



ORKUSTOFNUN

Vatnsorkudeild

PLÖNTU- OG DÝRASVIF
Í MÝVATNI 1971-'90

Hákon Aðalsteinsson

OS-91032/05 B

Júlí 1991

PLÖNTU- OG DÝRASVIF
Í MÝVATNI 1971-'90
Hákon Aðalsteinsson
OS-91032/05 B Júlí 1991

Efnisyfirlit

1. INNGANGUR	2
2. EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR	2
2.1 Plöntusvif	2
2.2 Dýrasvif	2
3. FRAMVINDA SVIFS	3
3.1 Vetur og vor	3
3.2 Sumar	3
3.3 Haust	4
4. Breytileiki innan vatnsins	5
5. BREY TILEIKI MILLI ÁRA	5
5.1 Frumframleiðni	5
5.2 Vatnablómi 1971 til 1990	5
5.2.1 Aðferðir við túlkun	5
5.3 Túlkun	6
5.4 Skilyrði til Vatnablóma	11
5.5 Um næringarefnabúskap í Mývatni	11
5.5.1 Ákoma	11
5.5.2 Skilyrði til frumframleiðslu	12
5.5.3 Ályktanir	14
5.6 Langhalaflo (langhala)	15
5.6.1 Stofnbreytingar	15
5.6.2 Útbreiðsla langhölu	16
5.7 Gestir í svifi	17
HEIMILDASKRÁ	18

1. INNGANGUR

Ítarlegar rannsóknir fóru fram á svifi í Mývatni og tengdum umhverfisþáttum árin 1971-'76 (Pétur M. Jónasson og Hákon Aðalsteinsson 1979, Hákon Aðalsteinsson 1979 a og b, Jón Ólafsson 1979 a og b). Síðan þá hafa rannsóknir á svifi haft það að markmiði að fylgjast með framvindu þess og athuga hugsanlegan breytileika á milli ára, bæði hvað varðar tegundasamsetningu og magn (Hákon Aðalsteinsson 1984, 1987, 1991 a og b). Þessar rannsóknir voru fyrst og fremst liður í vöktun nokkurra mikilvægra þáttu í lífríki vatnsins.

Vöktunin byggir á þeirri forsendu, að ítarlegar rannsóknir, einkum 1972 og 1973 hafi gefið nokkuð einkennandi mynd af svifinu. Niðurstöðurnar eru þannig lýsing á því hversu vel eða illa svifið fellur að þeirri mynd.

2. EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Aðferðum við töku sýna og úrvinnslu er lýst í tilvitnuðum skýrslum, en í meginatriðum skilur tíðni athugana á milli hinna ítarlegu rannsókna 1972 og 1973 og síðari tíma vöktunar. Enn-fremur beindist vöktunin nær eingöngu að sumarmánuðunum júlí til september.

2.1 Plöntusvif

Til eru einhverjar en að nokkru sundurleitar upplýsingar um plöntusvif í Mývatni flest árin frá 1971, aðallega úr Syðriflóa. Ítarlegastar eru þær frá 1972-'73, en þau ár var bæði mæld framleiðni og blaðgræna á u.b.b. 6-10 daga fresti frá maí til október í Syðri- og Ytriflóa, og blaðgræna í Bolum og á helstu lindasvæðunum. Með því að tengja framleiðni í Syðriflóa og blaðgrænu mátti fá góða hugmynd um svæðisbundna framleiðni í vatninu. Plöntusvif var talið og greint til tegunda, eða flokkað á ættkvíslir 1973 og í einstaka sýnum frá 1972. Reglulegar framleiðnimælingar voru einnig gerðar 1971 og 1974-'76 í Syðriflóa og 1974 í Ytriflóa. Engar upplýsingar eru frá árinu 1977.

Árið 1978 hófst vöktun svifs. Mælingar á framleiðni voru gerðar á tímabilinu júní til september árin 1978 til 1982 og blaðgrænu 1978 og 1982 í Syðriflóa, og talning og flokkun plöntusvifs til tegunda og ættkvísla 1978 og 1981. Eftir 1982 hefur vöktun af þessu tagi verið nokkuð brokkgeng, og ítarlegar upplýsingar aðeins til frá 1986, 1987 og 1989. Árin 1989 og 1990 voru sýni til blaðgrænumælinga tekin í útfalli vatnsins. Ytriflói hefur að mestu orðið útundan í vöktun þar til hin síðari ár. Samanburður á dýpkuðum og ósnertum svæðum var fyrst gerður 1981 við eitt tilfelli, og aftur 1986, 1987 og 1989.

Árið 1978 voru aftur teknar upp mælingar á reki úr Mývatni svipað og gert var 1971-'74, og þá jafnframt talin fjöldi *Anabaena* (vatnablómi, leirlos). Gögn af þessu tagi eru til frá 1978-'90, að undanskildu árinu 1985.

2.2 Dýrasvif

Á árunum 1972 og 1973 var sýnum af dýrasvifi safnað samhliða mælingum á frumframleiðslu plöntusvifs, og síðar af og til þar til vöktun hófst 1978. Árin 1978 og 1979 voru sýni eingöngu tekin í vatninu, en 1980 og 1981 aðallega í útfallinu, en þeim sýnum bar ekki nógu vel saman við sýni, sem tekin voru vítt og breytt í Syðriflóa. Um vöktun dýrasvifs í Ytriflóa gegnir svipuðu máli og um vöktun plöntusvifs.

