



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota



Hafrannsóknastofnun
2014

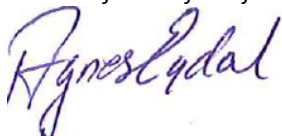
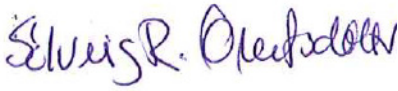
Gæðarættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn
Guðmundsson, Karl Gunnarsson.

Hafrannsóknastofnun
Febrúar 2014

Upplýsingablað

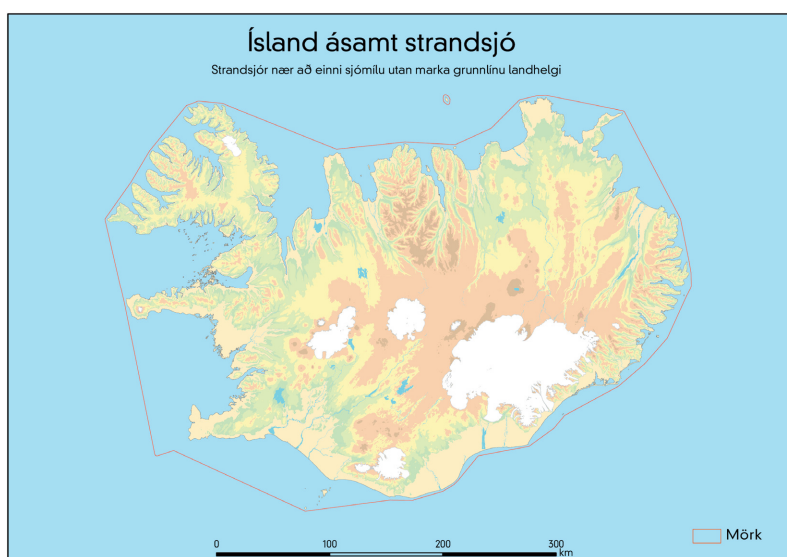
<i>Titill:</i>	Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota	
<i>Höfundar:</i>	Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson, Karl Gunnarsson	
	<i>Verkefnisstjóri:</i> Agnes Eydal	<i>Forstöðumaður sviðs:</i> Sólveig Rósa Ólafsdóttir
<i>Verknúmer:</i>	1602	<i>Dagsetning:</i> 28.03.2014
<i>Dreifing:</i>	Opin dreifing	
<i>Unnið fyrir:</i>	Umhverfisstofnun	
<i>Ágrip:</i>	<p>Á grundvelli reglugerðar 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, er í þessari stöðuskýrslu fjallað um gæðapætti og viðmiðunaraðstæður vatnshlota. Þeir gæðapættir sem lagt er til að notaðir verði eru lífmassi svifþörunga (blaðgræna a), tegundafjöldi og fjölbreytileiki hryggleysingja á mjúkum botni og tegundasamsetning og þekja botnþörunga og styrkur næringarefna að vetrarlagi.</p> <p>Viðmiðunarmörk hafa verið sett fyrir þær 4 vatnshlotagerðir sem skilgreindar hafa verið í strandsjónum fyrir næringarefni og blaðgrænustyrk og botnlæga hryggleysingja fyrir vistsvæðin tvö, fyrir botnþörunga hefur viðmið verið sett fyrir vatnshlot sem eru opin fyrir öldu. Þau gögn sem liggja til grundvallar þeim niðurstöðum sem lýst er hér að framan eru takmörkuð og ber að hafa það í huga þegar niðurstöður eru skoðaðar.</p>	
<i>Lykilorð:</i>	Gæðapættir, viðmiðunaraðstæður, vatnshlot, álag	
	<i>Undirskrift verkefnisstjóra:</i> 	<i>Undirskrift forstöðumanns sviðs:</i> 

Efnisyfirlit

1. Inngangur	9
2. Framkvæmd	10
3. Samningur Umhverfisstofnunar og Hafrannsóknastofnunar	10
4. Skipting strandsjávar við Ísland í vatnshlot og skilgreining á gerðum.....	10
5. Gæðapættir	12
5.1. Líffræðilegir gæðapættir	13
5.1.1 Svifþörungar	13
5.1.2 Botnþörungar.....	14
5.1.3 Botnlægir hryggleysingjar	14
5.2. Vatnsformfræðilegir og eðlisefnafræðilegir gæðapættir	15
6. Viðmiðunaraðstæður	17
6.1. Líffræðilegir gæðapættir	18
6.1.1 Svifþörungar	18
6.1.2 Botnþörungar.....	19
6.1.3 Botnlægir hryggleysingjar	24
6.2. Viðmiðunaraðstæður fyrir vetrarstyrk næringarefna.....	25
7. Niðurlag.....	27
8. Heimildaskrá.....	28

1. INNGANGUR

Í samræmi við rammtilskipun Evrópusambandsins um verndun vatns (Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB) voru sett lög á Alþingi um stjórn vatnamála, lög nr. 36/2011 og á grundvelli þeirra reglugerð 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun. Umhverfisstofnun hefur verið falin umsjón með framkvæmd innleiðingar vatnatilskipunarinnar, sem nær yfir grunnvatn og allt yfirborðsvatn þ.m.t. strandsjó. Umhverfisstofnun hefur gert samninga við Hafrannsóknastofnun um vinnu varðandi flokkun og eiginleikagreiningu í strandsjó, sjá mynd 1 um skilgreiningu strandsjávar (Reglugerð 535/2011; Umhverfisstofnun 2013, stöðuskýrsla fyrir vatnasvæði Íslands; Hafrannsóknastofnun 2013, skilgreining á gerðum í strandsjó við Ísland; Hafrannsóknastofnun 2013, flokkun strandsjávar í vatnshlot,). Í þessari stöðuskýrslu verður fjallað um gæðapætti og viðmiðunaraðstæður.



1. mynd. Skilgreind mörk strandsjávar við Ísland úr reglugerð 535/2011.

Meginmarkmið reglugerðar 535/2011 og laga 36/2011 um stjórn vatnamála er að vernda vatn og tryggja gæði vatns, skilgreina aðferðir til að flokka vatnshlot, meta eiginleika þeirra og álagsgreina þau. Það er einnig markmið reglugerðarinnar að setja vöktunaráætlun fyrir vatnasvæðið Ísland.

Samkvæmt reglugerðinni þarf að skilgreina gæðamarkmið og viðmið fyrir líffræðilega gæðapætti í öllum vatnshlotagerðum. Lýsa þarf líffræðilegum gæðapáttum vatnshlota sem greina á milli mjög góðs, góðs, ekki viðunandi, slaks og lélegs vistfræðilegs ástands viðkomandi vatnshlotagerðar. Gæðapættir gefa þannig mælikvarða á vistfræðilegt ástand vatnshlota og viðmiðunaraðstæður lýsa því vistfræðilega ástandi sem er til staðar eða væri til staðar þar sem mjög gott ástand ríkir og álag er hverfandi. Umhverfismarkmiðin eru að allt vatn skal vera að lágmarki flokkað í gott vistfræðilegt ástand og gott efnafræðilegt ástand.

2. FRAMKVÆMD

Starfsmenn Hafrannsóknastofnunar sem unnið hafa að verkefninu árið 2013 eru: Agnes Eydal, umsjónarmaður verkefnisins, Sólveig R. Ólafsdóttir, verkefnisstjóri, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson. Hópurinn hefur leitað til annarra sérfræðinga við þessa vinnu bæði á Hafrannsóknastofnun sem og annars staðar. Mikil vinna hefur farið í upplýsingaöflun og heimildavinnu, samantekt á þeim rannsóknum sem til eru ásamt því að rýna þær aðferðir og niðurstöður sem löndin (Skotland og Noregur) sem við berum okkur helst saman við nota.

Þar sem ekkert fjármagn er sett í mælingar vegna verkefnisins er vinna við mat á gæðapáttum og viðmiðunaraðstæðum alfarið byggð á fyrirliggjandi gögnum, eins og kveðið er á um í samningi Hafrannsóknastofnunar og Umhverfisstofnunar.

Rannsóknir í strandsjó við Ísland sem sérstaklega miða að þeim gæðapáttum sem liggja til grundvallar eru frekar fáar og hvergi nægjanlegar til að fá heildarmynd af vistkerfinu. Þau gögn sem tiltæk eru voru metin og notuð til þess að skilgreina gæðapætti og viðmiðunaraðstæður en mjög oft reynir á mat sérfræðinga (expert opinion) en rammatilskipunin gerir ráð fyrir að slíkt mat komi til þar sem gögn vantar (Coast 2,4, 2002). Brýn þörf er á frekari öflun gagna, úrvinnslu og greiningu til að staðfesta og betrubæta þær niðurstöður sem hér verða lagðar fram.

3. SAMNINGUR UMHVERFISSTOFNUNAR OG HAFRANNSÓKNASTOFNUNAR

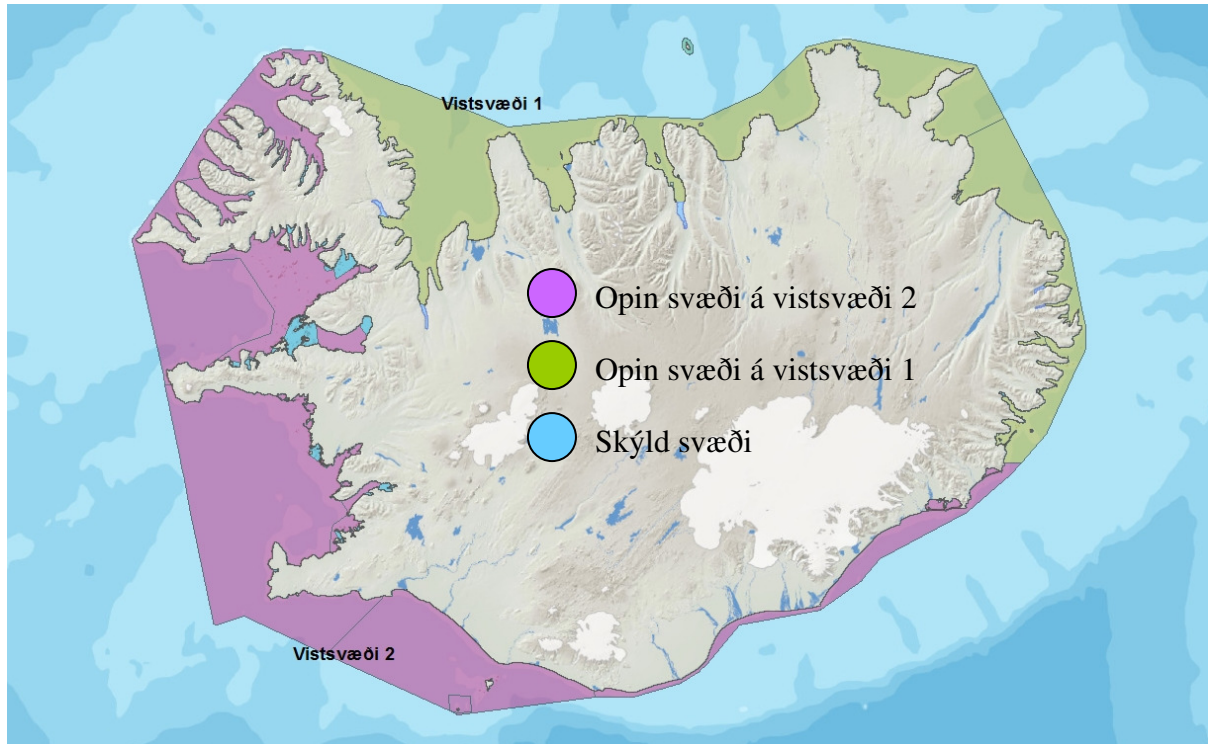
Samningur var gerður á milli Umhverfisstofnunar og Hafrannsóknastofnunar um vinnu Hafrannsóknastofnunar á árinu 2013.

