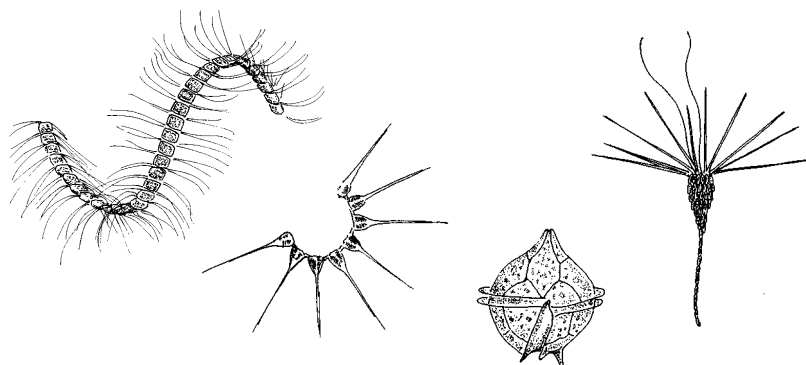


Lífriki sjávar



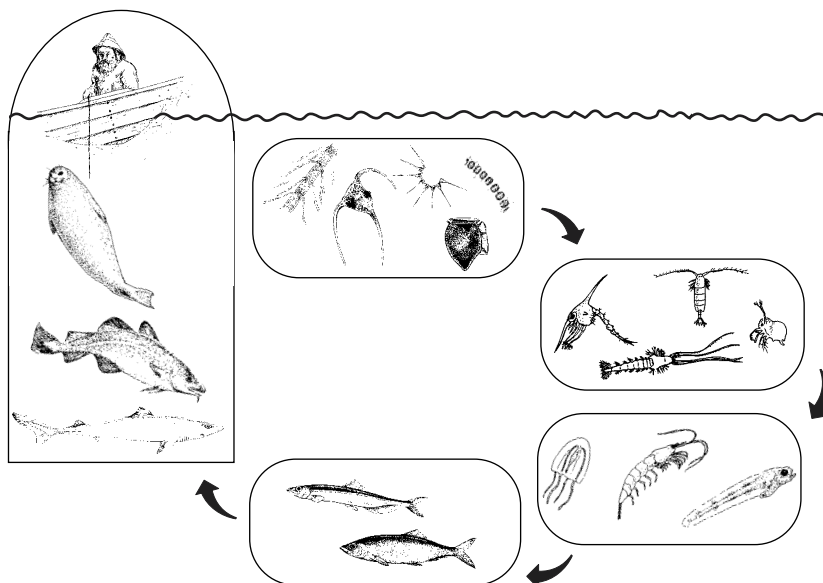
PLÖNTUSVÍF

eftir
Þórunni Þórðardóttur og
Kristín Guðmundsson

PLÖNTUR Í SJÓ

Nánast öllum plöntum, bæði í sjó og á landi, er það sameiginlegt að geta ljóstillífað. Ljóstillífur eru ein merkilegustu efnahvörf sem um getur í ríki náttúrunnar. Þau felast í því að plöntur beisla ljósorku og breyta í efnaorku með því að nýta einföld ólífræn efni til myndunar orkuríkra lífrænna efnasambanda. Aðeins lífverur með blaðgrænu geta ljóstillífað því að það er blaðgrænan sem tekur við ljósorkunni og miðlar henni til þessarar mikilvægu starfsemi. Eins og við vitum komast dýr og menn ekki af án lífrænna efna sem plöntur mynda né súrefnisins sem þær losa í umhverfið. Vandalaust er að átta sig á tengslum plantna og dýra á landi, en ekki er eins augljóst hverjar plönturnar eru sem mynda lífrænu efnin sem dýr sjávar þurfa til að geta vaxið og dafnað.

Plöntur í sjó eru nær eingöngu þörungar. Aðeins örfáar ættkvíslir háplantna er að finna á grynningum við landið. Það er venja að skipta þörungum sjávar í tvo meginhópa, botnþörungum og svifþörungum. Botnþörungur vaxa á eða við botn meðfram ströndum. Þegar dýpkar frá landi dregur úr birtu við botninn og takmarkar það útbreiðsu þeirra. Hér við land vaxa botnþörungur niður á um það bil 50 metra dýpi, annars staðar þar sem sjórinn er tærari og hæð sólar er meiri geta þeir vaxið dýpra, jafnvel á 200 metrum. Miðað við viðáttu heimshafanna er svæðið, þar sem botnþörungur geta þrífist, örmjótt, tæplega 2% af yfir-



1. mynd. Fæðukeðja í sjó, einfölduð mynd.

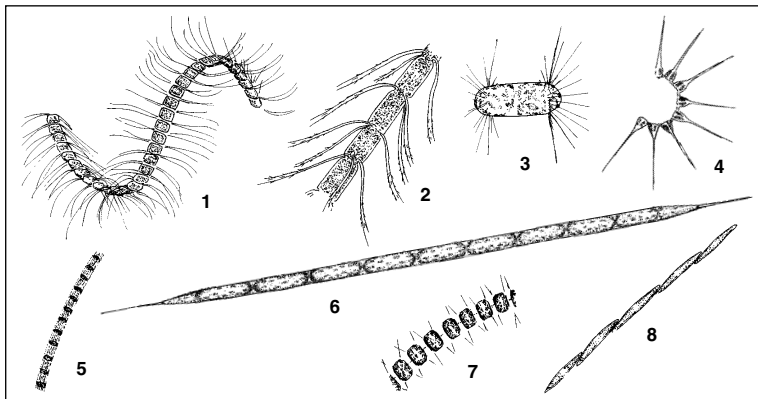
borði heimshafanna. Sjávardýr eiga því afkomu sína að mestu undir örsmáum einfruma þörungum, svifþörungum, er hafast við í yfirborðslögum sjávar. Hver planta er aðeins brot úr millimetra í þvermál og sést ekki með berum augum. Þrátt fyrir smæðina er það ekkert smáræði sem þessar plöntur hafsins framleiða af lífrænu efni. Talið er að samantölgð framleiðsla þörungum í sjónum sé álika mikil og allra plantna á landi. Vert er að hafa hugfast, þegar plöntuframleiðsla á landi og í sjó er borin saman, að sjór þekur u.þ.b. 7/10 hluta af yfirborði jarðar.

Þegar hugað er að því hve örsmáir svifþörungarnir eru, er forvitnilegt að skoða eftir hvaða leiðum þeir nýtast fiskum og öðrum stærri nytjadýrum í sjó (1. mynd). Það eru smæstu dýr sjávar, svifdýrin, sem gera sér mat úr svifþörungunum, þau eru síðan étin af öðrum stærri svif- og sunddýrum sem aftur eru étin af enn stærri dýrum. Fæðuvefur sjávar er þó mun flóknari en hér er sýnt, t.d. má nefna að fæðu-

val fiska breytist verulega frá lírfustigi til fullvaxinna dýra. Oft er því erfitt að vita hvað á að reikna með mörgum hlekkjum í fæðuvef hafsins frá plöntum til mismunandi dýrastofna, en nýting milli hlekkja í fæðukeðjum í sjó er talin vera u.þ.b. 10%. Til samanburðar við nytjar í sjó er afrakstur af búfenaði miklu meiri, enda nærast hann yfirleitt beint á plöntunum eins og kunnugt er.