3. FRAMVINDA SVIFS

3.1 Vetur og vor

Yfir veturinn er lítið um að vera í svifinu og frumframleiðsla ekki mælanleg. Frumframleiðsla hefst hins vegar á botni strax í febrúar/mars og er við líði það sem eftir er vetrar, sbr. mælingar á kíslí og öðrum næringarefnum í útfalli vatnsins. Þess er að vænta að þörungar á botni, líklega aðallega kísilþörungar (*Bacillariophyta*), bindi næringarefni sem eru í upplausn við botn og lauslega bundin í yfirborðssettu og taki upp næringarefni jafnóðum og þau losna úr seti. Þetta sést meðal annars af fallandi styrk fosfats og niturs mótt botni á þessu tímabili. Afleiðing þessa er sú að uppsöfnun næringarefna í vatnsbolnum yfir veturinn nýtist svifinu lítið. Frumframleiðni kísilþörunga í svifi verður hæg fyrir vikið og ekki er hægt að merkja vorhámark í framleiðslu kísilþörunga í svifi eins og títt er í vötnum. **Vorhámarkið hefur flust til botnþörunga.**

Algengustu tegundir kísilþörunga í svifi á vorin eru smávaxin *Nitzschia* í Syðriflóa og *Aulacos-eira* (syn. *Melosira*) *distans* í Ytriflóa.

Þrátt fyrir litla framleiðni kísilþörunga í svifi safnast af þeim talsverð lífþyngd. Helstu ástæður þess er takmarkað beitarálag, en þar kemur aðallega tvennt til: 1) Viðbragðstími svifdýra er lengri en plöntusvifs, sem veldur því að plöntusvifid fær forskot á dýrasvifid. 2) Kísilþörungar eru flestir fremur óþjálir sem fæða fyrir þau svifdýr sem koma fyrst upp í svifið, vegna stærðar og kíslískeljanna. Þau eru þyrildýr og yngstu lirfustig augndílisins (*Cyclops abyssorum*), en þau nefnast náplíur. Þessi þyrildýr eru meðalstór og vel búin til munnsins, og ráða þannig betur við fremur stórgerða fæðu en þau er síðar verða áberandi. Helstu vortegundirnar eru fjaðrapýrla (*Polyarthra dolichoptera*) og litla vasaþyrla (*Synchaeta lakowitziana*). Smáir gullþörungar (*Chrysophyceae*) koma í kjölfar kísilþörunganna.

3.2 Sumar

Gullþörungar eru áfram áberandi fyrri hluta sumars. Auk smárra ógreindra tegunda voru *Dinobryon sociale* og *Uroglena americana* mest áberandi fyrri hluta sumars í öllu vatninu. Þeir eru almennt hin ákjósanlegasta fæða fyrir svifdýr, enda ná bæði þyrildýr og náplíur hámarki á blómatíma þeirra. Vegna beitarálags eru gullþörungar væntanlega mjög vanmetnir í mælingum. Á þessu tímabili koma fram þyrildýr, sem eru háð mjúkri fæðu. Þau algengustu tilheyra öll sömu ættinni, Brachionidae; pottþyrla (*Brachionus calyciflorus*), spaðaþyrla *Keratella cochlearis* og broddþyrla *K. quadrata*. Auk náplíá fer að bera nokkuð á seinni lirfustigum augndílisins (kópeþóðustig). Á þessu tímabili kemur langhalaflóin (*Daphnia longispina*), hér eftir nefnd langhala, fram á sjónarsviðið, ásamt tveimur stórvöxnustu þyrildýrunum; pokabyrla (*Asplanchna priodonta*) og stóra vasaþyrla (*Synchaeta stylata*).

Framvinda plöntusvifs getur síðan farið tvær leiðir; annaðhvort í vatnablóma eða í einhverskonar jafnvægisástand. Strax að loknu vorhámarki kísilþörunga eru næringarefni að mestu uppurin úr vatnsbolnum og endurnýjun þeirra fyrst og fremst háð losun frá botni og aðrennsli. Styrkhlutföll niturs og fosfórs í aðrennslinu og vatninu eru önnur en í upptöku þörunga og hallar þar stórlægum á nitur. Mælingar hafa sýnt að þetta misrämi leiðir til þess að framleiðsla plöntusvifs staðnar, rétt eins og jafnvægi hafi myndast milli vaxtar þörunga og framboðs á næringarefnum. Aðeins þörungurinn eða bakterían *Anabaena flos-aquae* virðist geta brotið plöntusvifinu leið úr þessum viðjum, en hann getur numið nitur úr lofti, sem er uppleyst í vatninu, og þannig jafnað metin milli niturs og fosfórs.

1. Algengast er að vatnablómi af völdum *Anabaena* einkenni svifið yfir sumarið. Með honum fylgar öðrum tegundum einnig, bæði kísilþörungum og gullþörungum, sem njóta góðs af næringarefnauðgun vatnsins. Þessar tegundir eru að mestu hinum sömu og ríktu fyrr um sumarið. Nýjar tegundir smárra þyrildýra verða áberandi. Sumartegundirnar eru þekktar af að nýta sér einkum grot og bakteríur, sem ættu að fylgja aukinni framleiðslu og örari sundrun lífrænna efna þegar vatnshitinn er sem mestur. Þessar tegundir eru halaþyrla (*Filinia terminalis*) og hvelþyrla (*Conochilus unicornis*). Á þessum tíma nær augndílið á síðari kóp-stigin og fæðuöflun þess beinist æ meir að stærri fæðuögnum. Langhalan nær hámarki skömmu síðar en vatnablóminn. Jafnframt því sem stofn hennar eykst minnkari stofn þyrildýra í aðeins fjórðung þess sem var fyrri hluta sumars.
2. Þau ár sem vatnablóminn bregst hafa grænþörungar (Chlorophyta) yfirleitt náð yfir höndinni um sumarið. Framleiðni þeirra er svipuð og hjá kísilþörungum og gullþörungum vor og fyrrihluta sumars. Þeir grænþörungar sem voru mest áberandi 1981, eru af ætt Tetrasporalis, líklega af tegund *Clorosarcina* í Syðriflóa 1981 og *Chlamydomonas* í dýpkaða hluta Ytriflóa, en í hinum grunna hluta voru gullþörungar áfram algengastir, aðallega *Uroglena americana*. Á árunum 1986 er vatnablóminn varð endasleppur í Syðriflóa og 1987 er hann byrjaði óvenju seint, voru aðrar Tetrasporales tegundir algengar, þ.e. *Oocystis* og *Chlamydomonas*. Samhliða þessu varð sú breyting á þyrildýrum, að fjaðraþyrlan varð algengust í Syðriflóa yfir sumarið í stað halaþyrlu og hvelþyrlu, og hún var einnig algengust í dýpkaða hluta Ytriflóa, en spaðaþyrla aftur á móti algengust í grunna hluta flóans. Hvað Ytriflóa varðar er ekki gott að segja hvort þessi mismunur stendur í tengslum við mismunandi sumartegundir í plöntusvifi, því sveiflur voru þar mun meiri 1972 og 1973 en í Syðriflóa. Langhalan virtist síður en svo sakna vatnablómans, og allt bendir til þess að gengi augndílisins sé fyrst og fremst háð gengi langhólunnar. Að því tímabili sem vatnablóminn brást hurfu tvær tegundir þyrildýra að mestu úr Syðriflóa, pottþyrla og broddþyrla. Pottþyrlan er komin aftur 1989, en broddþyrlan er enn mjög fáliðuð. Ekki er vitað hvort samsvarandi gerðist í Ytriflóa á þeim árum, en broddþyrla var mjög fáliðuð þar 1987 og 1989. Árin 1972 og '73 var hvelþyrlan mjög fáseð í Ytriflóa, en var orðin nokkuð algeng í dýpkaða hluta Ytriflóa 1981, 1987 og 1989. Hún finnst einnig á gunna hlutanum, en megin útbreiðsla hennar er í dýpri hluta flóans.