Samkvæmt samningnum skal í fyrsta lagi skilgreina gerðir (types) vatnshlota sjávarlóna, sú vinna er unnin í samvinnu við Veiðimálastofnun. Í öðru lagi skal greina gæðapætti bæði líffræðilega og vatnsformfræðilega- og eðlisefnafræðilega í strandsjó og gera tillögu að viðmiðunaraðstæðum. Í þriðja lagi skal Hafrannsóknastofnun hefja vinnu við tillögu að vistfræðilegri ástandsflökkun strandsjávarhlota og þar með tillögu að vistfræðilegu gæðaflokkunarkerfi með það fyrir augum að því verði lokið í apríl 2014. Vinnu ársins 2013 er skilað í 3 stöðuskýrslum.

4. SKIPTING STRANDSJÁVAR VIÐ ÍSLAND Í VATNSHLOT OG SKILGREINING Á GERÐUM

Á árunum 2011 og 2012 vann Hafrannsóknastofnun að skiptingu strandsjávar við Ísland í vatnshlot, en vatnshlot er skilgreint sem afmörkuð eining vatns, og eru vatnshlotin í strandsjó sýnd á mynd 2. Skipting strandsjávar í vatnshlot er byggð á því hversu opin svæðin eru fyrir öldu og hitastigi. Til að styðja við sérfræðimat á staðháttum var höfð hliðsjón af því hversu opið svæðið er gangvart vindi og veðrum þar sem stærð öldunnar er háð vindstyrk og þeirri vegalengd sem aldan getur farið, einnig var notast við þá vitneskju sem fyrir liggur um útbreiðslu á botngróðri. Strax í upphafi þessarar vinnu var strandsjó við Ísland skipt í tvö

vistsvæði, sem byggir á mismunandi vetrarhita sjávarins, (Hafrannsóknastofnun 2013, skilgreining á gerðum í strandsjó við Ísland; Hafrannsóknastofnun 2013, flokkun strandsjávar í vatnshlot). Þessar ólíku aðstæður gera það að verkum að tegundasamsetning lífvera er ólík á þessum tveimur vistsvæðum (Helgi Jónsson 1912; Agnar Ingólfsson 2006).



2. mynd. Skipting strandsjávar við Ísland í vistsvæði og í vatnshlot. Ytri mörkin eru ákvörðuð í reglugerð 535/2011.

Megintilgangur þess að flokka vatnshlot í gerðir er að auðvelda skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum, sem aftur eru notaðar sem viðmið fyrir mat á ástandi vatnshlotsins. Lýsing á vatnshlota gerðum hefur einnig áhrif á vöktun og gæðamat (Coast 2,4, 2002). Í töflu 1 er lýst gerðum vatnshlota í strandsjó við Ísland og helstu lýsum sem notaðir eru við skilgreiningar þeirra.

Tafla 1. Gerðir strandsjávarvatnshlota við Ísland og gerðarkóðar í landfræðilegu upplýsingakerfi vatnamála.

Gerðarkóði	Lýsing	Ágangur	Selta	Flóð/fjara
CN1352	Strandsjór á vistsvæði 1	skýlt	>30	1-5m
CN1152	Strandsjór á vistsvæði 1	opið	>30	1-5m
CS2352	Strandsjór á vistsvæði 2	skýlt	>30	1-5m
CS2152	Strandsjór á vistsvæði 2	opið	>30	1-5m

5. GÆÐAÞÆTTIR

Gæðaðættir eru notaðir sem mælikvarði á ástand vatnshlots og eru ákvarðaðir í 6. grein reglugerðar 535/2011. Við vöktun vatnshlota eiga mælingar á gæðaðáttum að nema breytingar á ástandi vatnshlots ef einhverjar eru. Æskilegt er að gæðaðættirnir séu sem næst viðmiðunaraðstæðum þ.e. náttúrulegu ástandi.

Gæðaðættir fyrir yfirborðsvatn eru þættir sem eru næmir fyrir því álagi sem getið er um í áhættumati tilskipunarinnar (Guidance document No.3, 2003; UK Technical Advisory Group, 2009). Hver líffræðilegur gæðaðáttur getur orðið fyrir áhrifum af mörgum þeim álagsþáttum sem starfsemi manna veldur. Aðferðir eru í þróun til að greina áhrif mismunandi álags á gæðaðættina. Í tilfellum þar sem lífræn mengun, ofauðgun og aukið sýrustig á sér stað hafa þessar aðferðir reynst ágætlega. Vöktun skal beinast að þeim gæðaðáttum sem viðkvæmastir eru fyrir því álagi sem er á staðnum (Guidance document nr. 3, 2003; Reglugerð 535/2011).

Þeir gæðaðættir sem nota skal til að greina vistfræðilegt ástand í strandsjó samkvæmt III viðauka reglugerðar 535/2011 eru:

Líffræðilegir þættir

botnþörungur
vatnablöntur
svifþörungur
botnlægir hryggleysingar

Vatnsformfræðilegir þættir

sjávarföll
stefna ríkjandi strauma
ölduhrif

Eðlisefnafræðilegir þættir

selta
styrkur súrefnis
næringarskilyrði
hitastig
sjóndýpi

Til þess að hægt sé að nota alla líffræðilegu gæðaðættina til að meta ástand vatnshlota þurfa gögn að liggja þar að baki. Valdir hafa verið úr og metnir þeir gæðaðættir sem talið er mögulegt að nota miðað við þau gögn sem fyrirliggjandi eru en það voru forsendur vinnunnar við gerð fyrstu vatnaáætlunarinnar. Heimild er fyrir því í vatnatilskipuninni að sleppa þáttum ef breytileiki þeirra er svo mikill að ekki sé hægt að nota þá (Guidance document nr. 5, 2003).

Hér er því lagt til að við gerð fyrstu vatnaáætlunarinnar verði notaðir þættir sem eru studdir fyrirliggjandi rannsóknnum og mælingum, ásamt sérfræðimati þar sem þess er þörf.

5.1. Líffræðilegir gæðapættir

5.1.1 Svifþörungar

Einn líffræðilegi gæðapátturinn sem skylt er að meta skv. reglugerð 535/2011 eru svifþörungar, þar skal liggja til grundvallar bæði lífmassi þeirra, tegundasamsetning og fjöldi.

Á Hafrannsóknastofnun hófst söfnun sjósýna til mælinga á a-blaðgrænu umhverfis Ísland árið 1963. Strax í upphafi beindist sýnataka að hafsvæðinu yfir landgrunninu, fyrir opnu hafi, og allar götur síðan hafa reglubundnar sýnatökur fyrst og fremst miðast við það svæði. Í flestum tilvikum er tíðni söfnunar frekar takmörkuð og vart næg til að skoða framvindu gróðurs eins ítarlega og æskilegt væri þó að undantekingar séu þar á (Þórunn Þórðardóttir 1986, Þórunn Þórðardóttir og Unnsteinn Stefánsson 1977, Agnes Eydal 2003, Kristinn Guðmundsson o.fl. 2002). Í þeim rannsóknaverkefnum þar sem tegundir og fjöldi svifþörunganna hefur verið metinn á það sama við og hæpið er að nota megri niðurstöðurnar til að meta þróun og lýsa gróðursamfélögum. Því er ekki hægt að skilgreina út frá fyrirliggjandi gögnum viðmiðunarástand og hugsanlegar breytingar á tegundasamsetningu svifþörunganna hvort heldur sem talað er um gerðir vatnshlota eða einstaka vatnshlot. Hægt er að mæla blaðgrænu við yfirborð sjávar með fjarmælingu frá gervihnöttum og fá þannig upplýsingar um magn blaðgrænu og þróun þess yfir lengra tímabil en beinar athuganir geta nokkru sinni gert. Meta þarf áreiðanleika gagnanna og kvarða þau, áður en þau verða notuð til að greina gróðurframvinduna. Þess utan þurfa svæði sem þannig yrðu skoðuð að vera all viðáttumikil svo að fjarmælingagögnin skarist ekki við strandlínuna. Það útilokar t.d. svæði innan fjarða. Viðmiðunaraðstæður, byggðar á niðurstöðum mælinga á magni a-blaðgrænu (sem mælikvarða á uppsafnaðan lífmassa svifþörunganna), eru víða notaðar í Evrópu s.s. Noregi (Veileder 2009). Þar, eins og hér, er þetta leið sem valin er þar sem fyrirliggjandi gögn leyfa ekki annað

Mesta magn blaðgrænu á vaxtartíma svifþörunganna ræðst fyrst og fremst af framboði næringarefna, þó svo að vaxtaskilyrði og beitarálag geti dregið þar úr. Algengt er að há blaðgrænegildi mælist í sjósýnum sem safnað er umhverfis Ísland, 20 (\pm 5) $\mu\text{g chl-a l}^{-1}$ (Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir 2004), sér í lagi að vori og við góð vaxtaskilyrði. Gróft má ætla að hlutfall nýmyndunar á blaðgrænu (μgl^{-1}) og uppleysts nítrats, sem svifþörungarnir geta nýtt sér til vaxtar ($\mu\text{mól l}^{-1}$), sé u.þ.b. 1:1. Þar sem styrkur uppleysts nítrats eftir vetrarblöndun sjávar er u.þ.b. 12-15 $\mu\text{M-N}$ má ætla að við góð skilyrði geti hámarksstyrkur blaðgrænu í vorblóma orðið eitthvað nærri 15 $\mu\text{g chl-a l}^{-1}$.

