðargetu.

HEIMILDIR:

- Cromey C.J., T.D. Nickell & K.D. Black (2000a).** DEPOMOD (version 2.3). A model for predicting the effects of solids deposition from mariculture to the benthos. *Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban, UK. ISBN 0-9529089-1-3. 120 pp.*
- Cromey C.J., T.D. Nickell, K.D. Black (2002).** DEPOMOD – modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture 62104 (2002), Elsevier.*
- Guneriussen, A., R. Velvin, L. Ringstad-Olsen, R. Palerud, A. Giæver, C. Cromey, K. Johnsen (2000).** Oppdrett og miljø på Færøylene. Vurdering av miljøbelastning fra marin matfiskproduksjon av laks på 16 områder ved Færøylene. *APN- 413.99.1765, 82 pp*
- Molvær, J. & J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen. 1997.** Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT veiledning 97:03. 36 s.*
- Sundfjord, A. (2002).** Evaluering av modellen DEPOMOD som verktøy for vurdering av bæreevne ved fiskeoppdrettsanlegg. *APN-632.1641.002, 35 pp.*

Tafla 2. Breytur og niðurstöður FjordEnv-hermilikans fyrir núgildi. .

Parameter	Talknafjörður	Alftafjörður
Topographic conditions in the fjord and mouth		
Maximal depth of the basin (m)	40,00	50,00
Sill depth (m)	7,00	25,00
Mean depth of the sill basin (m)	15,40	12,88
Volume of the fjord (km ³)	0,08	0,28
Volume above sill depth (km ³)	0,03	0,22
Volume of the sill basin (km ³)	0,05	0,07
Area at the sea surface (km ²)	4,20	12,40
Area at sill level (km ²)	3,40	5,20
Vertical cross-sectional area of the mouth (m ²)	2550	29250
Depth of half of the mouth area (m)	2,74	10,30
The fjord mouth is channel-formed	No	No
Length of mouth channel (m)	0,00	0,00
Fjord area/Mouth area	1647	424
Natural conditions		
Secchi depth, typical summer value (m)	5,00	5,00
Oxygen conc in "new" basin water (ml O ₂ /l)	6,00	6,00
Tidal amplitude - M ₂ +S ₂ (m)	0,75	0,75
Semidiurnal contribution (1/fi)	1,10	1,10
Background deepwater mixing (mW/m ²)	0,0133	0,0165
Deltaro (kg/m ³)	0,37	0,37
Sigmaro (kg/m ³)	0,35	0,33
Interm circulation: forcing (kg/m ²)	2,80	8,50
Freshwater supply (annual mean) (m ³ /s)	1,80	5,50
Power supply from interior sills (kW)	0,00	0,00
Flux of organic matter (gC/m ² /month)	5,50	5,50
Supplies from land		
Phosphorus, annual supply (tons)	0,60	21,50
Nitrogen, annual supply (tons)	4,10	91,10
General fjord diagnosis		
Choking coefficient	1,00	1,00
Tidal speed in the mouth (m/s)	0,17	0,04
Speed of internal waves in the fjord (m/s)	0,13	0,17
Intermediary circulation (m ³ /s)	29	292
Tidally forced circulation (m ³ /s)	70	207
Estuarine circulation (m ³ /s)	48	145
Residence time for water above sill level (days)	2,1	3,9
Settling time for particular organic matter (days)	4,7	16,7
Conditions in the basin water		
The fjord is a wave fjord, ci/us0	0,75	3,87
Filling time for basin water (days)	4,136	1,204
Re-value of the sill basin (kg/m ³)	0,350	0,330
Work against the buoyancy forces (mW/m ²)	0,018	0,039
Background (mW/m ²)	0,013	0,017
Tidally forced (mW/m ²)	0,005	0,022
From interior sills (mW/m ²)	0,000	0,000

Density reduction (kg/m ³ /month)	0,040	0,123
Oxygen consumption (ml/l/month)	0,538	0,552
Time-scale for water exchange (months)	8,770	2,684
Time-scale for oxygen consumption (months)	11,155	10,874
Oxygen minimum in the basin water (ml/l)	1,282	4,519
Fluxes of organic matter into the sill basin		
Carbon, natural (tons/year)	139,1	182,6
Nitrogen, natural (tons/year)	24,5	32,1
Phosphorus, natural (tons/year)	3,4	4,4
UOD, natural (tons/year)	486,7	639,0