3.3 Haust

Framvinda plöntusvifs fram eftir hausti dregur dám af því hvort vatnablómi hafi verið eða ekki. Ef ekki, nær plöntusvifið sér lítið á strik um haustið, en í vatnablómaárum virðist bætt næringarefnaástand endast plöntusvifinu allt haustið. Kísilþörungar eru algengastir, sömu tegundir og um vorið auk botnlægrar tegundar *Fragillaria construens*, einkum í Ytriflóa, en hún rótast líklega upp af botni. Meðal þyrildýra ber mest á fjaðraþyrlu og litlu vasabyrlu. Langhalan býr sig undir veturinn með myndun dvaleggja (söðulhýða). Augndílið þroskar seinni kynslóð sína og leggst í dvala yfir veturinn á síðustu kóp-stigunum og vaknar aftur til lífsins í mars.

4. Breytileiki innan vatnsins

Í Bolum var framvinda plöntu og dýrasvifs með líkum hætti og í Syðriflóa 1972 og '73, en þéttileiki minni sem rekja má til örari endurnýjunar vatns en í Syðriflóa og heldur lægra hitastigs. Einstaka daga varð vart við mikla samsöfnun dýrasvifs á Strandarbolum. Hún átti sér enga stoð í framleiðni þar á þeim tíma, heldur hlaut hún að byggjast á innstreymi úr Syðriflóa. Samsvarandi dæmi er um *Anabaena* 1989. Frumframleiðsla í Bolum var áætluð 50 g C/m² á ári eða aðeins tæplega helmingur þess sem mældist í Syðriflóa, og um þriðjungi minna en í Ytriflóa, þar sem meðaltal þriggja ára var 75 g C/m². Í Garðsvogum var framleiðslan áætluð um 5 g C/m² á ári.

Sá er helstur munur á Ytri- og Syðriflóa að svo virðist sem vatnablómi bregðist sjaldnar í Ytri-en í Syðriflóa. Ennfremur hefur yfirleitt verið lítið af krabbadýrum í svifi í Ytriflóa og þá jafnframt þeim mun meira af þyrildýrum. Rannsóknir hin síðari ár benda eindregið til þess að sá munur sem hefur verið á dýrasvifi í Ytri- og Syðriflóa sé fyrst og fremst tengdur því hvort langhala nær sér þar á strik eða ekki. Sá breytileiki verður því ræddur í tengslum við breytingar í útbreiðslu hennar.

5. BREYTILEIKI MILLI ÁRA

5.1 Frumframleiðni

Frumframleini var nokkuð svipuð 1971-'76, 118 (102-136) g C/m² á ári í Syðriflóa, en í Ytriflóa munaði helming á hæsta (108 g C/m² 1972) og lægsta (54 g C/m² 1974) gildi þau þrjú ár sem mælingar voru gerðar. Þriðja árið (1973) mældist hún 63 g C/m² á ári.

Á árinu 1972, þegar framleiðni var sem mest í Ytriflóa fór blaðgræna (Chl a) í 120-140 mg/m³, en var annars á bilinu 20-30 mg/m² þegar mest var í báðum flóum. Álið er að þegar blaðgræna er 150 mg/m³ eða hærri í grunnum vötnum sé eins líklegt að frekari vöxtur plöntusvifs sé takmarkaður af lýsingum fremur en næringarefnum (Ahlgren o.fl. 1988). Þessi mörk gætu verið lægri í Mývatni, vegna þess að blaðgrænuhlutfallið er lægra þar en í vötnum í sunnanverðri Skandínavíu og á meginlandinu, sem áður nefnd viðmiðun byggist á.

Á síðara tímabilinu sem frumframleiðni var mæld í Syðriflóa fannst endasleppur vatnablómi fyrri hluta sumars 1978, en engin eða aðeins vottur árin 1979-'81. Þau ár benda mælingar til að framleiðsla plöntusvifs hafi aðeins verið á bilinu 20-30 g C/m² á ári, sennilega nær 20.