Lagt er til að við mat á viðmiðunaraðstæðum fyrir svifþörunganna séu notaðar niðurstöður úr blaðgrænumælingum í gagnasöfnum Hafrannsóknastofnunar, á sýnum úr efstu 5 metrunum. Reiknað var miðgildi (50th percentile) blaðgrænumstyrks frá mars til október fyrir þau vatnshlot sem voru valin voru til að lýsa hverri gerð vatnshlota. Miðgildið sem þannig var reiknað fyrir einstök vatnshlot er notað sem viðmið fyrir viðkomandi gerð vatnshlota. Að auki voru reiknuð mörk 90 og 99% af dreifingu gilda (þ.e. percentile) fyrir blaðgrænumstyrk, eins og gert hefur verið annars staðar (Devlin o.fl. 2007)

Eftirtalin vatnshlot voru valin, þar sem gögn voru til, til reikninga á viðmiðunargildum fyrir þær fjórar gerðir vatnshlota sem eru skilgreindar í strandsjó:

1) Fyrir vatnshlot af gerðinni CN1352 sem er strandsjór á vistsvæði 1 þar sem skjól er fyrir öldu eru mælingar frá innanverðum Eyjafirði (sýni tekin yfir Hörgárgrunni og inn að Krossanesi) valin til reikninga á viðmiði.

2) Fyrir vatnshlot af gerðinni CN1152 sem er strandsjór á vistsvæði 1 sem er opið fyrir öldu er miðað við sýni sem hafa annars vegar verið tekin í námunda við Grímsey og hins vegar sýni sem safnað var í mynni Eyjafjarðar og öll gögnin notuð til að reikna viðmiðunargildi.

3) Fyrir vatnshlot af gerðinni CS2352 sem er strandsjór á vistsvæði 2 þar sem skjól er fyrir öldu eru mælingar frá innri hluta Hvalfjarðar notaðar til reikninga á viðmiði.

4) Fyrir vatnshlot af gerðinni CS2152 sem er strandsjór á vistsvæði 2 sem er opið fyrir öldu eru mælingar frá utanverðum Faxaflóa og frá austanverðum Selvogsbanka notaðar til að reikna viðmiðunargildi.

5.1.2 Botnþörungur

Í lögum 36/2011 og reglugerð 535/2011, er gert ráð fyrir að auk annarra skilgreindra þátta séu botnþörungur notaðir til að meta ástand vatnshlota í strandsjó. Þar er kveðið á um að taka þurfi tillit til tegunda sem eru viðkvæmar fyrir röskun og þekju þörungum. Einnig er talað um tegundasamsetningu og þekju botnþörungum. Hér er lagt til að notuð verði tegundasamsetning (og þar með tilvist viðkvæmra tegunda) og að hluta til þekja botnþörungategunda til að skilgreina viðmiðunaraðstæður og meta ástand vatnshlota í strandsjó.

Annar gæðapáttur sem gert er ráð fyrir að nota við ástandsmat í strandsjó skv. reglugerðinni eru vatnablöntur. Þar sem ekki er vitað um vatnablöntur sem vaxa í strandsjó hér við land er ekki fjallað um þær. Ástæða þess að botnþörungur þykja hentugir til vöktunar á ástandi strandsjávar er að þeir eru botnfastir og endurspegla því þær umhverfisaðstæður sem ríkja á staðnum. Margir þeirra eru viðkvæmir fyrir hvers konar mengun og draga úr vexti eða drepast en aðrir auka vöxt sinn þar sem er mengun (Karl Gunnarsson og Konráð Þórisson 1976).

5.1.3 Botnlægir hryggleysingjar

Gæðabættir og viðmiðunaraðstæður fyrir botnlæga hryggleysingja taka einkum mið af botndýrafánu á mjúkum botni (Veileder 2009) þar sem erfitt er að safna sýnum á hörðum botni. Botndýr á mjúkum botni eru viðkvæm fyrir ýmis konar álagi. Margar rannsóknir hafa sýnt að áhrifin koma fram í breytingum á tegundafjölda og fjölbreytileika. Til að skoða ástand á botndýrafánu eru notaðir stuðlar sem taka á fjölbreytileika og hlutfalli milli viðkvæmra og þolinna tegunda.

Helstu dýrahópar sem finnast á mjúkum botni eru burstaormar, samlokur, sæsniglar, krabbadýr og skrápdýr. Breytingar á umhverfisaðstæðum hafa mismunandi áhrif á þessa hópa og jafnvel mismunandi áhrif á ólíkar tegundir innan þessara hópa. Sumar tegundir eru taldar viðkvæmar fyrir breytingum meðan aðrar eru þolinar eða svokallaðir tækifærisinnar sem nýta sér það að aðrar tegundir hörfa. Með því að skoða tegundasamsetningu og fjölbreytileika er mögulegt að ástandsflökka svæði.

Gögnin sem notuð eru byggja á sýnum sem safnað hefur verið af ýmsum aðilum svo sem Líffræðistofnun Háskóla Íslands, Hafrannsóknastofnun og Náttúrufræðistofnum vítt um landið, vegna ýmissa verkefna. Söfnunaraðferðir við úttektir á botndýrafánu hafa í gegnum tíðina verið mismunandi og ólík söfnunartæki hafa verið notuð, sýnin sigtuð í gegnum mismunandi möskvastærð og tegundagreiningar misnákvæmar. Í sumum tilvikum hafa verið tekin setsýni og kornastærðamælingar gerðar og mælingar á lífrænu kolefni.

5.2. Vatnsformfræðilegir og eðlisefnafræðilegir gæðapættir

Vatnsformfræðilegir og eðlisefnafræðilegir þættir styðja við líffræðilegu þættina enda ræður umhverfið miklu um gerð vistkerfisins. Vatnsformfræðilegir þættir eru að hluta til þeir lýsar sem notaðir voru við gerðalýsingu um opin og skýld svæði. Um aðra af þeim þáttum sem taldir eru upp í III viðauka reglugerðar 535/2011 eru ekki til upplýsingar sem nægja til að hægt sé að nota þá sem viðeigandi stuðning við líffræðilega gæðapætti. Þar er átt við þætti eins og stefnu ríkjandi strauma og ýmsa þætti er tengjast botngerð eins og breytileika í dýpt innan vatnshlota, kornastærð og gerð sjávarbotns og gerð svæðisins milli há- og lágflæðismarka. Þó að á stöku stað séu til slíkar upplýsingar þá nægja þær hvergi til að gefa heildstæða lýsingu á svæðinu öllu.

Í reglugerð 535/2011 eru fimm þættir skilgreindir sem efnafræðilegir og eðlisefnafræðilegir þættir sem styðja líffræðilegu þættina. Þar skal skoða sjóndýpi, hitastig, seltu, styrk súrefnis og næringarskilyrði sem þætti er styðja við líffræðilega gæðapætti. Allir þessir þættir þurfa flokkunarkerfi og viðmiðunaraðstæður þarf að skilgreina fyrir þá alla.

Eðlisefnafræðilegir þættir voru einnig að hluta til notaðir sem lýsar við gerðargreiningu þar sem hiti og selta sjávarins eru hluti af henni. Sjóndýpi er almennur þáttur sem nota skal til að styðja við líffræðilega gæðapætti en beinar mælingar á sjóndýpi á þeim svæðum sem fjallað er um eru fáar og því er ekki hægt að nota þann þátt hér.

Styrkur uppleysts súrefnis hefur gríðarlega mikil áhrif á sjávarlífverur og skortur á því getur leitt til massadauða ef til hans kemur. Þær sveiflur sem verða á styrknum eru einnig mikilvægur þáttur. Í Kolgrafafirði drápust um 50 þúsund tonn af síld veturinn 2012-2013 af súrefnisskortri að talið er. Flæði súrefnis milli andrúmsloftsins og yfirborðs sjávar ásamt súrefni sem myndast við ljóstíllífun eru aðaluppspretta súrefnis í sjó. Mikill breytileiki í styrk uppleysts súrefnis er á grunnsævi almennt vegna samspils milli eðlisfræðilegra, efnafræðilegra og líffræðilegra ferla. Breytingar á hita, ferskvatnsmagni, dýpi, straumum, veðurfarsþáttum og frumframleiðni og niðurbroti valda því að styrkur súrefnis getur breyst hratt. Sums staðar getur lagskipting valdið því að nærri botni verður súrefnisstyrkur lágur að sumarlagi. Mikilvægustu eðlisfræðilegu þættirnir sem hafa áhrif á styrk súrefnis eru hiti og selta sjávarins þar sem leysni súrefnis minnkar með vaxandi hita og seltu og því er nauðsynlegt að mæla bæði hita og seltu um leið og súrefni er mælt. Aðrir þættir er hafa mikil áhrif á styrk uppleyst súrefnis eru líffræðilegir, ljóstíllífun myndar súrefni en niðurbrot er súrefniskraft. Blómar svifþörungum geta valdið því að yfirborðslög sjávarins verða yfirmettuð af súrefni og finnast slík skilyrði oft við Ísland á vorin (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991). Við niðurbrot lífrænna leifa eyðist súrefni og lækun á súrefnisstyrk er oftast tengd sökkvandi ögnum er brotna niður í dýpri lögum sjávarins. Súrefni er auðmælt og hægt er að nota aðferð Winklers á einstök sýni og einnig eru í dag til áreiðanleg tæki til síamælinga á súrefni. Súrefnisstyrkur er bæði gefinn upp sem styrkur eða sem % metnun en í

tengslum við stjórn vatnamála er ekki hægt að mæla með öðru en að súrefni sé ætíð haft í styrkeiningum þar sem metnunin er háð hita og seltu. Rannsóknir sem til eru á Hafrannsóknastofnun á súrefnisstyrk grunnsævis við Ísland benda ekki til annars en að súrefnisstyrkur sé almennt hár. Rannsóknir á árinu 2013 gefa þó til kynna að sums staðar á Vestfjörðum geti náttúrulegar aðstæður ráðið því að síðsumars og fram á haust verði súrefnisstyrkur niður við botn all lágur.

Fyrirliggjandi upplýsingar um súrefnisstyrk gefa þó ekki möguleika á tölfræðilegri úrvinnslu eða þróun viðmiðunaraðstæðna fyrir súrefni. Annars staðar hafa verið farnar leiðir sem gefa upp þau gildi sem eru á súrefnisstyrk sem líklegast er að finna t.d. mörkin á styrk súrefnis 95% af tímanum (Best o.fl. 2007). Hafrannsóknastofnun stefnir að því að auka mælingar á styrk súrefnis á grunnsævi með sítandi tækjum á næstu árum og munu þær niðurstöður vonandi verða til þess að gerlegt verði að setja slík mörk.