SVIFÞÖRUNGAR

Plönturnar í svifi sjávar hafa verið kallaðar plöntusvif til aðgreiningar frá dýrasvifinu. Svifverur hafa enga eða ekki nægilega sundfimi til að hamla gegn hreyfingum sjávar og berast því með straumum. Eins og áður sagði er hver planta aðeins ein fruma og hún fjölgar sér aðallega við skiptingu. Svifþörungur hafa auk blaðgrænu ýmis önnur litarefni, t.d. gul og brún, sem hylja græna litinn. Aðgreining í flokka er meðal annars byggð á mismunandi litarefnum, en einnig á byggingu frumuveggjar-



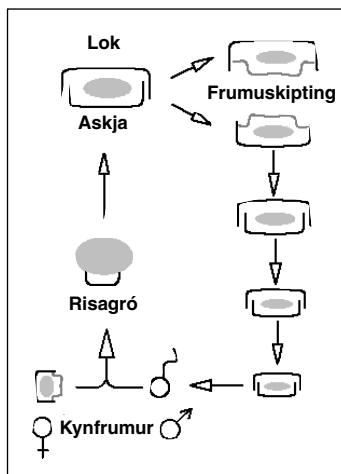
2. mynd. Kísilþörungur (flokkur *Bacillariophyceae*), nokkrar algengar tegundir: (1) *Chaetoceros debilis*, (2) *Chaetoceros concavicornis*, (3) *Corethron hystrix*, (4) *Asterionellopsis glacialis*, (5) *Skeletonema costatum*, (6) *Rhizosolenia hebetata f. semispina*, (7) *Thalassiosira nordenskiöldii*, (8) *Pseudonitzschia seriata*.

ins, frumulíffærum, forðanæringu og gerð svipu ef hún er til staðar. Í plöntusvifinu kveður lang mest að þremur hópum svifþörungna, kísilþörungum, skorubörungum og kalksvifþörungum. Hér verður fjallað lítillega um nokkur sérkenni þeirra.

Kísilþörungur (flokkur *Bacillariophyceae*, 2. mynd) draga nafn sitt af því að utan um frumuna er skel úr kísli sem er byggð eins og askja með loki. Kísilþörungur fjölga sér með frumuskiptingu (3. mynd). Þegar þeir skipta sér losnar skelin í sundur og verður hvor helmingur lok á nýrri frumu, sem myndar öskjuna. Við endurteknar skiptingar fjölga því frumum sem hafa minna ummál en móðurfruman. Upprunalegri stærð getur þörungurinn náð í kjölfar kynæxlunar. Eftir samruna kynfrumna verður til risagró sem myndar stóra skel á nýjan leik.

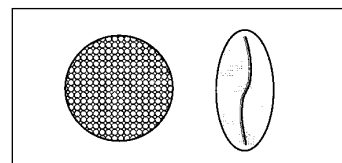
Á skel kísilþörungna er fjöldinn allur af smáum götum sem gegna meðal annars því hlutverki að auðvelda frumunni samskipti við umhverfið svo sem

upptöku nauðsynlegra efna og losun úrgangsefna. Frumurnar tengjast oft lauslega með slímþúðum, slímþráðum eða á annan hátt og geta myndað



3. mynd. Æxlan kísilþörungna: Endurteknar frumuskiptingar kísilþörungna valda því að skeljarnar minnka. Dótturfrumurnar fá hvor sinn skeljarhelminginn sem verður lok á nýrri öskju. Dótturfrumur sem fá öskju móðurfrumunnar við frumuskiptinguna mynda því minni öskju en móðurfruman hafði og þannig koll af kalli. Þegar ákveðinni lágmarksstærð er náð mynda þær síðan risagró eftir kynæxlun og ná upphaflegri stærð á ný.

langar keðjur. Lagið á öskjunni, mynstrið sem götin mynda á skelinni og tenging frumanna í keðjur er einkennandi fyrir tegundir og notað við greiningar. Kísilþörungum er skipt í tvo hópa, staflaga og hringlaga (4. mynd), eftir því hvort mynstrið ofan á skeljarhelmingnum radast frá línu (staflaga) eða frá punkti (hringlaga). Algengt er að kísilþörungur á strandsvæðum myndi dvalargró sem auðvelda þeim að lifa af tímabil þegar skilyrði henta ekki til vaxtar.

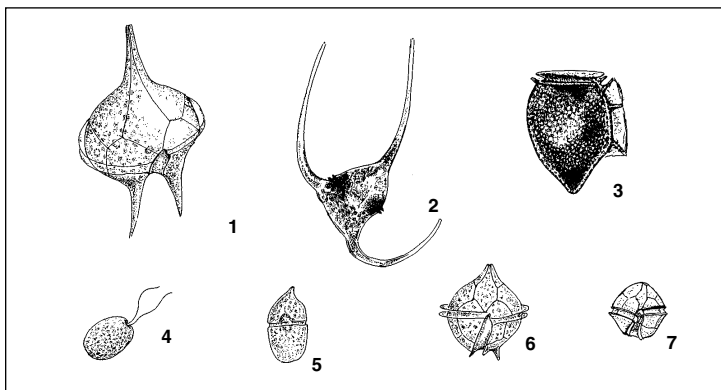


4. mynd. Hringlaga og staflaga kísilþörungur.

Eðlisþyngd kísilþörungna er meiri en sjávar og þeir synda ekki af eigin rammleik, enda allir svipulausir. Margar tegundir mynda langar keðjur og hafa svokallaða bursta sem með öðru dregur úr sökkhraða þeirra. Flot hæfnin og lóðrétt blöndun í yfirborðslaginu stuðlar að því að þörungarnir haldast þar sem birtu nýtur.

Kísilþörungna er að finna um öll heimsins höf. Mest kveður að þeim á hafsvæðum norðan og sunnan til á hnettinum og á þeim svæðum þar sem endurnýjun næringarefna er nokkuð stöðug, t.d. á uppstreymissvæðum. Þeir eru áberandi bæði í svifinu og sem botnlægar tegundir.

Skorubörungur (flokkur *Dinophyceae*, 5. mynd) eru nefndir



5. mynd. Skorubörungar (flokkur *Dinophyceae*), nokkrar algengar tegundir:

- (1) *Protoperidinium depressum*, (2) *Ceratium longipes*,
(3) *Dinophysis norvegica*, (4) *Exuviaella sp.*,
(5) *Gymnodinium sp.*, (6) *Protoperidinium pellucidum*,
(7) *Alexandrium tamarense*.

svo af því að flestir hafa þeir tvær skorur, langskoru og þverskoru. Tegundir sem hafa ekki þessi einkenni fullvaxin mynda gró sem hafa skorur. Þar sem skorurnar mætast á framhliðinni eru op fyrir tvær svipur, býsna ólíkar að byggingu og liggur önnur svipan í þverskorunni en hin í langskorunni. Svipurnar vinna þannig saman að þörungurinn syndir með skrúfuhreyfingu. Sundhæfnin gerir þeim kleift að leita ákjósanlegra skilyrða t.d. hæfilegrar birtu. Frumurnar hafa ýmist harðan frumvegg úr beðmi eða eru vegglausar. Veggurinn hjá þeim sem hann hafa er samsettur úr plötum, en fjöldi þeirra, lögun og niðurröðun er einkennandi fyrir ættir og tegundir.

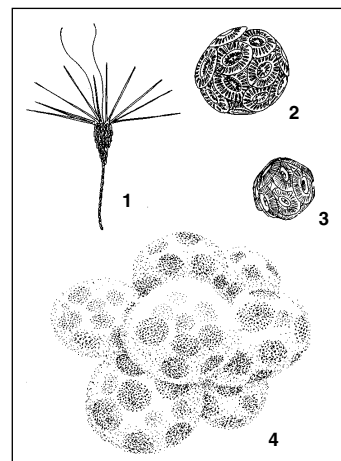
Meðal skorubörunga eru margar tegundir sem eru án blaðgrænu og ljóstillifa því ekki, heldur nærast á lífrænum efnum og öðrum lífverum. Þessar tegundir eru bleikar á lit en þær sem ljóstillifa eru brúnar. Eins og kísilbörunga mynda margir skoru-

þörungar dvalargró. Þau eru sum afar lífseig og geta fjölgað sér á nýjan leik eftir að hafa legið áratugi í seti á sjávarbotni.