5.2 Vatnablómi 1971 til 1990

5.2.1 Aðferðir við túlkun

Þau gögn sem styðjast má við eru af ýmsum toga, eins og að framan greinir. Flest áranna eru til beinar talningar, ýmist í vatninu sjálfu eða í útfallinu, Þessar tvær aðferðir gáfu sambærilega heildarmynd af vatnablómanum 1989, en um haustið kom aftur uppsveifla í blómánn skv. gögnum frá útfallinu með mikilli sveiflu milli daga. Samskonar sveiflur komu fram 1987 þegar blóminn var á niðurleið, og reyndar bar tímasetningu blómans ekki vel saman í gögnum frá vatninu og í útfallinu. Gögnin frá vatninu byggjast á sýnum frá mismunandi stöðum í vatninu og eru talin gefa trúverðugri niðurstöður. Túlkun á fallanda blómans tekur takmarkað tillit til háilda, sem fást á haustin í útfallinu bæði 1988 og 1989.

Erfitt er að meta skekkjuna í sjálfum talningunum, en ætla má að hún minnki með fjölda talinna, og hafi því lítil áhrif miðað við markmið túlkunarinnar. Leitast er við að tímasetja upphaf og endalok blómans, ekki endilega hæstu og lægstu gildi heldur er upphafið fremur miðað við það þegar blóminn sýnir veldisvöxt og endalokin þegar hrunið er að mestu um garð gengið. Erfiðast er að ákvarða hámarkið, því að þegar best lætur getur blóminn tvöfaldast frá einum degi til annars, en tímabil milli töku sýna er í besta falli u.þ.b. ein vika. Umfang vatnablómans verður því að meta jöfnum höndum með hliðsjón af hæstu mældu gildum og breidd toppsins.

Á tímabilinu 1971-'76 er framleiðnígildum breytt í fjölda með hliðsjón af talningum og blaðgrænumælingum 1972 og 1973. Á tímabilinu 1978-'82 er í mismunandi mæli stuðst við framleiðnimælingar, beinar talningar og blaðgrænumælingar. Eftir það er eingöngu byggt á talningum, nema fyrir árið 1990, en þá eru til mælingar á blaðgrænu í útfallinu, og t.d. með samanburði þeirra við samsvarandi mælingar 1989 sést, að 1990 var ekki vottur af vatnablóma. Í júlí og ágúst 1989 var blaðgræna að meðaltali 25 mg/m^3 , en aðeins $3,6 \text{ mg/m}^3$ í sömu mánuðum 1990.

5.3 Túlkun

Þau ár sem vatnablómi var áberandi í Syðriflóa hefur hann verið svipaður frá ári til árs, nema 1988 og 1989, þegar hann var áberandi meiri en önnur ár. Á árunum 1979-'81 og 1990 var enginn blómi og líttill blómi 1978, 1982 og 1986, myndir 2-6.

TAFLA 1. Niðurstöður túlkunar á vatnablóma í Mývatni 1971-'90. Fjöldi daga sem vatnablóma gætir, heildarfjöldi í vatnablómadögum og meðalfjöldi á dag (miljónir í lítra).

Ár	Syðriflói				Ytriflói			
	Fj. daga	Vatnabl.d.	Meðalt./dag	Aths.	Fj. daga	Vatnabl.d.	Meðalt./dag	Aths
1971	60	1520	25					Engin gögn
1972	55	1020	18		80	2900	36	
1973	55	1000	18		54	920	17	
1974	90	1500	16		105	1040	10	
1975	90	1420	16					"
1976	90	1390	15					"
1977				Engin gögn				"
1978	30	150	5					"
1979	0	0	0					"
1980	0	0	0					"
1981	0	0	0		0	0	0	
1982	50	450	9		(0)	(0)	(0)	"
1983	50	790	16					"
1984	70	1950	28					"
1985			"					"
1986	(30)	(20)	(0.6)					Takmörkuð gögn
1987	50	1120	22		90	2440	27	
1988	90	3750	42					Engin gögn
1989	80	3260	41		60	940	16	
1990	0	0	0					"

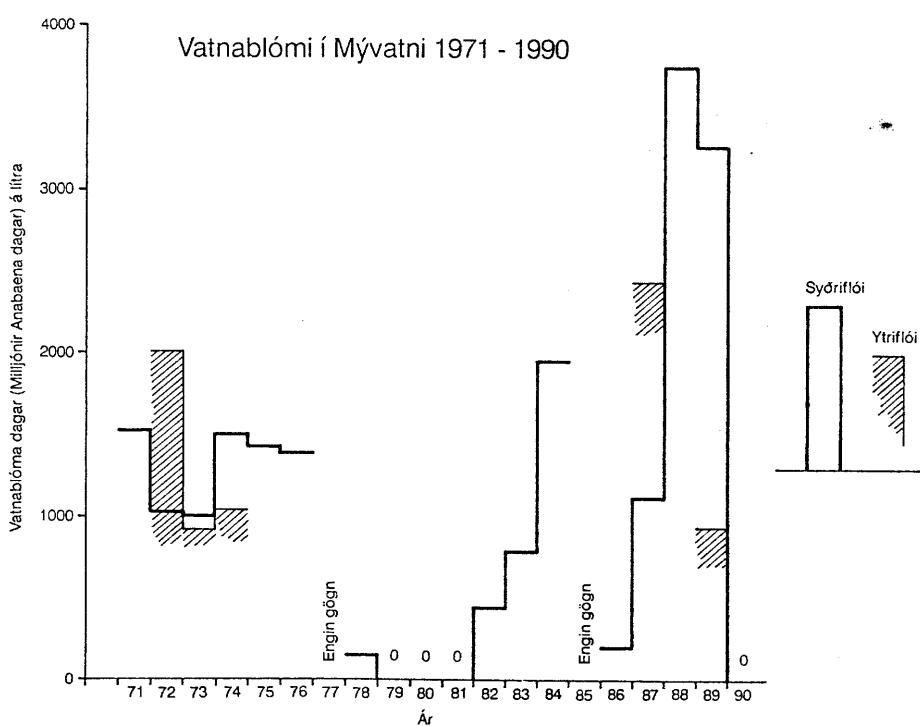
Í Ytriflóa nægja gögn til túlkunar blóma í 6 ár af 20. Tvö þeirra (1972 og 1987) var hann áberandi meiri en ella, en svipaður annars (1973, 1974 og 1989). Árið 1981 mældist enginn vatnablómi um mánaðarmótin júlí/ágúst og fullyrt er að hann hafi enginn verið heldur 1982, myndir 2-6. Ekki er annað vitað en að vatnablómi hafi verið önnur ár.