Víðast á kaldtempruðum svæðum breytist styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar reglulega með árstíma og er það afleiðing af bæði lífrænum og eðlisfræðilegum ferlum. Styrkur næringarefna er í hámarki í lok vetrar og minnkar svo ört að vorlagi vegna upptöku svifþörunga á næringarefnum (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991). Til að meta áhrif af mannavöldum á næringarefnabúskap strandsvæða hefur verið talið best að nota vetrargildi þegar áhrif lífríkisins á næringarefnastyrkinn eru í lágmarki (Hydes o.fl. 2004, Tett o.fl. 2003) en sú aðferð lýsir ekki áhrifum á vistkerfið. Næringarefnaauðgun og þau áhrif sem hún veldur hefur verið lýst á mörgum stöðum (sjá t.d. Nixon 1995). Nýlegar rannsóknir hafa varpað nýju ljósi á skilning á ofauðgun (t.d. Cloern 2001) og lýsa mjög flóknum viðbrögðum við ákomu næringarefna m.a. því hvernig aðstæður kunna að draga úr áhrifum mengunarinnar. Í sjó geta slíkir þættir t.d. verið breytileg birtuskilyrði á hverjum árstíma og þynning og hafa veruleg áhrif á hve viðkvæm einstök vatnshlot eru gagnvart næringarefnaauðgun (Painting 2005). Þessi skilningur er að hluta til endurspegladur í aðferðum sem þróaðar voru á vettvangi Osló-Parísar samkomulagsins (OSPAR 2003). OSPAR "common procedure" til ákvörðunar á næringarefnaástandi notar sem mælikvarða hve mikið fram yfir grunnástand næringarefnastyrkur að vetrarlagi vex sem fyrsta skrefið í að finna hvar um næringarefnaauðgun sé að ræða. OSPAR (2001) lagði til að næringarefnaálag væri metið út frá vetrargildum þar sem svæði er talið lítt mengað ef auking í vetrarstyrk uppleysts köfnunarefnis og fosfórs fer ekki yfir 50% af vetrarstyrk miðað fullsaltan sjó á sama svæði. Erfitt að setja mörk fyrir næringarefnastyrk sem veldur marktækum áhrifum á lífríkið án þess að hafa skýra tilvísun í hugsanleg líffræðileg áhrif hækkunar styrksins og sú leið að tengja líffræði við næringarefnastyrk með módeli sem tekur til greina orsök og afleiðingu hefur verið farin t.d. á Bretlandseyjum (Devlin 2007).

Töluverðar upplýsingar eru til um styrk og árstíðabreytileika næringarefna á grunnsævi víða um land og nægja þær vel til að áætla megi viðmiðunarstyrk næringarefna í öllum gerðum vatnshlota. Rannsóknir á styrk næringarefna að vetrarlagi í yfirborðslögum úti á opnu hafi sýna að styrkurinn er hærri í hlýja sjónum sunnan lands og vestan heldur en í kalda sjónum fyrir norðan og austan (Sólveig R. Ólafsdóttir 2006a). Styrkurinn er lægri á grunnsævi, að minnsta kosti í hlýja sjónum. Á strandsvæðum hefur magn fersks vatns og deifing þess mikil áhrif á eðlismassa og stöðugleika í efstu lögum sjávar og þar með á tímasetningu vorblóma svifþörunga. Ferskvatnsfrænnisli hefur lægri styrk nítrats og fosfats heldur en strandsjór en mun hærri styrk uppleysts kísilis (Jón Ólafsson o.fl. 2008). Ferska vatnið hefur því takmörkuð áhrif á nítrat- og fosfathag strandsvæða en mikil áhrif á kísilhag þeirra. Flæði uppleysts kísilis með afrennsli frá landi getur viðhaldið góðum skilyrðum fyrir kísilþörungavöxt en nítrat er

samt takmarkandi næringarefni fyrir frumframleiðni í hafinu við Ísland (Sólveig R. Ólafsdóttir 2006a og Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991). Þær rannsóknir sem gerðar hafa verið á áhrifum þéttbýlissvæða á næringarefnastyrk nálæggra strandsvæða benda til að áhrifin séu lítil (Sólveig R. Ólafsdóttir 2006b og 2010) en fáar rannsóknir hafa beinst að þeim áhrifum sérstaklega.

Aðferð sem hér er lagt til notuð verði til ákvörðunar á viðmiðunargildum fyrir næringarefni er að reikna meðalstyrk þeirra úr gögnum frá janúar til mars, en árlegur hámarksstyrkur er um miðjan vetur þegar upptaka svifþörungna er hverfandi (Sólveig Ólafsdóttir 2006). Notuð eru öll gildi á hverri mælistöð sem til eru upplýsingar um enda er sjórinn að mestu leyti uppblandaður á þeim tíma sem hér er skoðaður.

Sérstakir mengunarvaldar, bæði forgangsefni og önnur mengandi efni er kunna að hafa mikil áhrif á vistkerfið, eru þættir sem Umhverfisstofnun mun taka saman. Þó má geta þess að þær rannsóknir sem gerðar hafa verið á styrk málma og þrávirkra lífrænna efna við landið benda til þess að styrkur þeirra sé almennt lítill (Davíð Egilsson o.fl., 1999, Erla Sturludóttir o.fl., 2013).

6. VIÐMIÐUNARAÐSTÆÐUR

Viðmiðunaraðstæður vatnshlota, eru aðstæður sem lýsa vistfræðilegu ástandi sem er til staðar þar sem mjög gott ástand ríkir. Viðmiðunaraðstæður eiga að endurspegla náttúrulegan breytileika gæðapáttanna bæði með tilliti til árstíma og landfræðilegra marka hlotsins (Guidance document nr. 5, 2003; Coast 2,4, 2002). Það ber að hafa í huga að náttúrulegur breytileiki gæðapátta innan gerðar getur verið jafn mikill og náttúrulegur breytileiki milli gerða (Coast 2,4, 2002) og að í mörgum tilvikum eru ekki til nægjanlegar upplýsingar til að gera samanburð milli gerða.

Samkvæmt reglugerð 535/2011, II viðauka, skal taka saman dæmigerða lýsingu á gæðapáttum um vatnsformfræðilega og eðlis- og efnafræðilega þætti sem tilgreindir eru í lið 1.1. í III. viðauka og lýsa mjög góðu vistfræðilegu ástandi (náttúrulegu ástandi) samkvæmt skilgreiningu í viðkomandi töflu, í lið 1.2, í III viðauka.

Viðmiðunaraðstæður og lýsing á eiginleikum hvers gerðar yfirborðsvatnshlots skv. i- og ii-lið í sömu töflu fyrir einstakar gerðir geta byggst á landfræðilega líkum svæðum eða líkönum eða samtvinnun slíkra aðferða. Ef ekki er mögulegt að beita þessum aðferðum má styðjast við álit sérfræðinga við setningu slíkra skilyrða.

Viðmiðunarvatnshlot er svæði sem er undir litlu álagi þaðan sem hægt er að nota gögn til að yfirfæra sem grunnástand eða bakgrunnstyrk. Þar sem við álagsgreiningu Umhverfisstofnunar kom fram að álag er jafnan lítið á strandsjávarvatnshlot við Ísland er hér lagt til að notaðar séu flestar þær mæliniðurstöður sem til eru til að ákveða viðmiðunargildi viðkomandi gerða. Ekki var unnt að skilgreina sérstök viðmiðunarvatnshlot og má draga í efa að slíkt sé æskilegt hér þar sem grunn gögn um náttúrulegan breytileika liggja ekki alltaf fyrir. Öll gögn sem hægt var að nota voru rýnd og tekin saman en ekkert vatnshlot fannst þar sem gögn um alla gæðapátti voru tiltæk hvað þá að slíkt væri hægt fyrir allar fjórar gerðirnar (Reglugerð 535/2011; Guidance document nr. 3, 2003).

Samkvæmt samningi við Umhverfisstofnun skal Hafrannsóknarstofnun leggja fram tillögu að gerðarsértækum viðmiðunaraðstæðum fyrir líffræðilega gæðapætti og vatnsformfræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti sem lýsa mjög góðu ástandi (náttúrulegu ástandi) strandsjávarhlota. Þessa þætti á að endurskoða á 6 ára fresti (Reglugerð 535/2011; Coast 2,4, 2002).

Eftirfarandi eru tillögur Hafrannsóknastofnunar að þeim viðmiðunaraðstæðum gæðapátta fyrir vatnshlotagerðir í strandsjó sem hægt er að skilgreina út frá fyrirliggjandi gögnum. Niðurstöður úr einu vatnshloti eru yfirfærðar á önnur sambærileg vatnshlot sömu gerðar.

6.1. Líffræðilegir gæðapættir

6.1.1 Svifþörungur

Í töflu 2 eru niðurstöður útreikninga á viðmiðunaraðstæðum fyrir svifþörungur fyrir þær fjórar gerðir vatnshlota, sem skilgreindar hafa verið fyrir strandsjó við Ísland, með þeirri aðferð er lýst var í kafla VI.

Tafla. 2 Niðurstöður úr reikningum á viðmiðunargildum úr mælingum á blaðgrænu (chl-a) skv aðferð í kafla VI. Sýnt er miðgildi (50th percentile) styrks blaðgrænu og einnig mörk 90 og 99% af dreifingu gilda ásamt viðmiðunargildum fyrir allar gerðir strandsjávarvatnshlota.

Gerð	Blaðgræna ($\mu\text{g l}^{-1}$) mæld í sjósýnum frá efstu 5 metrum					Percentile		
	ATH		Árabil	Árstími	Fjöldi sýna	50	90	99
CN1352	1	Eyjafjörður	1992 - 1994	mars - október	71	1	4,7	11,8
	2	Eyjafjörður innri	1992 - 1993	mars - október	48	1,5	7,1	14,1
					meðaltal	1,5	6	13
CN1152	1	Grímsey	1980 - 1994	mars - október	128	1,1	3,5	6,8
	2	Eyjafjörður ytri	1992 - 1993	mars - október	46	1,8	3,6	5
					meðaltal	1,5	3,5	6
CS2352	3	Hvalfjörður	1997	apríl - október	45	2,4	5,6	8,3
CS2152	4	Faxaflói S	1998 - 2012	apríl - ágúst	33	3,8	9,2	13,5
	4	Selvogsbanki A	1998 - 2012	mars - sept	21	2,5	9,6	10,8
					meðaltal	3	9	12

Athugasemdir. Blaðgræna ($\mu\text{g chl-a l}^{-1}$) mæld í sjósýnum, sem safnað var: 1) fötusýni frá ferjunni Sæfara árin 1992 - 1994 og frá Grímsey árin 1980 - 1982, 2) sem hluti rannsókna á um vistfræði Eyjafjarðar, VISTEY, Kristinn Guðmundsson o.fl. 2002, 3) Agnes Eydal 2003 og 4) niðurstöður skráðar á miðlægum gagnagrunn Hafrannsóknastofnunar, verkefni óskilgreind.

Eftirfarandi eru niðurstöður fyrir viðmiðunargildi líffræðilega gæðapáttarins svifþörungur í hverri vatnshlotagerð í strandsjó og samantekt er í töflu 3:

Vatnshlot af gerðinni CN1152 er strandsjór á vistsvæði 1 sem er opið fyrir öldu. Á þessum svæðum má vænta vorblóma í apríl og sum ár verður annar toppur í maí vestan til á svæðinu. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á blaðgrænumælingum yst í Eyjafirði og grunnt suðvestur af Grímsey. Blaðgrænegildi eru að jafnaði á bilinu $1,5 - 3,5 \mu\text{g l}^{-1}$ yfir gróðurtímabilið og er hæsta skráða gildið um $7 \mu\text{g l}^{-1}$.