Sumar tegundir skorubörunga mynda eitrefni sem geta valdið alvarlegum lasleika og jafnvel dauða manna og dýra. Svo er að sjá sem eitrefni skorubörunga séu hættulegri hryggdýrum en hryggleysingjum. Til eru mörg dæmi um fjöldadauða fiska sem rakin hafa verið til eittraðra þörunga, en skeldýr og aðrir hryggleysingar sem neyta þeirra virðast þrífast vel. Í sjó við Ísland eru nokkrar tegundir skorubörunga sem geta myndað hættuleg eitrefni, en aðeins er vitað um fáein tilvik þar sem þeir hafa valdið skaða hér við land. Skorubörungar hafa kynæxlun, en fjölga sér aðallega við frumskiptingu. Yfirleitt vaxa þeir frekar hægt miðað við kísilbörungana, en við sérstakar aðstæður getur fjöldi skorubörunga orðið þvilkur að sjórinn verður brúnrauður (blóðsjór). Skorubörungar geta einnig orðið áberandi að haustlagi

þegar birtu fer að bregða, því að sumar tegundir þeirra geta verið sjálflýsandi, og er það ein af skýringunum á því fyrirbæri sem kallað er maurildi. Aðalheimkynni skorubörunga eru heittempruð höf og þar er fjölbreytnin mikil. Í sjó við Ísland og á nálægum hafsvæðum kveður einna mest að skorubörungum að sumarlagi.

Kalksvifbörungar eru að jafnaði smærri en bæði kísilbörungar og skorubörungar. Þeir eru alsettir örsmáum kalkplötum sem eru mjög fingerðar en fagurlega skapaðar. Flokkun og greining kalksvifbörunganna er að mestu byggð á kalkplötugerðinni, en greining þeirra er engan veginn auðveld í venjulegri smásjá vegna þess hve smáir þeir eru. Kalksvifbörungar tilheyra flokki *Haptophyceae* (6. mynd), og



6. mynd. Nokkrar tegundir kalksvifbörunga, og *Phaeocystis sp.* flokkur *Haptophyceae*:

- (1) *Calciopappus caudatus*,
(2) *Coccolithus pelagicus*,
(3) *Emiliana huxleyi*,
(4) *Phaeocystis pouchetii*.

bera einkenni þess flokks hvað varðar litarefni, forðanæringu sem og svipugerð, þ.e. tvær jafnlangar svipur og á milli þeirra þráðlaga viðhengi.

Kalksviþörungar eru alla jafna ekki áberandi í sjónum við Ísland, enda heimkynni þeirra aðallega úthafið þar sem sjór er heitari en hér. Ein tegund, *Emiliana huxleyi*, dafnar þó vel á norðlægum slóðum. Utan landgrunnins sunnan við Ísland og allt til Bretlands er algengt að þessi tegund kalksviþörunga finnist í miklu magni og talið er að hún eigi ríkan þátt í varanlegri bindingu kalks og þá einnig koltvísýrings í heimshöfunum. Einstök ár hefur þessi tegund borist inn á Faxaflóa. Þegar fjöldinn er mikill, tugir milljóna frumna í líter af sjó, fær sjórinn á sig mjólkurlitan blæ.

Það er einnig vert að minnast á tegundina *Phaeocystis pouchetii* (6. mynd), sem tilheyrir flokki Haptophyceae, en er þó ekki kalksviþörungur. Mikið kveður að þessari tegund í plöntusvifinu á norðurhluta íslenska hafsvæðisins, þó að veruleg áraskipti séu á magni og útbreiðslu. Við viss skilyrði myndar þörungurinn slímhjúp og fjölgar sér í honum. Þyrpingin sem þá verður til er sýnileg berum augum. Bæði *Emiliana huxleyi* og *Phaeocystis pouchetii* geta myndað roksgjarnt brennisteinssamband sem talið er að geti valdið niðurbroti á ósoni í lofthjúpi jarðar.

LÍFSSKILYRÐI Í SJÓ

Sérhver planta í svifi sjávar er ein fruma, en starfsemi hennar er flókin og lífrænu efnin sem

hún myndar eru áþekkt þeim sem háplöntur á landi mynda. Svifþörungar gera því líkar kröfur til umhverfis og aðrar plöntur, þeir þurfa birtu og nauðsynleg næringarefni. Fyrir utan kolefni, vetni og súrefni, sem er meginuppistaðan í lífrænu efnunum sem plöntur mynda, eru fjöldamörg önnur efni lífsnauðsynleg.

Næringarefni

Það má líta á sjóinn sem næringarlausn þar sem öll efni sem plöntur sjávar þarfnast eru fyrir hendi. Flest efnin eru til staðar í ríkulegum mæli, en skortur getur þó orðið á köfnunarefni, fosfór og kísli sem takmarkar þá vöxt þörunganna. Þegar fjallað er um næringarefni í sjó er venjulega átt við þessi efni. Fosfór og köfnunarefni eru nauðsynleg öllum plöntum og yfirleitt eru hlutföll þessara efna þau sömu í plöntunum og í sjónum. Kísill er hins vegar aðeins nauðsynlegur kísilþörungum og fáeinum öðrum svifþörungum sem nýta hann í skel sína.

Ljós

Þörungar þurfa ljós til að geta ljóstillífað. Sólarljósið er breytilegt eftir breiddargráðum, árstíma, tíma sólarhrings og skýjafari. Tæplega helmingur af orku sólarljóssins frá heiðum himni er nýtanleg til ljóstillifunar, því að plöntur geta aðeins beislað ljósorku á ákveðnu bylgjusviði. Þetta bylgjusvið er nokkurn veginn það sama og mannsaugað nemur og hæfir því að kalla það birtu. Hluti af birtunni sem skín á hafflötinn endurkastast, en mismikið eftir aðstæðum. Birtan sem

nær undir yfirborð sjávar dvínar mjög ört með dýpi, mest í efstu metrunum. Uppleyst efni og smáagnir, þar á meðal svifþörungar, gleypa og dreifa ljósinu. Almennt gleypa þörungar bláa ljósið, en endurvarpa því græna og því verður sjórinn grænn þegar mikið er af þörungum.

Jafnvægisdýpi nefnist það dýpi í sjónum þar sem ljósið er rétt nægilegt til að svifþörungar geti myndað jafn mikið af lífrænum efnunum og þeir eyða jafnóðum við öndun, en sjórinn fyrir ofan er nefndur birtulag. Því meira sem er af svifþörungum í birtulaginu því ofar liggur jafnvægisdýpið. Við Ísland hefur jafnvægisdýpið reynst vera á bilinu 10–60 metrar.