Í töflu 1 kemur fram hve lengi vatnablóminn hefur staðið, og ef tekin eru þau ár sem hans gætti að ráði hefur hann í heild staðið frá 50 til 90 daga í Syðriflóa og 55 til 105 daga í Ytriflóa. Sá tími sem hans verður vart í því magni, sem gefur honum einkennið leirlos eða vatnablómi er þó mun styrti, og gæti t.d. miðast við þann tíma sem hann nær 10 miljónum í lítra (myndir 2-6). Á mynd 1 er reynt að greina mismun milli ára eftir heildarmagni, þ.e. vatnablómadögum, sem er margfeldi daga og fjölda í miljónum í lítra.

Svo virðist sem ekkert beint samband sé milli vatnablóma í Syðri- og Ytriflóa. Þannig er ekki að sjá að þau tvö ár sem vatnablómi var áberandi meiri í Ytri- en í Syðriflóa hafi þær aðstæður sem því ollu haft minnstu áhrif í hinum síðarnefnda. Sama gildir um sambærilegt tilfelli þegar vatnablóminn varð mestur í Syðriflóa (1989), að þá virtist Ytriflói ósnortinn af þeim aðstæðum. Ennfremur er mun sjaldgæfara að vatnablóminn bregðist að mestu eða öllu leyti í Ytri- en í Syðriflóa. Aðeins er vitað með vissu um tvö slík ár þar, en aftur á móti um sjö í Syðriflóa á seinstu 20 árum.

Á heildina litið virðist ekki hægt að álykta sem svo að *Anabaena* hafi aukist á umræddu tímbili, þótt tvö óvenju mikil vatnablómaár hafi komið undir lok tímabilsins. Í því sambandi verður þá einnig að taka mið af því að á seinasta ári var enginn vatnablómi, og um miðbik tímabilsins komu fram mörg ár án vatnablóma.

 VOD-UR-961-HA
91.07.0314-Gýða

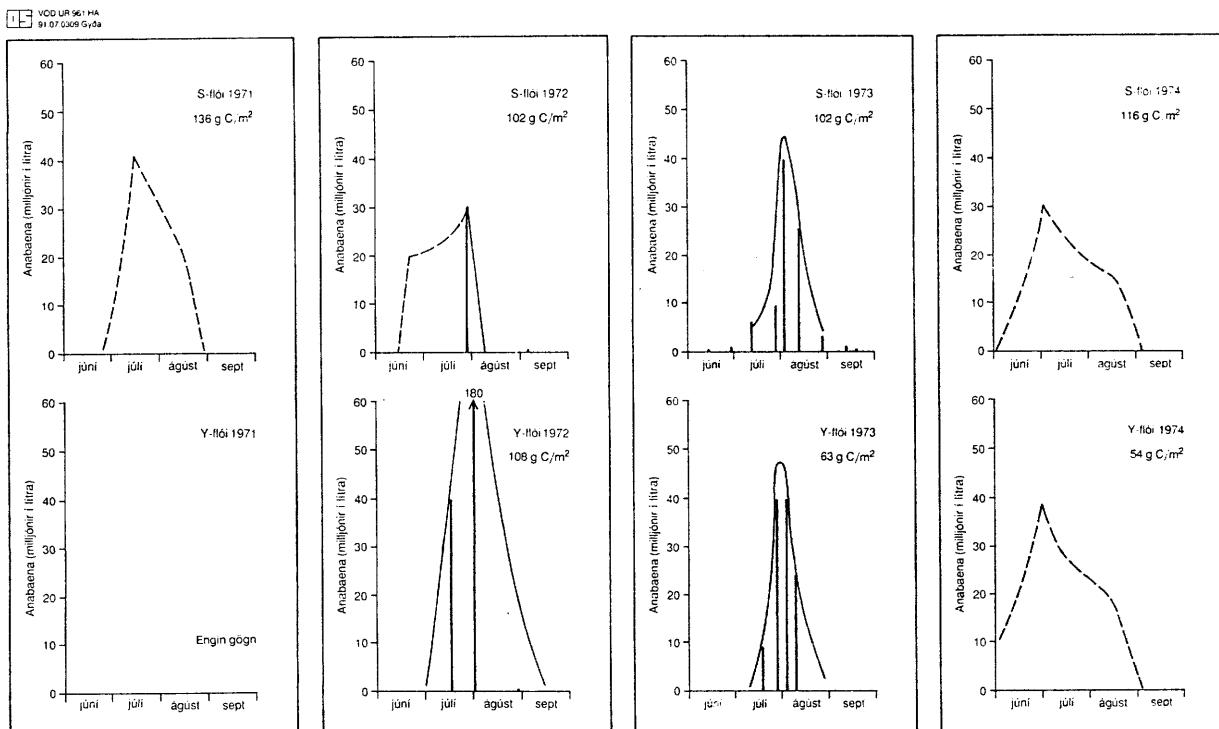


Mynd 1. Vatnablómi í Mývatni 1971-'90.

Svipað gildir um Ytriflóa að því marki sem gögnin leyfa ályktanir af þessu tagi. Þar vegur mest að toppar sem skera sig úr eru við upphaf og enda tímabilsins (1972 og 1987). Gögnin

leyfa þó aðeins samanburð á grynnri hluta flóans á milli ára. Fjöldi *Anabaena* er svipaður eða meiri á dýpkuðum en grunnum svæðum. Mismunur á dýpi dýpkaðra svæða og grunnra er svipaður og milli Syðriflóa og grunnra svæða, sem gefur til kynna að framleiðni plöntusvifs, með *Anabaena* í broddi fylkingar, sé a.m.k. helmingi meiri í dýpkaða hlutanum en í hinum grunna, vegna meira rýmis til framleiðslunnar. Tvöföldun framleiðslu á 2 km² af 8, samsvarar um fórðungs hækjun dreift á flóann í heild.