Vatnshlot af gerðinni CS2152 er strandsjór á vistsvæði 2 sem er opið fyrir öldu. Á þessum svæðum má vænta vorblóma í maí, en gróðuraukning getur hafist síðla í mars upp við ströndina. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á blaðgrænumælingum úr Faxaflóa og af Selvogsbanka. Blaðgrænegildi eru að jafnaði á bilinu 3 - 9 $\mu\text{g l}^{-1}$ yfir gróðurtímabilið og er hæsta skráða gildið um 14 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Vatnshlot af gerðinni CN1352 er strandsjór á vistsvæði 1 þar sem skjól er fyrir öldu. Á þessum svæðum má vænta vorhámarks gróðurs í apríl – maí, en gróðuraukning getur hafist snemma í apríl. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á blaðgrænumælingum frá innanverðum Eyjafirði. Blaðgrænegildi eru að jafnaði á bilinu 1.5 - 6 $\mu\text{g l}^{-1}$ yfir gróðurtímabilið og er hæsta skráða gildið um 15 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Vatnshlot af gerðinni CS2352 er strandsjór á vistsvæði 2 þar sem skjól er fyrir öldu. Á þessum svæðum má vænta vorkomu gróðurs í apríl – maí. Viðmiðunargildi sem notuð eru byggja á blaðgrænumælingum frá innanverðum Hvalfirði. Blaðgrænegildi eru að jafnaði á bilinu 2.5 - 5.5 $\mu\text{g l}^{-1}$ yfir gróðurtímabilið og er hæsta skráða gildið um 9 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Tafla 3. Viðmiðunargildi fyrir magn blaðgrænu ($\mu\text{g chl a l}^{-1}$) í vorblóma svifþörungum fyrir skilgreindar gerðir í strandsjó.

Gerð	Vistsvæði	Ágangur	Selta	Blaðgræna
CN1152	1	opið	>30	1,5 - 3,5
CN1352	1	skýlt	>30	1,5 - 6,0
CS2152	2	opið	>30	3,0 - 9,0
CS2352	2	skýlt	>30	2,5 - 5,5

6.1.2 Botnþörungur

Nokkrar aðferðir hafa verið þróaðar sem notast við botnþörungum til að meta gæði vatnshlota við strendur Evrópu (RSL, CARLIT, MarMAT, MAB, EEI, CFR, og dýptardreifing) (Orfanidis o.fl. 2003; Panayotidis o.fl. 2004; Ballestros o.fl. 2007; Wells o.fl. 2007; Juantes o.fl. 2008; Carletti og Heiskanen 2009; Moy o.fl. 2010; Mascaró o.fl. 2012; Neto o.fl. 2012). Notaðir hafa verið ýmsir matsþættir eins og heildarþekja þörungum, kortlagning þörungasamfélaga, tegundafjölbreytni, hlutfalla rauðþörungum, hlutfall grænþörungum, hlutfall „tækifæris“-þörungum og þekja þeirra, vaxtargerðir þörungum, þekja „dæmigerðra“ þörungum, dýptarmörk valinna tegunda og ástand einstaklinga. Ýmist hafa matsþættirnir verið notaðir margir saman eða stakir.

Við útfærslu á aðferð til að meta gæði vatnshlota í strandsjó hér við land er lagt til að stuðst verði við aðferð sem þróuð hefur verið á Bretlandseyjum og hefur einnig verið notuð, annað hvort óbreytt eða með smávægilegum breytingum, í Noregi, Frakklandi og Portúgal og á Írlandi, á Spáni og í Portúgal (Wells o.fl. 2007; Neto o.fl. 2012). Aðferðin byggir á því að greina tegundasamsetningu botnþörungum, sem finnast á hörðu undirlagi í viðkomandi vatnshloti og fjörugerð. Sýnt hefur verið fram á að aðferðin er næm fyrir breytingum vegna mengunar af mannavöldum og að með því að taka einnig tillit til þekju tækifæristegunda eykst næmi hennar verulega gagnvart vatnshlotum þar sem ástand er slakt eða lélegt (Neto o.fl. 2012).

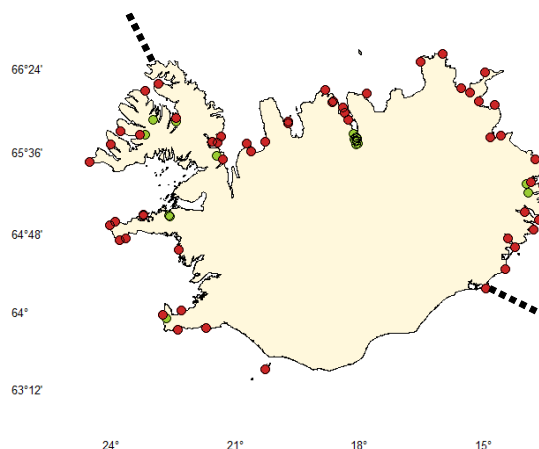
Aðferðin miðast eingöngu við þörunga í fjöru, en ekki neðan fjörunnar. Fjaran er skilgreind sem það svæði sem nær frá efri mörkum hrossaþara- eða marinkjarnabeltisins, eftir því hvor mörkin eru ofar, upp að efri mörkum dvergþangs, klapparþangs eða purpurahimnutegundarinnar *Porphyra umbilicalis* eftir því hver þessara tegunda er ríkjandi efst í fjörunni. Hæð fjörunnar er breytileg eftir svæðum við landið vegna mismunar í hæð sjávarfallabylgjunnar. Einnig hefur ölduhreyfing áhrif á hæð fjörunnar, sem er meiri í brimasömum fjörum en skjólsælum (Lewis 1964).

Landinu hefur verið skipt í tvö vistsvæði, sjá mynd 2 hér að framan. Að jafnaði breytist tegundasamsetningin smám saman þegar farið er réttisælis í kringum landið í samræmi við breytingar á hitastigi sjávarins. Hitabreytingin er samt einna skörpust við mörk skilgreindu vistsvæðanna (Unnsteinn Stefánsson 1969) og má því jafnframt búast við mestum breytingum á tegundasamsetningu fjörulífvera þar.

Vatnshlotum í strandsjó var síðan skipt í tvær gerðir út frá mismun í ölduhrifum, sjá mynd 2. Fjörulífverur þola misvel ölduhreyfingu og talsverður munur er því á tegundasamsetningu og fjölda lífvera í brimasömum og skjólsælum fjörum. Eins og með hitastig eru engin skörp skil milli svæða hvað varðar tegundasamsetningu í fjörunni heldur breytist hún smám saman með vaxandi ölduhreyfingu. Fjórar gerðir eru því skilgreindar í strandsjó, sbr. töflu 1.

Grunnur aðferðarinnar sem hér er lagt til að notuð verði við mat á gæðum vatnshlota er listi yfir tegundir þörunga sem finnast í viðkomandi fjöru og mat á þekju tækifæristegunda. Þörungaflóran hér við land er ólík þeirri sem er við meginland Evrópu og Bretlandseyjar. Þarf því að miða listann sem notaður er til grundvallar hér við land við íslensku þörungaflóruna.

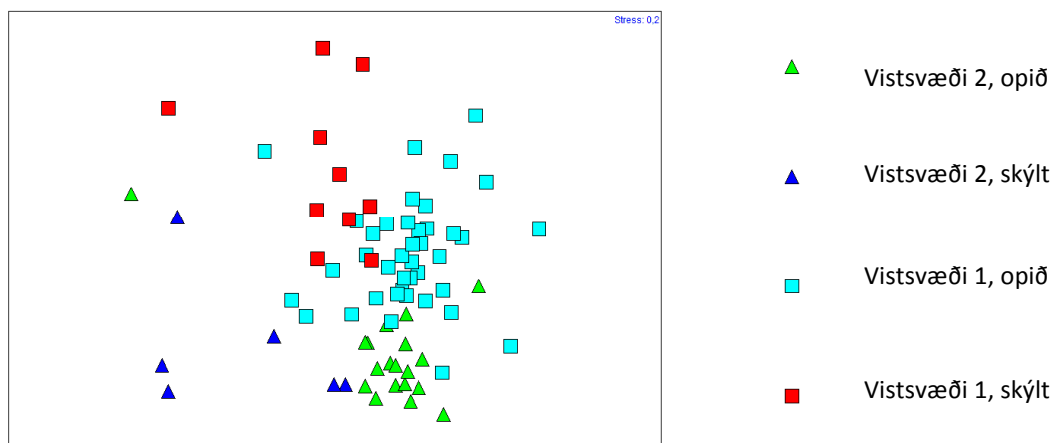
Til að gera listana var notast við upplýsingar um tegundir botnþörunga sem fundust í fjörum í úttekt á þörungagróðri við Ísland þar sem þörungum var safnað í fjörum allt í kringum land á árunum 1999 og 2005-2007 (Karl Gunnarsson og Svanhildur Egilsdóttir 2008). Einnig var notast við niðurstöður rannsókna sem hafa verið gerðar með sama hætti af öðru tilefni og geymdar eru í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunar, auk athugana á þörungagróðri í innanverðum Eyjafirði (Karl Gunnarsson 1979). Í hverri fjöru var einungis safnað í eitt skipti, alls voru listar frá 65 stöðum notaðir við úttektina, annars vegar 5 skjólsælar stöðvar og 21 opin fyrir öldunni á vistsvæði 2, hins vegar 4 skjólsælar stöðvar og 34 opnar fyrir öldunni á vistsvæði 1, sjá mynd 3.



3. mynd. Söfnunarstaðir þörunga í fjörum sem notaðir eru við gerð lista yfir þörunga fyrir mat á ástandi vatnshlota. Mörk milli vistsvæða eru sýnd fyrir suðaustan og norðvestan land með svartri punktalínu. Grænir deplar tákna stöðvar á skjólsælum stöðum og rauðir deplar á brimasömum stöðum.

Gerður var viðmiðunarlisti (tafla 4), þ.e. listi yfir þær tegundir sem búast má við að finna í óröskuðum fjörum í fjórum mismunandi gerðum vatnshlota. Þessi listi var stytur þannig að eftir urðu algengar tegundir sem sjást með berum augum og tiltölulega auðvelt er að greina. Smásæar tegundir sem einungis sjást við smásjárskoðun voru ekki teknar með né heldur tegundir sem vaxa fyrst og fremst neðan fjöru en finnast stöku sinnum neðst í fjörunni. Einnig var sleppt tegundum sem hafa útbreiðslumörk á öðru hvoru vistsvæðinu eins og sagþang og dvergþang sem einungis vaxa við Suðvesturland og í Vestmannaeyjum. Fyrir nokkrar ættkvíslir þörunga sem eru algengar í fjörum en er snúið að greina til tegunda var ákveðið að nota einungis ættkvíslina. Þetta gerði það að verkum að á viðmiðunarlistanum eru aðeins 53 tegundir og tegundahópar af þeim um 300 tegundum sem fundist hafa hér við land (Karl Gunnarsson og Sigurður Jónsson 2002).