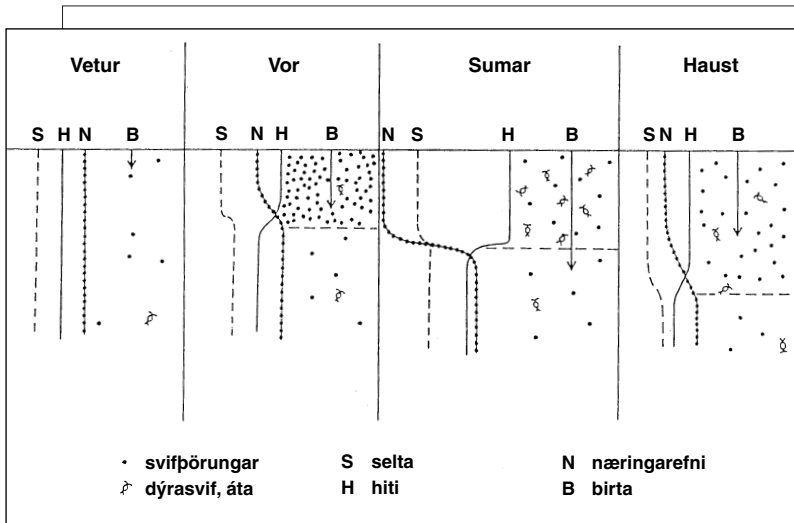
Næg birta og nauðsynleg næringarefni eru forsendur þess að svifþörungarnir geti dafnað. Ýmsir aðrir þættir geta verið ráðandi um það hve mikið er af plöntum á hverjum stað, t.d. ástand sjávar (lagskipting og blöndun) og beit dýra, eins og fram kemur hér á eftir.

ÁRSTÍMABREYTINGAR

Í sjó við Ísland og á nálægum hafsvæðum, þar sem árstíðaskipti eru, verða miklar breytingar í yfirborðslögum sjávar yfir árið. Við skulum skyggjast undir yfirborðið (7. mynd) og sjá hvað einkum einkennir ástandið vetur, vor, sumar og haust á okkar slóðum.

Vetur

Á veturna blandast sjórinn niður á mikið dýpi. Við blöndunina endurnýjast næringarefnin í yfirborðslaginu eftir að hafa tæmst



7. mynd. Umhverfi plöntusvífsins á mismunandi árstímum. Lóðréttu línurnar, sem tákna seltu, hita og næringarefnastyrk, sýna dreifingu miðað við dýpi. Hliðrun til hægri sýnir hækkun og hliðrun til vinstri lækkun á viðkomandi umhverfispætti. Hnykkur í seltu og/eða hita gefur til kynna mun á eðlisþyngd sjávar og þar með lagskiptingu. Lengdin á örvunum gefur til kynna dýpt birtulagsins.

að mestu sumarið áður vegna starfsemi plantnanna. Í lok vetrar er því mikið af næringarefnum, en lítil birta sem nær skammt niður í sjóinn. Vegna blöndunarinnar fá svifþörungar ekki nægilegt tóm til vaxtar þar sem birtu nýtur. Fjölgun þeirra er því óveruleg eða engin.

Vor

Með hækkandi sól á vorin eykst birtan og nær lengra niður í sjóinn. Sjórinn við yfirborðið hitnar og verður eðlisléttari en djúpsjórinn og svokallað hitaskiptalag myndast. Skil geta einnig myndast þar sem yfirborðssjór blandast minna söltum sjó t.d. þar sem ferskvatn rennur til sjávar. Í eðlisléttu yfirborðslaginu geta þörungarnir nýtt sér birtuna og næringarefnin og skipta sér ört. Næringarefnaforðinn minnkar hratt þegar þörungunum fjölgar en jafnframt fer að bera á litlum

krabbadýrum, dýrasvífi, sem éta þörungana.

Sumar

Þegar kemur fram á sumarið hefur yfirborðssjórinn hitnað til muna og hitaskilin orðið skarpri. Næringarefni eru að mestu uppurin og lítillar viðbótar von

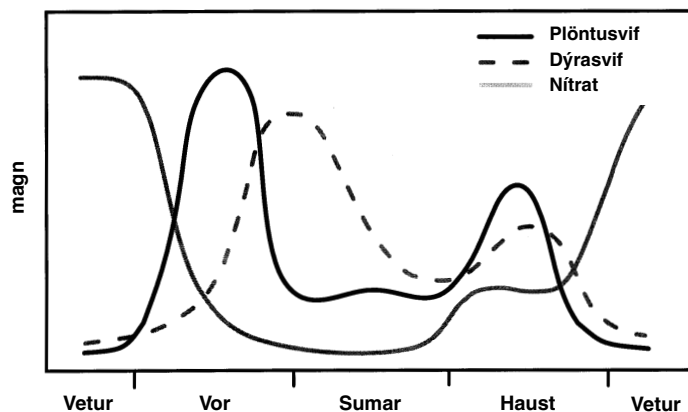
vegna lagskiptingarinnar. Plöntusvífið er oft fremur rýrt á sumrin og það sem við bætist er étið jafnóðum af dýrasvífinu.

Haust

Á haustin blandast yfirborðssjórinn vegna kólnunar og tíðir haustvindar eiga þátt í að flýta þeirri atburðarás. Við blöndunina raskast hitaskilin og birtulagið auðgast af næringarefnum frá djúpsjónum, enn fremur eru beitardýrin að mestu horfin. Meðan blöndunin nær ekki of langt niður í sjóinn miðað við birtu, geta þörungarnir fjölgað sér tímabundið. Þegar líður á haustið dregur stöðugt úr birtu við yfirborð og jafnframt nær blöndunin dýpra svo að fyrr en varir tekur plöntufátækt vetrarins við.

Gróðurfar

Eins og fram kemur á 8. mynd eru oft tvö gróðurhámark, vorhámark og hausthámark. Gróðuraukning er hægfara fyrst í stað en fer ört vaxandi þar til hámarki er náð. Nokkuð fljótlega



8. mynd. Breytingar á magni plöntusvífs, dýrasvífs og styrk nitrats yfir árið á norðanverðu Atlantshafi.

dregur úr fjölgun svifþörungum og innan tíðar tekur við plöntufæð sumarsins (sbr. 7. mynd). Það getur verið álitamál hvort næringarefnaskortur eða beit dýra valdi því hve snögglega gróðurinn minnkar á vorin. Líklegt er að hvort tveggja skipti máli. Ef svifdýrin éta ekki kísilþörungana falla þeir til botns og verða fæða fyrir skeldýr og önnur botndýr.

Hér með er ekki öll sagan sögð um þær breytingar sem verða yfir árið í yfirborðslögum sjávar á okkar slóðum, tegundasamsetning plöntusvifsins breytist einnig mikið. Í meginatriðum getur verið sama röðun á hlutdeild tegunda ár eftir ár á sama svæði og má jafnvel átta sig á hve langt er liðið á vorhámarkið með því að athuga hvaða tegundir eru í svifinu.

Þegar sprettan byrjar eftir plöntufæð vetrarins eru kísilþörungur sá plöntuhópur sem mest lætur að sér kveða. Meðan vorhámarkið varir koma margar tegundir við sögu en oft eru ein eða tvær þeirra ríkjandi í stuttan tíma í senn og svo taka aðrar við forystunni.

Þegar líða tekur á vorið og kísil þrýtur fer að bera á öðrum þörungum, svo sem skorubörungum, sem geta dafnað vel meðan fosfór og köfnunarefni endast. Í plönturýrum sumarsjó ber helst á skorubörungum og smágerðum tegundum ýmissa flokka. Þegar haustar og lagskiptingin riðlast getur tegundaskipanin verið margbreytileg, ýmist ægir saman öllum plöntuhópum eða aðeins fáeinar tegundir ríkja.

Við verðum að hafa hugfast

að þær árstímabreytingar sem hér hefur verið lýst eru skólabókardæmi um breytingar sem vænta má á nálægum strandsvæðum. Reynslan hefur hins vegar sýnt að framvindan getur verið býsna fjölbreytileg frá einum stað til annars og frá ári til árs.