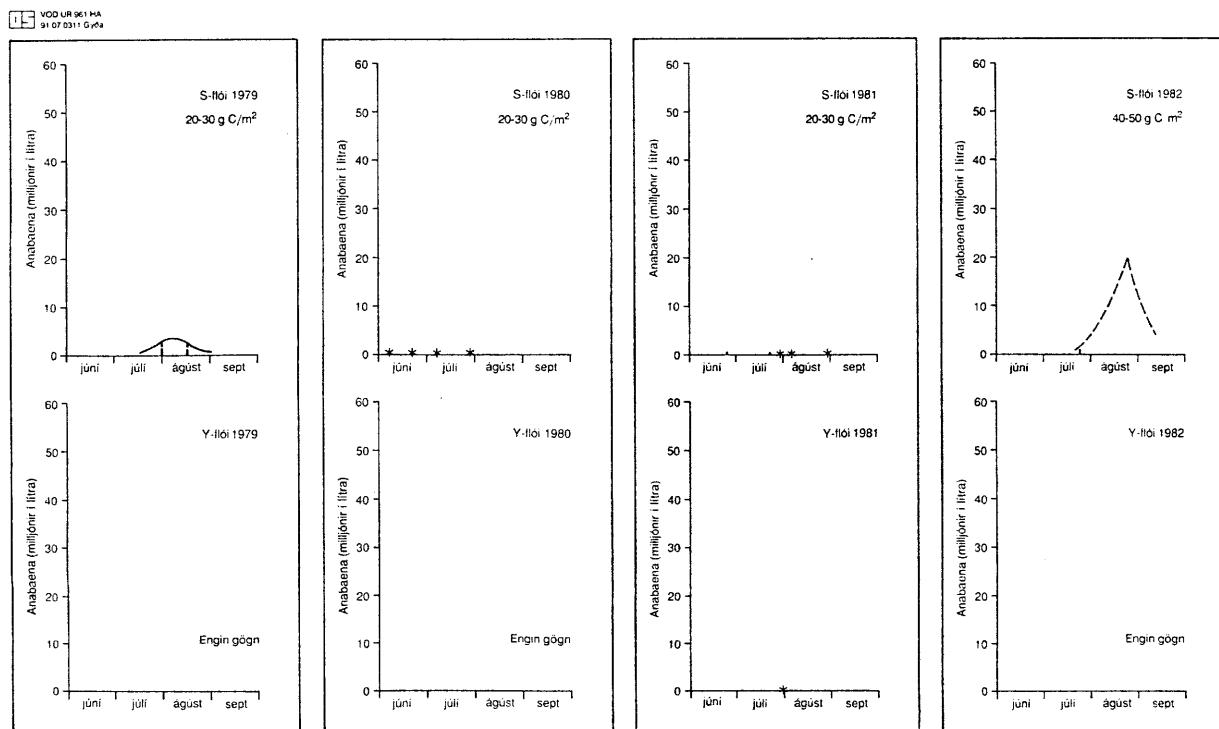
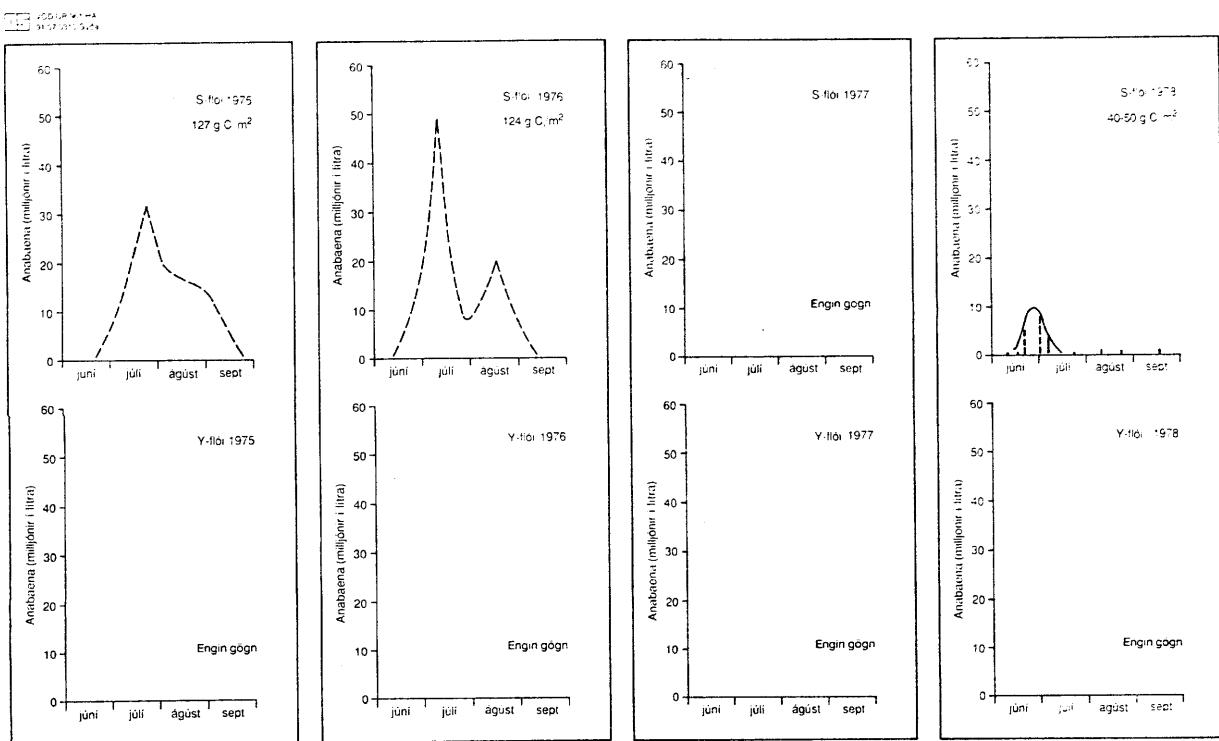
Eins og að neðan greinir byggjast gögn um aukna ákomu næringarefna á samanburði milli mælinga 1969 annars vegar og 1971-'90 hins vegar, og virðist öll aukning á fosfati hafa komið fram milli mælinga í júní 1969 og júlí 1971. Nitur hefur aftur á móti verið að aukast fram á seinasta áratug, og virðist hafa staðið í stað, a.m.k. hin síðari ár. Þannig er ekki hægt að út-loka að allar mælingar eftir 1971 í Ytriflóa séu undir áhrifum þessarar aukningar, en mjög verður að telja það ólíklegt að þær hafi haft áhrif í Syðriflóa, eins og síðar getur.