Mikill munur getur verið á fjölda skráðra tegunda eftir stöðum. Þessi munur getur að einhverju leyti stafað af mismun í söfnunarátaki, hugsanlega vegna þess að sjávarstaða var mismunandi þegar safnað var eða að notaður var mislangur tími til söfnunar. Til að minnka þessa skekkju mætti staðla söfnunina t.d. með því að safna alltaf um stórstraum (t.d. þegar sjávarhæð um fjöru $\leq 0,3$ m), að tveir menn safni í 2 til 3 tíma og leiti í öllum undirbúsvæðum fjörunnar. Tegundafjölbreytni þörunga ræðst af ýmsum náttúrulegum þáttum svo sem hitastigi, brimasemi, árstíð, botngerð og fjölbreytni búsvæða fjörunnar (Karl Gunnarsson og Agnar Ingólfsson 1995). Til að unnt sé að bera saman tegundafjölbreytni í fjörum þar sem umhverfisaðstæður eru ólíkar þarf bæði að draga úr breytileikanum með því að staðla söfnunina t.d. hvað varðar árstíma og botngerð og leiðrétt fyrir áhrifum af mismunandi fjörugerðum. Við flokkun vatnshlota í gerðir var fyrst og fremst flokkað út frá brimasemi og hitastigi og þannig má segja að tekið hafi verið mið af áhrifum þessara þátta á tegundasamsetninguna. Til að meta hvort þessi áhrif komi raunverulega fram í tegundasamsetningu þörunganna voru gögnin greind með MDS aðferð, sjá mynd 4. Það kemur fram að nokkur munur er milli staða á vistsvæði 2 annars vegar og vistsvæði 1 hins vegar. Einnig er greinilegur munur í tegundasamsetningu eftir brimasemi.



4. mynd. Fjölpáttagreining (MDS) á tegundasamsetningu þörunga í 65 fjörum allt í kringum land. Hver punktur táknar eina athugunarstöð. Fjarlægð milli punkta gefur til kynna hversu lík tegundasamsetningin viðkomandi stöðva er.

Tafla 4. Þörungalisti (styttur) sem notaður er til grundvallar mati á gæðum vatnshlota. Listinn byggir á söfnun og greiningum botnþörungum úr um 100 fjörum, allt í kringum land. „Tækifæris“-tegundir eru þörungar sem eru algengir þar sem röskun hefur orðið vegna framkvæmda eða mengunar. Vaxtargerðir eru tvær annars vegar (1) þykkir, vefmiklir, tiltölulega langlífir þörungar og hins vegar (2) þunnir, fingerðir og skammlífir þörungar (sbr Orfanidis o.fl. 2003).

nr	Tegund	Vistsvæði		Búsvæði		Tækif.teg	Vaxtargerð		Þörungaflokkur		
		SV	NA	skjól	brim		I	II	g		r
1	<i>Acrosiphonia spp</i>	SV	NA	skjól	brim			2	g		
2	<i>Ahnfeltia plicata</i>	SV			brim		1				r
3	<i>Antithamnionella floccosa</i>	SV	NA		brim			2			r
4	<i>Ascophyllum nodosum</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
5	<i>Asperococcus fistulosus</i>		NA		brim		1			b	
6	<i>Blidingia minima</i>	SV	NA	skjól	brim	o		2	g		
7	<i>Ceramium/Polysiphonia spp</i>	SV	NA	skjól	brim			2			r
8	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	SV			brim			2	g		
9	<i>Chondrus crispus</i>	SV			brim		1				r
10	<i>Chordaria flagelliformis</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
11	<i>Cladophora spp</i>	SV		skjól	brim			2	g		
12	<i>Corallina officinalis</i>	SV	NA		brim		1				r
13	Corallinaceae, skorpa	SV	NA	skjól	brim		1				r
14	<i>Cystoclonium purpureum</i>	SV			brim		1				r
15	<i>Devaleraea ramentacea</i>	SV	NA	skjól	brim		1				r
16	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
17	<i>Dumontia contorta</i>	SV	NA	skjól	brim		1				r
18	<i>Ectocarpus</i> -lík	SV	NA	skjól	brim	o		2		b	
19	<i>Elachista fucicola</i>	SV	NA	skjól	brim			2		b	
20	<i>Eudesme virescens</i>	SV		skjól				2		b	
21	<i>Fucus distichus</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
22	<i>Fucus spiralis</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
23	<i>Fucus vesiculosus</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
24	<i>Hildenbrandia spp</i>		NA	skjól	brim		1				r
25	<i>Mastocarpus stellatus</i>	SV	NA		brim		1				r
26	<i>Membranoptera alata</i>	SV			brim			2			r
27	<i>Monostroma spp</i>	SV	NA	skjól	brim	o		2	g		
28	<i>Palmaria palmata</i>	SV	NA	skjól	brim		1				r
29	<i>Petalonia fascia</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
30	<i>Plumaria plumosa</i>	SV			brim			2			r
31	<i>Polysiphonia lanosa</i>	SV		skjól	brim			2			r
32	<i>Porphyra umbilicalis</i>	SV	NA		brim	o		2			r
33	<i>Prasiola stipitata</i>		NA		brim	o		2	g		
34	<i>Punctaria plantaginea</i>		NA	skjól			1			b	
35	<i>Ralfsia fungiformis</i>		NA		brim		1			b	
36	<i>Rhizoclonium spp</i>	SV		skjól	brim			2	g		
37	<i>Rhodochorton purpureum</i>	SV	NA	skjól	brim			2			r
38	<i>Rhodomela spp</i>	SV	NA		brim		1				r
39	<i>Saccharina latissima</i>	SV	NA		brim		1			b	
40	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	SV	NA	skjól	brim		1			b	
41	<i>Sphacelaria spp</i>	SV			brim			2		b	
42	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>	SV	NA		brim			2	g		
43	<i>Ulva (Enteromorpha) spp</i>	SV	NA	skjól	brim	o		2	g		
44	<i>Ulva/Ulvaria spp</i> (blaðlaga)	SV	NA	skjól	brim	o		2	g		
45	<i>Urospora/Ulothrix spp</i>		NA	skjól	brim	o		2	g		

Til að draga úr breytileika í gögnunum vegna mismunandi botngerðar er miðað við að aðferðinni sé einungis beitt á fjörur með stórgrýtis- eða klapparbotni. Til að draga úr breytileika vegna árstíða er gert ráð fyrir að einungis sé safnað á tímabilinu frá maí til september. Sérstakur leiðréttingarstuðull yrði síðan reiknaður út frá mati á ýmsum þáttum sem tengjast gerð fjörunnar og stuðullinn er notaður til að „staðla“ tegundafjölbreytileika. Fyrir utan tegundafjölda er einnig tekið tillit til hlutfalls grænþörungna, rauðþörungna og tækifæristegunda og einnig vaxtargerðar þörungna þ.e. hvort um er að ræða þykka, vefmikla þörungna eða þunnar himnur og fíngerða þræði. Skilgreiningar á vaxtargerð þörunganna er gerð með hliðsjón af flokkun Orfanidis o.fl. (2003) og tækifærisþörungna með hliðsjón af flokkun Wells o.fl. (2007) Að lokum er metin þekja tækifærisþörungna.

Niðurstöður mats með aðferðinni eru bornar saman við svokallað viðmiðunarástand, sem er ástand á sömu þáttum reiknað með sömu aðferð fyrir „hrein“ svæði með hliðstæðar náttúrulegar aðstæður. Tveir þættir sem aðferðin notar hafa ekki verið athugaðir hér við land á þann hátt að hægt sé að nota þá við útreikning á gæðastuðli. Þeir eru fjörugerðir og þekja tækifærisþörungna. Ekkert bendir til að hegðun tækifærisþörungna hér við land sé frábrugðin því sem er á Vesturströnd Evrópu og mætti því til bráðabirgða, nota þá stuðla sem hafa verið þróaðir þar. Fjörubeðurinn er hins vegar frábrugðinn á þessum tveimur svæðum. Hér við land er harður beður fjörunnar fyrst og fremst gljúpt og hrjúft basalt en í Evrópu ávalar granítklappir. Yfirborð og veðrun þessara bergtegunda er ólík og gæti það skipt máli varðandi gerð fjörunnar. Það þarf að gera athuganir á því hvernig fjörugerðin hér við land hefur áhrif á tegundafjölbreytni fjörunnar til að geta reiknað út gæðastuðul fyrir viðmiðunarstað.

Við ákvörðun á viðmiðunarástandi eru valdar fjörur á stöðum sem eru fjarri þéttbýli og ekki eru taldar vera undir álagi. Gildin fyrir matsþættina eru bráðabirgðatölur og eru ekki leiðréttar fyrir gerð fjörunnar þ.e. fjölbreytileika búsvæðisins. Slík leiðrétting er nauðsynleg til að staðla tegundafjölbreytileikann. Til að það sé hægt, þarf að bera saman fjölbreytileika búsvæða og tegundafjölda með beinum athugunum í fjörum. Þannig fást leiðréttingastuðlar sem eru nauðsynlegir við útreikninga á gæðum fjörunnar. Fyrir er ekki hægt að nota þessa aðferð við mat á gæðum vatnshlota.

Hér er eingöngu lagt til að ákvarða sé viðmiðunarástand fyrir brimasöm vatnshlot en þeim skjólsælu sleppt (tafla 5). Ástæðan fyrir því er að ekki eru til athuganir á tegundafjölbreytni þörungna í nægilega mörgum skjólsælum vatnshlotum til að hægt sé að skilgreina viðmiðunarástand þeirra. Úr þessu þyrfti að bæta með fleiri athugunum á botnþörungaflóru skjólsælla staða við landið.

Tafla 5. Mæliþættir sem lagt er til að nota við mat á ástandi vatnshlota og bráðabirgðatillaga að viðmiðunarástandi fyrir vatnshlot á vistsvæði 1 og 2 sem opin eru fyrir öldu, CN1152 og CS2152. Gefin eru upp gildi þeirra gæðapátta sem skoðaðir eru og lýsa viðmiðunaraðstæðum eða mjög góðu ástandi.

Gæðaflokkar	CN1152	CS2152
Tegundafjölbreytni	>25	>30
Hlutfall grænþörungna	<0,30	<0,25
Hlutfall rauðþörungna	>0,30	>0,40
Hlutfall vaxtargerða	<10	<0,90
Hlutfall tækifæristegunda	<0,30	<0,25
Þekja tækifæristegunda	0 - 32	0 - 32
Fjölbreytni í gerð fjöru	?	?