SÖFNUN OG RANNSÓKNIR

Eins og fram er komið eru svifþörungur örsmáir og verða vart greindir með berum augum. Það var því ekki fyrr en farið var að nota smásjár að athygli manna beindist að þessum lífverum sjávar seint á 18. öld. Í fyrstu voru það áhugamenn sem heilluðust af margbreytilegu formi svifsins. Síðar tóku náttúrufræðingar við og skrifuðu lýsingar á tegundum, flokkuðu þær og könnuðu útbreiðslu þeirra. Til sýnatöku voru notaðir háfar með finniðnum dúk. Fljótlega varð þó ljóst, að í háfana safnaðist aðeins hluti af plöntusvifinu, smærri tegundirnar smugu í gegnum möskvana. Enn í dag eru háfsýni notuð til að fá grófa mynd af plöntusamfélaginu og auðvelda tegundagreiningu.

Snemma á þessari öld fóru menn að beita ýmsum öðrum aðferðum til að ná hverri ögn úr sjósýnum t.d. með skilvindum. Sannari mynd af plöntusamfélaginu fæst með því að telja svifþörungana í botnfalli ákveðins rúmmáls af sjósýni. Svokölluð setaðferð var þróuð í þessum tilgangi um 1930. Svifþörungur í sjósýni eru látnir botnfalla í þar til gerðum hólkum á þunnt botngler og síðan taldir og greindir í sérstakri smásjá. Sumar tegundir

verða þó ekki aðgreindar nema í rafeindasmásjám.

Í lok 19. aldar, þegar menn höfðu gert sér grein fyrir mikilvægi svifþörungum fyrir allt lífríki hafsins kom fjörkippur í rannsóknir á plöntusvifi og nú er ýmsum aðferðum beitt við rannsóknirnar. Hér verður aðeins minnst á aðferðir sem notaðar hafa verið við rannsóknir á plöntusvifinu í sjó við Ísland.

Sjósýni til rannsókna er safnað með sjötökum, þ.e. hólkum sem hægt er að loka á hvaða dýpi sem er. Um borð eru sýnin síðan meðhöndluð eftir því hvaða þætti á að rannsaka. Hiti, selta og dýpi er alla jafna skráð um leið og sjötökunum er sókkt. Mælingar á birtu eru mikilvægar þegar vöxtur plantna er rannsakaður. Yfirborðsbirtuna er auðvelt að mæla með þar til gerðum birtunemum, en til að finna hver birtan er á mismunandi dýpi er auðveldast að finna fyrst hver deyfistuðull ljóssins er í sjónum og reikna síðan út birtumagnið á viðeigandi dýpi. Deyfistuðullinn má finna á einfaldan hátt með því að mæla sjóndýpið. Sú athugun felst í að ákvarða dýpið þar sem hvít skífa, 30 cm að þvermáli, hverfur sjónum þegar henni er sókkt. Talningar og greiningar á svifþörungum, eins og lýst var hér að framan, gefa mikilsverðar upplýsingar, en eru tímafrekar og krefjast sérþekkingar. Það má nota ýmsar efnafræðilegar aðferðir við rannsóknir á plöntusvifinu. Þegar mæla á magn plöntusvifs er blaðgrænan oftast mæld í litrófsmæli, en framleiðni plantnanna (ljóstillifunin) er yfirleitt mæld

með svokallaðri geislakolsaðferð. Aðferðin felst í því að bæta þekktu magni af geislavirku kolefni út í sjósýni í glærri flösku og rækta það síðan í viðeigandi hita og birtu í ákveðinn tíma. Að ræktun lokinni er plöntusvifið síað frá til að finna hve mikið af geislavirka kolefninu hefur bundist í lifræn efnasambönd. Fjölmargar aðrar aðferðir koma til greina við rannsóknir á plöntusvifi og fer það eftir viðfangsefni rannsóknanna hvaða aðferðum er beitt hverju sinni.

ÍSLENSKA HAFSVÆÐIÐ

Lífsskilyrði plöntusvifsins í sjónum við Ísland eru afar misjöfn og kemur þar margt við sögu. Íslenska hafsvæðið er á mótum heitra og kaldra hafstrauma. Úr suðri berst hlýr og saltur Atlantssjórinn¹ að landinu sunnan- og vestanverðu og grein af þessum hlýsjávarstraumi nær norður fyrir Horn. Að norðan koma Austur-Grænlandsstraumurinn með pólsjó² og Austur-Íslandsstraumurinn sem ber með sér svalsjó³. Áhrif hlýsjávar á norðursvæðinu eru mismikil eftir árum og árstímum og sömuleiðis er svalsjór og pólsjór í misríkum mæli á miðunum fyrir norðan landið, en er fjær dregur frá landi verða þessar sjógerðir allsráðandi. Norðaustan og austan við landið er svalsjórinn ríkjandi. Skörp skil eru milli pólsjávar og hlýsjávar norðvestur af landinu og milli svalsjávar og hlýsjávar suðaustur af landinu, sem ræðst m.a. af legu landsins á neðansjávarhryggnum milli Skotlands og Grænlands. Upp við landið blandast árvatnið söltum sjónum og myndar

strandsjóinn⁴ sem streymir rétt-sælis umhverfis landið.

Vaxtarskilyrði plöntusvifsins eru að ýmsu leyti frábrugðin eftir því hvort um er að ræða hlý-, sval-, póls- eða strandsjó og plöntusamfélögin sem þar þrífast hvert öðru frábrugðin. Mismun á vaxtarskilyrðum má marka meðal annars af tímasetningu vorhámarksins og ólíkri framvindu gróðurs sumar og haust, en hvoru tveggja hefur áhrif á ársframleiðnina. Við straumskil skapast sérstakar aðstæður, frábrugðnar þeim sem einkenna straumana sem mætast. Frjósemi við straumskil er oft við mikil, vegna þess að blöndunin sem þar á sér stað veitir næringarefnum nokkuð stöðugt til birtulagsins og skapar plöntusvifinu skilyrði til vaxtar á nærliggjandi svæðum yfir gróðurtímabilið. Áhrif neðansjávarhryggja geta verið á sömu lund, djúpsjór auðugur af næringarefnum berst upp til yfirboðslagsins og eykur þar á næringarefnaforðann. Auk þessa geta skapast hentug skilyrði fyrir vöxt plöntusvifs við tíð skipti blöndunar og lagskiptingar þar sem vindasamt er eins og til dæmis á sunnlenska landgrunninu. Við blöndunina endurnýjast forði næringarefna í birtulaginu og þegar seltulágur strandsjórinn flæðir yfir svæðið á ný gefst plöntunum færi á að nýta þau við nægilega birtu.

Ljóst er af rannsóknum að gróðurkoma í sjónum við landið verður missnemma. Gróður getur verið kominn vel á skrið inni á fjörðum tveimur mánuðum áður en hann byrjar að taka við sér í úthafinu. Eins kann að vera tals-

verður munur á gróðurkomu frá einu ári til annars á sama svæði og getur það verið afdrifaríkt, ekki aðeins fyrir smádyrin heldur líka fyrir stærri dýr. Hrygning rauðátu er meðal annars háð því hvort hún fær nægilega fæðu, sem er fyrst og fremst plöntusvif. Enn fremur hafa rannsóknir sýnt að ungvíði rauðátu er kjörfæða t.d. þorsklirfa þegar þær byrja að éta eftir að kvíðpokinn er orðinn rýr. Gróðurkoma á hrygningarsvæðum og í námunda við þau getur því verið einn af mörgum þáttum sem ráða því hvernig klakið tekst hverju sinni hjá rauðátu og þorski.

Vorið er tími tímgunar flestra fiska og hryggleysingja við landið. Ekki er líklegt að klukka hrygningar hjá dýrum sé stillt inn á aðstæður sem eru forsendur gróðurkomu á hverjum stað. Því má ætla að mikil röskun á gróðurkomu geti valdið sveiflum á afkomu hvers kyns ungvíðis sem þarfnast smágerðrar fæðu.