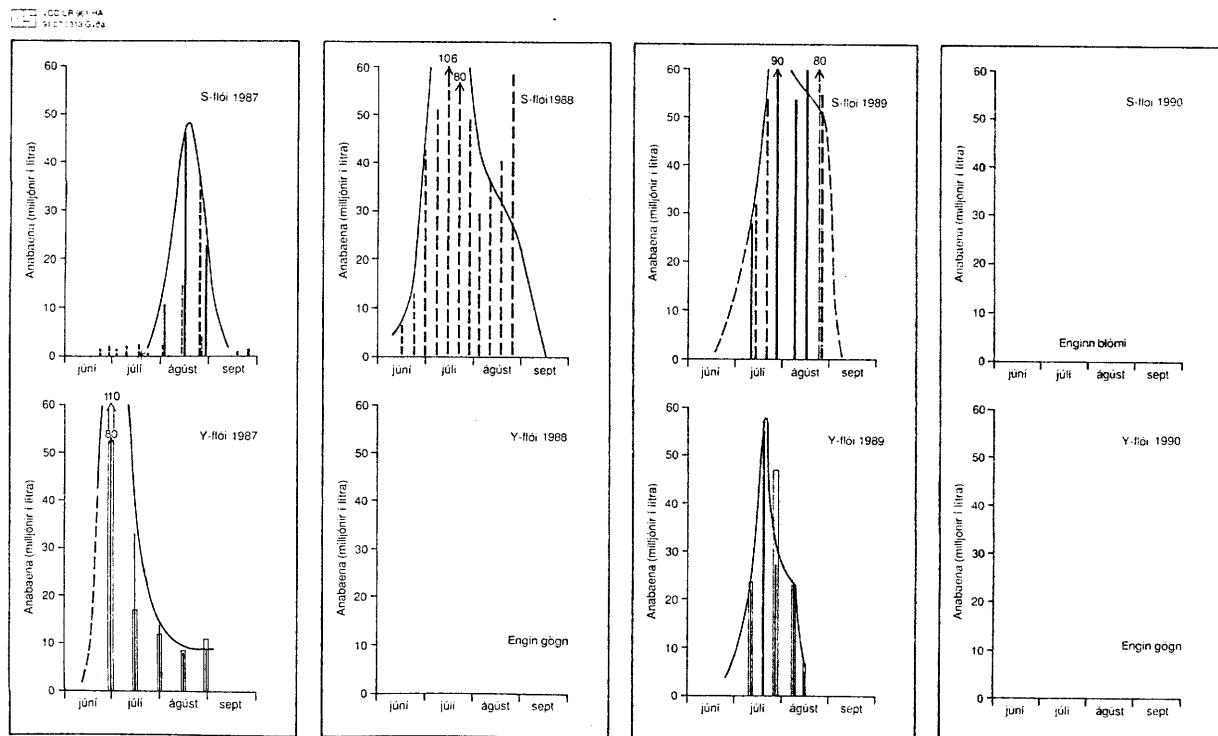
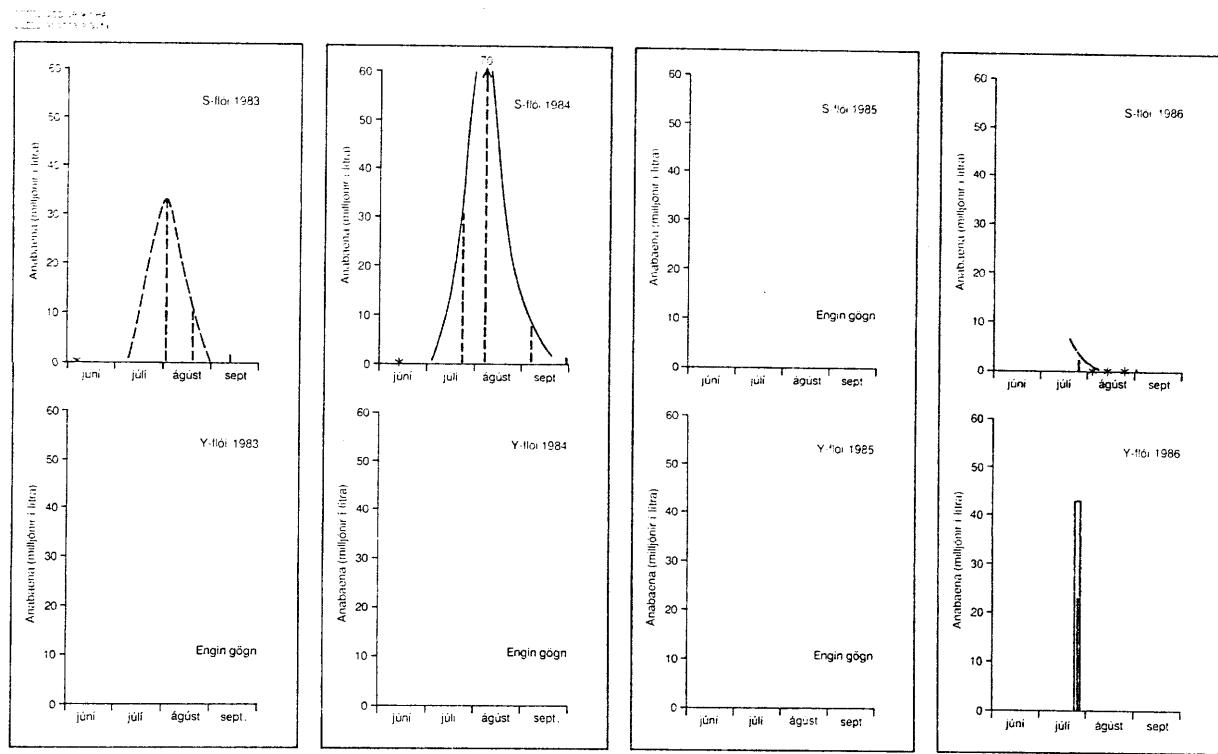


Myndir 2-6. Túlkun á umfangi vatnablóma frá ári til árs frá 1971-'90.