6.1.3 Botnlægir hryggleysingar

Til að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir einstaka gerðir vatnshlota skal nota gögn um botndýrafánu frá svæðum þar sem ekki er álag eða lítið álag. Öfugt við ýmis svæði í Evrópu, þar sem erfitt er að finna lítt snortin svæði sem nota má sem viðmiðunarsvæði, þá telst stór hluti þess hafsvæðis sem fellur undir lög um stjórn vatnamála hér við Ísland ósnortinn af þeim álagsþáttum sem um ræðir í reglugerð 535/2011.

Viðmiðunargildi eru fundin með því að skoða niðurstöður nokkurra rannsókna á viðkomandi vistsvæði og áætla hvað megi búast við háum gildum. Ekki er gerður greinamunur að svo stöddu á skýldum og opnum vatnshlotum þar sem gögn frá skýldum svæðum eru af mjög skornum skammti.

Fjölbreytileiki og hlutfall viðkvæmra og þolinna tegunda á ákveðu svæði eru grundvöllur þess að skilgreina viðmiðunaraðstæður og með því að beita fjölþáttagreiningu á þessi gögn er vistfræðilegt gæðahlutfall fundið. Ýmsar aðferðir eru notaðar við þessa greiningu (IQI, NQI, DKI, BQI, P-BAT, M-AMBI). Flestar þessara aðferða nota skilgreiningar AMBI kerfisins fyrir flokkun tegunda í hópa viðkvæmra eða þolinna tegunda (e. ecological groups EG I-V) (Borja o.fl. 2000) og ýmist er notaður Shannon - Wiener eða Simpson fjölbreytileikastuðull. Flokkun tegunda í þessa mismunandi hópa skiptir miklu máli fyrir ástandsflokkun vatnshlotanna. Tegundir geta sýnt mismunandi svörun við álagi eftir landfræðilegri staðsetningu þeirra. Reynt hefur verið að hanna sem bestan lista yfir þær tegundir sem finnast á okkar samanburðarsvæði, sem er Norðaustur Atlantshafið. Þannig hefur flokkun tegunda í hópa tekið stöðugum breytingum og mikilvægt að nota nýjasta listann við greininguna. Ekki er ráðlagt að breyta flokkun tegunda í hóp þar sem slíkt gæti valdið misræmi og skert samanburð milli landfræðilegra svæða. Í Noregi hefur farið fram mikil vinna við að flokka tegundir sem eru algengar þar við land í hópa viðkvæmra og þolinna tegunda og hafa verið reiknuð gildi (Norwegian Sensitivity Index, NSI og Indicator Species Index, ISI) fyrir 591 tegund botndýra og telja skýrsluhöfundar að notkun á NSI auki áreiðanleika ástandsflokkunar í Noregi (Rygg og Norling 2013).

Hafa ber í huga að ekki hefur farið fram sérstök úttekt á svörun botnlægra hryggleysingja við álagi hér við land. Því hefur ekki verið lagt marktækt mat á hversu lýsandi þessar skilgreiningar eru fyrir tegundir hér í viðkvæmar og þolnar samkvæmt AMBI flokkunarkerfinu né ISI gildi.

Í töflu 6 eru teknir saman þeir þættir sem vegnir eru saman við ákvörðun á viðmiðunaraðstæðum. Ekki er unnt að greina á milli skýldra og opinna vatnshlota í þessari greiningu en munur er gerður á vistsvæðunum tveimur. Í fyrstu umferð við innleiðingu nýrra laga um stjórn vatnamála hefur verið ákveðið að beita AMBI forritinu sem hefur verið sniðið að markmiðum vatnatilskipunarinnar við skilgreiningu svæða og viðmiðunaraðstæðna vatnshlota (www.AMBI.AZTI.es; Borja o.fl. 2012). Þar fæst ástandsflokkun m.t.t. botnlægra hryggleysingja með því að reikna M-AMBI sem er fengið út frá AMBI gildi, fjölbreytileika og tegundafjölda. Ýmsir varnaglar eru við notkun AMBI forritsins og ekki ber að nota það gagnrýnislaust. Náttúrulegur fjölbreytileiki innan svæðis getur verið það mikill að svæðið lendir ekki alltaf í sama ástandsflokki séu margar mælingar gerðar sem getur gefið misvísandi mynd af ástandi svæðisins. Því þarf að skoða vel þau sýni sem notuð eru og kanna hvort samræmi sé í niðurstöðu ástandsflokkunar og því sem hægt er að meta út frá eigin dómgreind og fyrirbyggjandi þekkingu á svæðinu.

Nánar eru þeir gæðapættir sem notaðir eru við flokkun og skilgreiningu:

1) Fjölbreytileiki; Shannon Diversity index $H' \log_2$.

$H' = -\sum(p_i) * (\log_2 p_i)$ þar sem p_i er hlutfall einstaklinga af tegund i þessi stuðull byggir á tegundafjölda (S) og þéttleika (N).

2) Hlutfall viðkvæmra og þolinna tegunda (vísitægunda fyrir mengun).

AZTI Marine Biotic Index, AMBI stuðull (Borja o.fl. 2000)

$AMBI [(0 \times \%EG I) + (1.5 \times \%EG II) + (3 \times \%EG III) + (4.5 \times \%EG IV) + (6 \times \%EGV)]/100$

(Muxika o.fl., 2005).

Samkvæmt AMBI stuðli eru tegundir skilgreindar í fimm vistfræðilega hópa (e. *Ecological groups EG I-V*) þar sem hópur I hefur hátt hlutfall viðkvæmra tegunda meðan hópur V hefur hátt hlutfall þolinna tegunda, sem gjarnan kallast þá tækifærissinnar. AMBI spannar skala 0-6 þar sem 0 er gott ástand og 6 er lélegt ástand og ef svæði er lífvana fær það gildið 7. M-AMBI (Muxika o.fl. 2007), samsettir stuðlar (factor analysis FA) fyrir fjölbreytileika (H'), tegundafjölda (S) og hlutfall viðkvæmra og þolinna tegunda (AMBI).

Tafla 6. Viðmiðunaraðstæður fyrir botnlæga hryggleysingja milli vistsvæðanna tveggja norðan lands og sunnan. Gefin eru upp gildi þeirra gæðapátta sem skoðaðir eru og lýsa viðmiðunaraðsæðum eða mjög góðu ástandi.

Gæðapættir	Index/stuðull	Viðmiðunaraðstæður
Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)	Multimetric M-AMBI	1
Viðkvæmar/þolnar tegundir	AMBI	0
Fjölbreytileiki, vistsvæði 2	H'	5
Fjölbreytileiki, vistsvæði 1	H'	4

6.2. Viðmiðunaraðstæður fyrir vetrarstyrk næringarefna

Eftirfarandi eru viðmiðunargildi fyrir styrk næringarefna sem er stuðningsþáttur við líffræðilegu gæðapættina í hverri vatnshlotagerð í strandsjó. Sýnd eru meðaltöl styrks að vetrarlagi. Samantekt er í töflu 7 og má glögglega sjá að lítill breytileiki er í meðaltalsstyrk næringarefna.

Vatnshlot af gerðinni CN1152 er strandsjór á vistsvæði 1 sem er opið fyrir öldu. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á rannsókn sem gerð var í Eyjafirði í janúar og febrúar árið 1993 og rannsókn sem gerð var í Skagafirði í febrúar 2007. Nítratstyrkur eru að jafnaði á bilinu 12,2 – 13,1 $\mu\text{mól l}^{-1}$ um miðjan vetur.

Vatnshlot af gerðinni CS2152 er strandsjór á vistsvæði 2 sem er opið fyrir öldu. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á mælingum á næringarefnum á stöðvum 2-4 á Faxaflóasniði í vetrarleiðöngum Hafrannsóknastofnunar frá 2005-2012, Patreks- og Tálknafirði frá árinu 2011 og utarlega á Breiðafirði frá 2008-2011. Nítratstyrkur eru að jafnaði á bilinu 12,8 – 13,5 $\mu\text{mól l}^{-1}$ um miðjan vetur.

Vatnshlot af gerðinni CN1352 er strandsjór á vistsvæði 1 þar sem skjól er fyrir öldu. Viðmiðunargildin sem notuð eru byggja á mælingum úr Steingrímsfirði árið 2011 og úr innanverðum Eyjafirði árið 1993. Nítratstyrkur eru að jafnaði á bilinu 11,1 – 13,3 $\mu\text{mól l}^{-1}$ um miðjan vetur.

Vatnshlot af gerðinni CS2352 er strandsjór á vistsvæði 2 þar sem skjól er fyrir öldu. Viðmiðunargildi sem notuð eru byggja á næringarefna mælingum innarlega úr Breiðafirði 2008-2011, Patreks- og Tálknafirði frá árinu 2011 og frá stöð 1 á Faxaflóa 2005-2011. Nítratstyrkur er að jafnaði á bilinu 11,6 – 13,1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ um miðjan vetur.

Tafla 7. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna ($\mu\text{mol l}^{-1}$) í janúar til mars fyrir skilgreindar gerðir í strandsjó.

Gerð	Vistsvæði	Ágangur	Selta	Mælingar	Nítrat	Fosfat	Kísill
CN1152	1	opið	>30	Eyjafjörður 1993	13,1±0,4 n=133	0,88±0,03 n=131	9,9±1,7 n=133
				Skagafjörður 2007	12,2±0,9 n=70	0,89±0,07 n=70	7,2±2,4 n=70
CN1352	1	skýlt	>30	Steingrímsfjörður 2011	11,1±1,2 n=17	0,76±0,06 n=17	6,0±0,8 n=17
				Eyjafjörður 1993	13,3±0,3 n=24	0,88±0,06 n=24	11,9±5,9 n=24
CS2152	2	opið	>30	Faxaflói 2005-2012	12,8±0,6 n=107	0,86±0,06 n=101	7,2±2,0 n=107
				Breiðafjörður 2008-2011	13,1±0,6 n=27	0,87±0,05 n=27	9,1±0,8 n=27
				Patreks og Tálknafjörður 2011	13,5±0,8 n=100	0,89±0,03 n=100	10,0±0,9 n=100
CS2352	2	skýlt	>30	Faxaflói 2005-2010	12,5±0,5 n=24	0,86±0,06 n=24	8,7±1,0 n=24
				Breiðafjörður 2008-2011	12,1±1,2 n=22	0,87±0,05 n=21	9,2±1,1 n=22
				Patreks og Tálknafjörður 2011	13,4±0,8 n=49	0,92±0,04 n=49	11,8±0,8 n=49

7. NIÐURLAG

Hér eru gerð tilraun til að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir vatnshlot í strandsjó svo hægt sé að ástandsflökka þau u.þ.b. 50 vatnshlot sem skilgreind hafa verið í strandsjó við Ísland. Þeir gæðapættir sem lagt er til að notaðir verði eru lífmassi svifþörunga (blaðgræna a), tegundafjöldi og fjölbreytileiki hryggleysingja á mjúkum botni og tegundasamsetning og þekja botnþörunga og styrkur næringarefna. Nánar um gæðapættina:

Lagt er til að við mat á viðmiðunaraðstæðum fyrir svifþörunga séu notaðar niðurstöður úr blaðgrænumælingum á sýnum úr efstu 5 metrunum. Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður fyrir botnlæga hryggleysingja taka einkum mið af botndýrafánu á mjúkum botni þar sem erfitt er að safna sýnum á hörðum botni. Til að skoða ástand á botndýrafánu eru notaðir stuðlar sem taka á fjölbreytileika og hlutfalli milli viðkvæmra og þolinna tegunda. Við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum og ástandi vatnshlota í strandsjó er fyrir botnþörunga lagt til að notuð verði tegundasamsetning (og þar með tilvist viðkvæmra tegunda) og að hluta til þekja botnþörungategunda. Til ákvörðunar á viðmiðunargildum fyrir næringarefni er lagt til að reikna meðalstyrk þeirra úr gögnum frá janúar til mars, en árlegur hámarksstyrkur er um miðjan vetur.