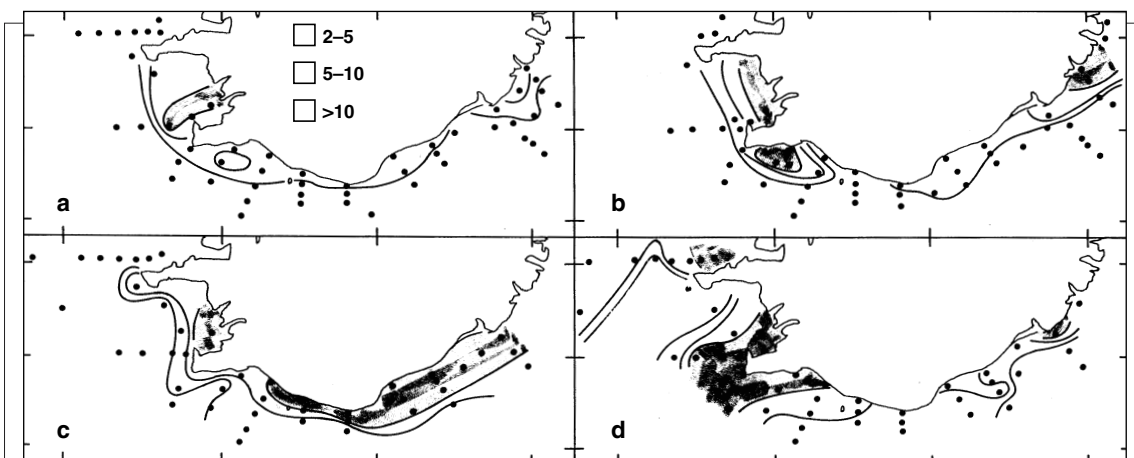
Meginhrygningarsvæði margra mikilvægra fiskistofna er á sunnlenska landgrunninu og eftir klak er álitnið að megnið af liffum og seiðum berist með straumi norður með vesturströndinni og inn á miðin norðvestan og norðan landsins. Vitað er að mikill áramunur getur verið á gróðurkomu á þessu víðáttumikla svæði en aðstæðurnar sem valda þessum mun eru ekki þær sömu á hlýsjávarsvæðinu sunnan og vestan landsins og fyrir norðan landið. Það er ekki úr vegi að gera nokkra grein fyrir hvenær gróðurkomu er að vænta að vori með tilliti til aðstæðna á þessum mikilvægu svæðum.

¹ Atlantssjór: berst að landinu með N-Atlantshafsstraumnum, sjávarhiti yfir 6 gráður Celsius og seltan 35,0 g í líter eða meiri.

² pólsjór: berst að með A-Grænlandsstraumnum, sjávarhitinn er undir 0 gráðum Celsius og seltan minni en 34,5 g í líter.

³ svalsjór: er blanda af Atlantssjó og pólsjó sem er aðallega að finna norðan og austan Íslands.

⁴ strandsjór: er sjór sem streymir réttssælis meðfram ströndum landsins, og er aðallega myndaður við blöndun á Atlantssjó eða svalsjó við ferskvatn frá landi.



9. mynd. Framleiðni á 10 m dýpi, a) síðla í apríl 1979, b) í byrjun maí 1979, c) síðla í apríl 1981 og d) í byrjun maí 1981. Stöðvarnar þar sem sýni voru tekin eru merktar á kortið með punktum og jafndreifilínurnar aðgreina svæðin þar sem frumframleiðnin var 2, 5, 10 mg af kolefni á rúmmetra á klukkustund.

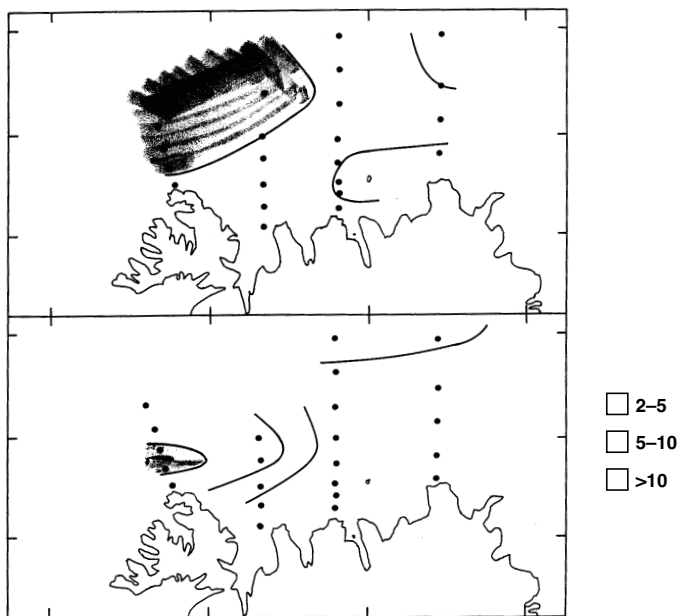
Hlýsjávarsvæðið suður og vestur af landinu

Að meðaltali er kominn mikill gróður í innanverðum Faxaflóa

seinni hluta mars en sambærileg gróðuraukning verður ekki í mynni flóans eða á landgrunninu utar fyrr en í fyrri hluta maí. Á

landgrunninu sunnanlands verður gróðuraukning aðeins í mjóu belti næst landi í maíbyrjun en seinkar eftir því sem utar dregur. Síðari hluta maí hefur gróður tekið við sér í úthafinu en þá hefur dregið úr gróðurmagninu nær landi.

Á landgrunninu, bæði fyrir sunnan og vestan, er fullsaltur hlýsjór ríkjandi í vorbyrjun. Veruleg gróðuraukning fyrir miðjan maí er að mestu háð því að ferskvatnsblandaður og eðlisléttur yfirborðssjór berist út á grunnin og haldist þar í nokkurn tíma. En það er aftur háð ýmsu hvar og hvenær það gerist, meðal annars því hvenær leysingar hefjast á landi, úr hvaða átt vindur blæs og hve mikill hann er. Það er því allmismunandi frá einu ári til annars hvernig til tekst með sprettuna eins og niðurstöður frá 1977 og 1981 bera með sér (9. mynd). Á úthafinu er einnig áramunur á gróðurkomu og útbreiðslu gróðursvæða vegna þess að myndun hita-skiptalags verður missnemma.



10. mynd. Meðaltöl framleiðni á 10 m dýpi að vorlagi: a) á hlýárunum '72, '73, '74, '76, '78 og '80, b) á köldu árunum '70, '71, '75, '77 og '79. Stöðvarnar þar sem sýnin voru tekin eru merktar á kortið með punktum og jafndreifilínurnar aðgreina svæðin þar sem frumframleiðnin var 2, 5 og 10 mg af kolefni á rúmmetra á klukkustund.

Sum ár er kominn mikill gróður í úthafinu síðari hluta maí, en það getur allt eins dregist fram í júní önnur ár.

Hafsvæðið norðanlands

Hafsvæðið norðan landsins er býsna flókið. Auk hlýsjávarins sem berst inn á svæðið að vestan er þar pólsjór, svalsjór og strandsjór. Lagskipting verður missnemma í þessum sjógerðum og þar með gróðurkoman.

Eftir vetrarblöndunina snemma á vorin er hlýsjóinn oftast að finna allra vestast á svæðinu. Austar hittum við fyrir svalsjó sem er kaldari og seltulægri en hlýsjóinn. Næst landinu og inni á fjörðum er svo strandsjór.

Svalsjórinn verður fyrir lagskiptur en hlýsjóinn. Í svalsjónum getur vorhámark myndast um mánaðamótin apríl og maí eða um það bil mánuði fyrir en í hlýsjónum. Í hlýsjóartungunni sem smám saman færast austar eftir því sem líður á vorið hitna yfirborðslögin hægt, lagskipting myndast ekki fyrir en seint í maí, og því verður vorhámarkið um og eftir mánaðamótin maí og júní. Gróðurkoman í strandsjónum verður mun fyrir en utar, jafnvel í mars inni á fjörðum.

Enn er sagan um gróðurkomu á Norðurlandsmiðum bara hálf-sögd. Eins og komið er fram er innstreymi hlýsjávar að vorlagi afar misjafnt og þess vegna getur miklu munað frá ári til árs hvenær gróðurkoman verður á svæðinu. Sum ár nær hlýr og saltur sjór austur undir Melrakkaslétu, önnur ár verður hans ekki vart á svæðinu (10. mynd). Þá ber að nefna seltulágan og kald-

an pólsjóinn sem getur flætt inn á svæðið og blandast yfirborðsjónum sem fyrir er. Lagskipting verður þá snemma og vorhámark jafnvel um garð gengið í apríllök. Þegar pólsjór leggst yfir norðurmiðin verða skilin milli yfirborðslagsins og djúpsjávarins oft mjög skörp og yfirborðslagið því snautt af næringarefnum og gróðri eftir vorhámark.

Á norðursvæðinu stafar árlegur munur á gróðurkomu og framvindu gróðurs á vorin fyrst og fremst af misjafnri útbreiðslu ólíkra sjógerða. Að sjálfsgöðu koma aðrir þættir við sögu, sem verða til að seinka eða flýta gróðurkomunni, og þar með er talinn þáttur veðurfarsins.

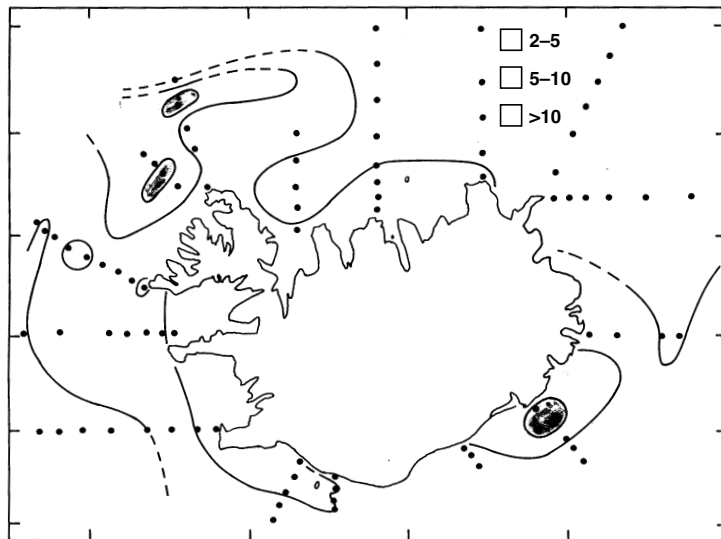
SUMARÁSTAND Í SJÓN-UM UMHVERFIS ÍSLAND

„Eftir vorhámark tekur við plöntufæð sumarsins“ var sagt

hér að framan. Það má til sanns vegar færa því að víða við landið dregur mjög úr vexti þörunganna þegar vorhámark kísillþörunganna er um garð gengið. Það er samt ljóst að framvinnan yfir sumartímann er ærið misjöfn eftir hafsvæðum. Meðaltal framleiðnimælinga í ágúst (11. mynd) undirstrika þennan mun á vexti plöntusviðsins á útbreiðslusvæði hlýsjávar annars vegar og áhrifasvæði svalsjávarins hins vegar. Það sem helst skýrir umræddan mun á sumarástandi gróðurs er mikill munur á lagskiptingu á þessum svæðum. Hafa ber þó í huga að framvinnan yfir sumarið getur verið býsna ólík frá einu ári til annars.

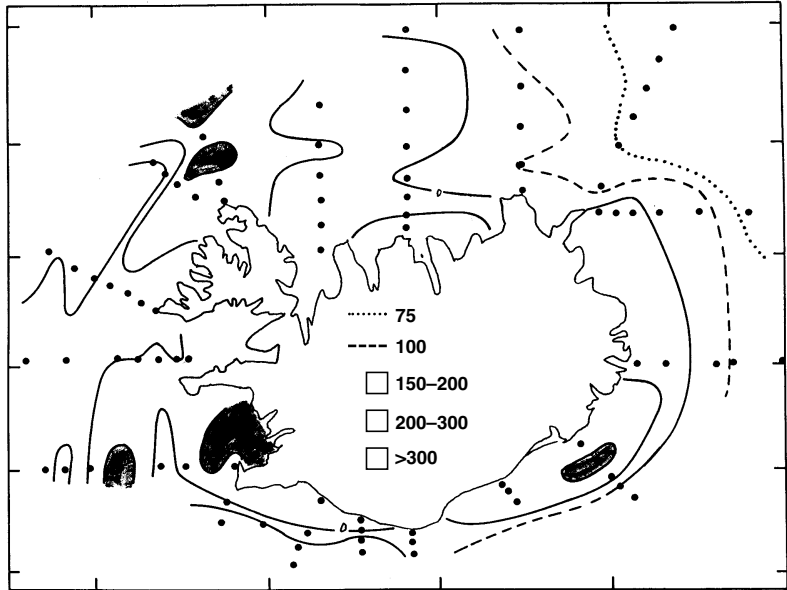
HAUST

Eftir lögð í fjölda sviðþörunganna yfir sumarið kemst oft skriður á fjölgun þeirra með haustinu og



11. mynd. Meðaltöl framleiðni á 10 m dýpi síðsumars frá 1970 til 1980. Punktarnir á kortinu sýna stöðvarnar þar sem mælingar voru framkvæmdar, og jafndreifilínurnar aðgreina svæðin þar sem frumframleiðnin var 2–5, 5–10 og >10 mg af kolefni á rúmmetra á klukkustund.

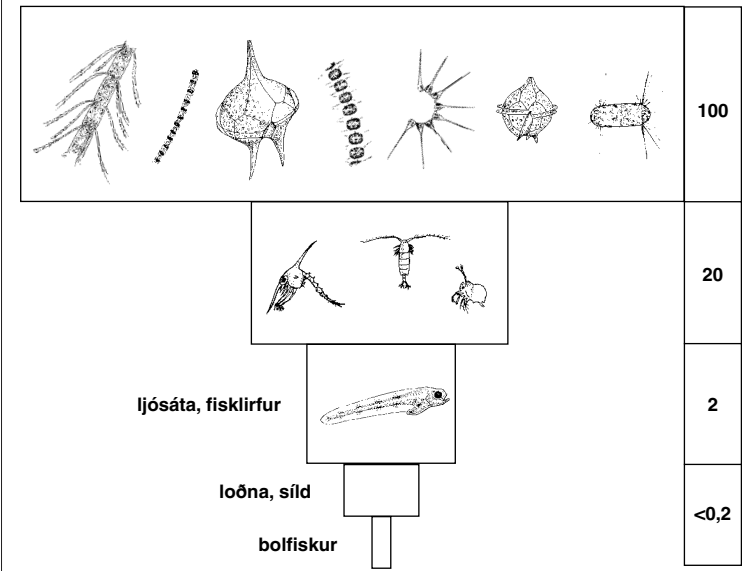
er það kallað hausthámark. Á íslenska hafsvæðinu er hausthámark engan veginn eins árvisst og vorhámarkið. Eins og við munum (sbr. 7. mynd) er það kólnun yfirborðssjávarins og blöndun í kjölfarið sem leiðir til þess að næringarefni berast til birtulagsins. Meðan haustblöndunin nær ekki mjög djúpt niður í sjóinn, tekst svifþörungunum að nýta aukinn forða næringarefna og skipta sér hratt. En haustvindar eru oft stríðir og því meira sem blæs því dýpra nær blöndunin og jafnframt dregur smám saman úr birtunni sem fellur á yfirborðið. Ráðrúm til ljóstillífunar að haustinu er því oft skammvintt og stundum ekkert ef snemma haustar og stormar verða tíðir. Veruleg aukning á gróðri með haustinu verður helst inni á fjörðum.