Viðmiðunarmörk hafa verið sett fyrir þær 4 vatnshlotagerðir sem skilgreindar hafa verið í strandsjónum fyrir næringarefni og blaðgrænustyrk og botnlæga hryggleysingja fyrir vistsvæðin tvö, fyrir botnþörunga hefur viðmið verið sett fyrir vistsvæði 2. Þau gögn sem liggja til grundvallar þeim niðurstöðum sem lýst er hér að framan eru takmörkuð og ber að hafa það í huga þegar niðurstöður eru skoðaðar.

8. HEIMILDASKRÁ

Agnar Ingólfsson 2006. The intertidal seashore of Iceland and its animal communities. *Zoology of Iceland*, I (7), 1-85.

Agnes Eydal 2003. Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði. Impact of nutrients on phytoplankton succession in Hvalfjörður. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit 99, 44 s.

Anon 2010. Þættir úr vistfræði sjávar 2009. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar 152.

Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., de Torres, M. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 172-180.

Best, M., Wither, A., Coates, S. 2006. Dissolved oxygen as a physico-chemical supporting element in the water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6), 53-64.

Borja Á., Mader J., Muxika I. 2012. Instructions for the use of the AMBI index software (version 5). *Rekvista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 19(3), 71-82.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.

Carletti, A., A.-S. Heiskanen (eds) 2009. Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: coastal and transitional waters. Eur – Scientific and Technical series. 240 s. DOI 10.2788/19561.

Cloern, E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210, 223–253

COAST 2,4 2002. Guidance on typology, reference conditions and classification systems for transitional and coastal waters. Produced by CIS working Group 2,4.

Davíð Egilson, Elísabet D. Ólafsdóttir, Eva Yngvadóttir, Helga Halldórsdóttir, Flosi Hrafn Sigurðsson, Gunnar Steinn Jónsson, Helgi Jensson, Karl Gunnarsson, Sigurður A. Þráinsson, Andri Stefánsson, Hallgrímur Daði Indriðason, Hreinn Hjartarsson, Jóhanna Torlacius, Kristín Ólafsdóttir, Sigurður R. Gíslason og Jörundur Svavarsson 1999. Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Starfshópr um mengunarmælingar. 138 s.

Devlin, M., Painting, S., Best, M. 2007. Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance. *Marine Pollution Bulletin*. 55(1–6), 65–73.

Devlin, M., Best, M., Coates, D., Bresnan, E., O'Boyle, S., Park, R., Silke, J., Cusack, C., Skeats J. 2007. Establishing boundary classes for the classification of UK marine waters using phytoplankton communities. *Mar. Pollut. Bull.* 55, 91–103

Erla Sturludóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, Hrönn Jörundsdóttir, Elín Magnúsdóttir, Kristín Ólafsdóttir, Gunnar Stefánsson 2013. Spatial and temporal trends of contaminants in mussel sampled around the Icelandic coastline. *Science of the Total Environment*, 454,500-509, DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.042>.

Guidance document nr. 3, 2003. Analysis of Pressures and Impacts, European Communities.

Guidance document nr. 5, 2003. Transitional and Coastal Waters, Typology, Reference Conditions and Classifications Systems, European communities.

Hafrannsóknastofnun 2013. Stöðuskýrsla fyrir Umhverfisstofnun. Skilgreining á gerðum í strandsjó við Ísland.

Hafrannsóknastofnun 2013. Stöðuskýrsla fyrir Umhverfisstofnun. Flokkun strandsjávar í vatnshlot.

Helgi Jónsson 1912. The marine algal vegetation of Iceland. *Botany of Iceland I(1)*, 1-186.

Hydes, D.J., Gowen, R.J., Holliday, N.P., Shammon, T., Mills, D., 2004. External and internal control of winter concentrations of nutrients (N, P and Si) in north-west European shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 151-161.

Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Jóhannes Briem 2008. Vatnsföll og vistkerfi strandsjávar. *Náttúrufræðingurinn* 76, 95-100.

Juantes, J.A., Guinda, X., Puente, A., Revilla, J.A. 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological indicators* 8, 351 – 359.

Karl Gunnarsson 1979. Botnþörungur í innanverðum Eyjafirði. *Náttúrugripasafnið á Akureyri*, Fjölrit nr 8, 39 s.

Karl Gunnarsson, Svanhildur Egilsdóttir 2008. Botnþörungur í sjó við Ísland. *Hafrannsóknastofnunin*. Fjölrit 139, 25-28.

Karl Gunnarsson, Sigurður Jónsson 2002. Benthic marine algae of Iceland: revised checklist. *Cryptogamie, Algologie* 23(2), 131-158.

Karl Gunnarsson, Agnar Ingólfsson 1995. Seasonal changes in the abundance of intertidal algae in Southwestern Iceland. *Botanica Marina* 38, 69-77.

Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson 1976. The effect of sewage on the distribution and cover of littoral algae near Reykjavík. Preliminary results. *Acta Bot. Isl.* 4, 58-66.

Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir 2004. Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Hafrannsóknastofnun, Fjölrit, 107, 56 s.

Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveið Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir, Öivind Kaasa 2002. Ecology of Eyjafjörður Project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 – August 1993. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit 89, 1-129.

Lewis J.R. 1964. The Ecology of rocky shores. English University Press, London

Mascaró, O., Alcoverro, T., Dencheva, K., Krause-Jensen, D., Marbà, N., Neto, J.M., Nikolić, V., Orfanidis, S., Pedersen, A. 2012. Exploring the robustness and reliability of several macrophyte-based classification methods to assess the ecological status of coastal and transitional ecosystems. Book of Abstracts to "Water bodies in Europe Integrative Systems to assess Ecological status and Recovery" (WISER) Conference Tallinn, Estonia, 25-26 January 2012.

Moy, F.E., Dahl, K., Karlsson, J., Kautsky, H., Ruuskanen, A., Carstensen, J. 2010. Nordic intercalibration of hard bottom macroalgae monitoring methodologies. TemaNord 2010:543, 76 s.

Muxika, I., Borja, Á., Bald, J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Mar. Pollut. Bull. 55, 16-29.

Muxika, I., Borja, A., Bonne, W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. Ecol. Indic. 5, 19-31.

Neto, J.M., Gaspar, R., Pereira, L., Marques, J.C. 2012. Marine Macroalgae Assessment Tool (MarMAT) for intertidal rocky shores. Quality assessment under the scope of the European Water Framework Directive. Ecological Indicators 19, 39–47.

Nixon, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. Ophelia 41, 199–219

Orfanidis, S., P. Panayotidis, N. Stamatis 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). Ecological Indicators 3, 27-33.

OSPAR 2001. Annex 5: Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure og the Common Procedure. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.

OSPAR, Commission 2003. The OSPAR integrated report 2003 on the Eutrophication status of the OSPAR Maritime Area based upon the first application of the Comprehensive Procedure. Includes "baseline/assessment levels used by Contracting Parties and monitoring data (MMC 2003/2/4: OSPAR publication 2003: ISBN: 1 – 904426-25-5).

Painting, S., M. Devlin, S. Rogers, D.K. Mills, E.R. Parker, H.L. Rees, 2005. Assessing the suitability of OSPAR EcoQOs for eutrophication vs ICES criteria for England and Wales. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 1569–1584.

Panayotidis P., B. Montesanto, S. Orphanidis 2004. Use of low budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology.* 16, 49-59.

Reglugerð 535/2011. Útg. Stjórnartíðindi 31. maí 2011.

Rueness, J. 1973. Pollution on littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to *Ascophyllum nodosum*. *Helgoländer Wiss. Meeresunters.* 24, 446-454

Rygg, B., Norling, K. 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA, report SNO 6675-2013.

Sólveig R. Ólafsdóttir 2011. Áhrif þéttbýlis á næringarefni í Faxaflóa. Í Þættir úr vistfræði sjávar 2010. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar nr. 158.

Sólveig R. Ólafsdóttir 2006a. Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar nr. 122.

Sólveig R. Ólafsdóttir 2006b. Næringarefnaástand í hafinu við Ísland. Skýrsla til Umhverfisstofnunarinnar. Óbirt.

Stjórn Vatnamála, lög nr. 36/2011

Tett, P., Gilpin, L., Svendsen, H., Erlandson, C. P., Larson, U., Kratzer, S., Fouillans, E., Janzen, C., Lee, J.-Y., Grenz, C., Newton, A., Ferreira, J.G., Fernandes T., Scory, S. 2003. Eutrophication and some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23, 1635-1671.

UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive Classification Schemes in River Basin Planning 2005. An Overview.

Umhverfisstofnun 2013. Stöðuskýrsla fyrir vatnasvæði Íslands, skipting vatns í vatnshlot og mat á helsta álagi af starfsemi manna á vatn.

United Kingdom Technical Advisory Group 2009, Version 2. ISBN: 978-1-906934-18-7 og 978-1-906934-17-0 og 2008, 978-1-906934-13-2.

Unnsteinn Stefánsson 1969. Sjávarhiti á siglingaleið umhverfis Ísland. Í M.Á. Einarsson (ritstj.) *Hafísinn*, 131-149. Almenna Bókafélagið, Reykjavík.

Unnsteinn Stefánsson, Jón Ólafsson 1991. Nutrients and fertility of Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 12 (3), 1-56.

Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB.

Veileder 01:2009-Klassifisering af ökologisk tilstand i vann.

Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P., Scanlan, C. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework. *Marine Pollution Bulletin* 55, 151–161.

Þórunn Þórðardóttir 1986. Timing and duration of spring blooming south and southwest of Iceland. Í Skreslet, S., (ritstj.): *The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems*. NATO ASI Series G. Vol. 7, Springer Verlag, Berlin, s. 345-360.

Þórunn Þórðardóttir, Unnsteinn Stefánsson 1977. Productivity in relation to environmental variables in the Faxaflói region 1966 – 1967. *ICES C.M.* 1977/L:34, 26s.