13. mynd. Meðalframleiðni árána 1958–1982 umhverfis Ísland. Stöðvar þar sem mælingar voru gerðar eru merktar á kortið með punkti. Jafndreifilínurnar aðgreina svæðin þar sem ársframleiðnin er 75, 100, 150, 200 og >300 g af kolefni á fermetra á ári.

MEDALFRAMLEIÐNI ÍS-LENSKA HAFSVÆÐISINS
Segja má að framleiðni plöntu-
svífs í sjönnum umhverfis Ísland sé

mikil þegar mið er tekið af frumframleiðni heimshafanna. Landgrunnið er frjósamara en úthafið, meðalframleiðnin þar er ríflega 200 grömm af kolefni á fermetra á ári, en á þeim hluta úthafsins þar sem rannsakað er reglulega á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar er meðalframleiðnin á hvern fermetra um 150 grömm af kolefni á ári. Heildarframleiðni innan hefðbundins rannsóknasvæðis umhverfis landið er að meðaltali um 55 milljón tonn af kolefni á ári, en þegar gert er ráð fyrir öllu svæðinu innan fiskveiðilögsögunnar verður útkoman 120 milljónir tonna. Á 12. mynd má sjá hvernig framleiðsla svifþörungaskilar sér til mismunandi dýrahópa í fæðukeðju sjávar og er þá reiknað með að 10% skili sér milli þrepa. Ætla má að hlutfall kolefnis og lífmassa sé u.þ.b. 1:30, og ef mið er tekið af 12.



12. mynd. Fæðupíramídi í sjó sem sýnir nokkrar algengar lífverur flokkaðar eftir líklegri röðun þeirra í fæðukeðjunni. Flatarmál kassanna samsvarar áætlaðri ársframleiðni á hverju þrepi.

mynd og framangreindu hlutfalli má gera ráð fyrir að frumframleiðslan innan 200 mílna fiskveiðilögsögunnar standi undir 3–4 milljónum tonna lífmassa á 4. þrepi fæðupíramíðans. Til samanburðar má nefna að aflinn sem íslenski fiskveiðiflotinn landar árlega er um 1.5–2 milljónir tonna, og stærstur hluti þess er loðna.

Hafsvæðin við Ísland eru misfrjósöm eins og fram kemur á 13. mynd. Hæst er framleiðnin í sunnanverðum Faxaflóa og í námunda við straummótin suðaustan og norðvestan landsins, en lægst norðaustur af landinu. Heildarframleiðnin er að meðaltali meiri á áhrifasvæði hlýsjavar en þar sem svalsjór ræður ríkjum, og ræður líklega mestu þar um munurinn í lagskiptingu sjávar yfir sumarmánuðina.

GRÓÐURSAMFÉLÖG Í SJÓNUM VIÐ ÍSLAND AÐ VORLAGI

Í strandsjónum við Ísland, eins og víða í Norður-Evrópu, breytast plöntusamfélögin fram eftir vori samkvæmt nokkuð ákveðnu munstri. Fyrstir svifþörungur til að hasla sér völl á vorin eru kísilþörungur, og af þeim koma fyrst á veltvang tegundir af ættkvísl *Thalassiosira*, en síðan taka við *Chaetoceros* tegundir, oft í fylgd með öðrum ættkvíslum kísilþörungum (2. mynd). Að áliðnu vori fer að bera á skorupörungum (5. mynd) innan um kísilþörungana, en breytingar á samfélögum síðar ráðast af ríkjandi aðstæðum á hverju svæði. Þar sem lagskipting sjávar er viðvarandi má búast við fátæklegum skorupörungagróðri,

en þar sem blöndun er tíð geta kísilþörungur dafnað sumarlangt. Sum ár geta kalksvifþörungur (6. mynd) borist með hlýsju upp á grunnsævi í byrjun sumars, sérstaklega sunnan og vestan landsins. Svifþörungur gera mismunandi kröfur til umhverfisins og því hafa breytingar í umhverfinu áhrif á hvernig samfélögin þróast á hverjum stað. Í úthafinu þar sem áhrifa strandsjávarins gætir ekki er gróðurframvinda helst háð því hvaða tegundir eru á svæðinu þegar skilyrði skapast til gróðuraukningar. Í hafinu sunnan og vestan landsins eru þó tegundir af ættkvíslinni *Pseudonitzschia* öðrum fremur áberandi í vorsvifinu.

Könnun á plöntusamfélögum í vorleiðöngurum, sem farnir eru um mánaðamótin maí júní ár hvert, gefa til kynna mikla fjölbreytni samfélaga í sjónum við landið á þessum árstíma. Milli tíu og tuttugu mismunandi samfélög hafa fundist umhverfis landið þau ár sem svifþörungasamfélögin hafa verið könnuð.

Það er ekki einfalt að skýra þá fjölbreytni gróðursamfélaga sem fram kemur á svo víðáttumiklu svæði vegna þess hve margir þættir geta komið við sögu. Ef mið er tekið af þeim upplýsingum sem safnað var samtímis um umhverfið, svo sem sjávarhita, seltu og næringar-efnastyrk, og þeirri þekkingu sem safnast hefur um gróðurinn í sjónum við landið á löngu árabili, þá eru eftirfarandi tvær skýringar þyngstar á metunum. Tegundir dafna misvel í ólíkum sjógerðum og gróðurframvinda er mislangt komin á hinum ýmsu

svæðum við landið, þó rannsak- að sé á svipuðum tíma árs.

ÍTAREFNI:

Guðrún G. Þórarinsdóttir og Þórunn Þórðardóttir. 1997. „Vágestir í plöntusvifinu.“ *Náttúrufræðingurinn* 67–76.

Gunnar Steinn Jónsson. 1986. „Blóðsjór við Ísland.“ *Hafrannsóknir*, 35, 69–75.

Kristinn Guðmundsson. 1990. „Frumframleiðni svifþörungum á Íslandsmiðum og ummyndun kolefnis.“ *Ægir*, 83, 290–294.

Þórunn Þórðardóttir. 1957. „Um plöntusvifið í sjónum.“ *Náttúrufræðingurinn*, 27, 1–14.

Þórunn Þórðardóttir. 1969. „Vorrannsóknir á þörungasvifi norðanlands og vestan.“ *Hafrannsóknir*, 1, 20–50.

Þórunn Þórðardóttir. 1970. „Rannsóknir á þörungasvifi fyrir norðan og norðaustan Ísland.“ *Hafrannsóknir*, 2, 37–44.

Þórunn Þórðardóttir. 1975. „Svifþörungur, undirstaða fiskaflans á Íslandsmiðum.“ *Fjármálatíðindi*, 22, 174–176.

Þórunn Þórðardóttir. 1977. „Framleiðni þörungasvifsins í sjónum við Ísland.“ *Rit Landverndar*, 5, 33–42.

Þórunn Þórðardóttir. 1980. „Breytingar á frumframleiðni í hafinu norðan Íslands 1970–'79.“ *Sjávarfréttir*, 8 (3), 18–25.

Þórunn Þórðardóttir. 1994. „Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland.“ *Íslendingar, hafið og auðlindir þess*. Unnsteinn Stefánsson (ritstj.). Vísindafélag Íslendinga, *Ráðstefnurit IV*, 65–88.