Skýringar:

Beinar talningar eru sýndar með stöplum, heildregnun fyrir athuganir í vatninu, en brotnum við athuganir í útfallinu. Í Ytriflóa er greint á milli talninga á grunnum og dýpkuðum svæðum þannig að opnir stöplar tákna dýpkaða hlutann. Þar sem engin *Anabaena* fannst við beinar talningar, er það auðkennt með * á láréttu ásnum. Sjálf túlkunin er ýmist sýnd með heildregnun línum, þar sem aðallega er stuðst við talningar, eða með brotnum, þar sem lítið eða ekkert er stuðst við þær. Engin gögn eru til fyrir árið 1985, hvorki úr Syðri- eða Ytriflóa, og úr Ytriflóa eru nánast engin gögn til frá 1975 til 1985, 1988 og 1990. Aðeins eitt sýni er til frá 1981 og 1986.





5.4 Skilyrði til Vatnablóma

Vatnablómi er notað yfir það fyrirbæri þegar einstökum þörungum fjölgar svo að yfirborðsvatnið litast grænt. Í vötnum eiga einhverjir bláþörungar yfirleitt hlut að máli. Flestir þörungafræðingar eru orðið á einu máli um að þessir þörungar eigi fleira sameiginlegt með bakteríum en þörungum, og í samræmi við það er samheiti þeirra nú fremur Cyanobacteria en Cyanophyta, eins og þeir voru nefndir til skamms tíma. Þeir tillífa með aðstoð orku frá ljósi eins og þörungar en ýmislegt í frumuuppbryggingu og frumustarfsemi er líkara bakteríum.

Eftirfarandi þættir eru taldir mikilvægir til að koma vatnablóma af stað og viðhalda honum, einkum þættir sem varða blóma við aðstæður þar sem niturnám skiptir máli (í þessu tilviki *Anabaena flos-aquae*), aðallega byggt á Howarth o.fl. (1988), Pearl (1988):

- Til að vekja *Anabaena* af vetrardvala þarf yfirborðssetið að verða nánast súrefnisfirrt, eins og verður árvissit við botn í lagkskiptum vötnum eða tímabundið í kyrrviðri í grunnum ólagkskiptum vötnum. Dvalstig (akínetur) geta legið í dvala í mörg ár ef réttar aðstæður verða ekki til að vekja þær.
- Hitastig verður að vera nægilega hátt, en mörkin eru óljós, og greinilega háð því hvaða aðrar aðstæður eru.
- Nægilegt framboð á næringarefnum og snefilefnum (járn og molybden). Lágt hlutfall nitrats og fosfats stuðlar að niturnámi, og er slíkt niturnám aðeins talið geta átt sér stað þegar hlutfall þeirra er lægra en u.p.b. 7:1, og framboð nitursambanda umfram 10-20 ug/l heldur aftur af niturnáminu.
- Cyanobacteria hefur yfirburði varðandi kolefnisupptöku við hátt sýrustig (pH), þegar styrkur koltvísýrlings er lágor í vatninu og mestallt kolefni í formi bíkarbónats.
- Cyanobacteria njóta hæfileika sinna til að fljóta upp undir yfirborð þegað blóminn fer að skyggja á sjálfan sig, og það er reyndar það sem veldur vatnablómanafngiftinni.
- Hátt innihald lífrænna efna er nauðsynlegt til að sjá Cyanobacteria fyrir nauðsynlegum vitamínum og einnig til að auðvelda málm-snefilefnum að haldast í sviflausn.

Ekki er talið að neinn einstakur þáttur sé ráðandi, heldur að hver og einn verði í einhverjum mæli að vera til staðar. Í Mývatni verða væntanlega að koma nokkrir dagar með kyrrviðri í júní til júlí til að fá lágan súrefnisstyrk við botn, þá er hitastig er orðið nógu hátt til að leyfa blóma. Á árunum 1971-’76 var hitastig í vatninu um 10 °C eða hærra, á þeim tíma sem upphaf blómans er rakið til, venjulega í júní - júlí. Hlutfall niturs og fosfórs er lágt, sem gefur *Anabaena* forskot á aðra þörunga, jafnvel þó aðrir þættir væru næri lægri mörkum. Hátt sýrustig (pH), sem að hluta stafar af tillifun vatnablómans virðist hagstætt *Anabaena*, og loks virðist vatnið nógu grunnt til að tryggja og viðhalda framboði lífrænna efna. Hins vegar er ekkert vitað um framboð málm-snefilefna járns og molybden, eða þær aðstæður sem gera þau aðgengileg. Nokkuð árviss blómi bendir til þess að þau séu ekki beinlínis ráðandi um það hvort blóminn nær sér upp, en gæti valdið einhverju um það hve mikill hann verður.

5.5 Um næringarefnabúskap í Mývatni

5.5.1 Ákoma

Á tímabilinu 1971 til 1990 hafa komið nokkur ár með litlum eða engum vatnablóma (*Anabaena*). Lengsta tímabilið af þessu tagi í Syðriflöa var 1978 til 1982. Fram að þeim tíma höfðu komið mörg ár með vatnablóma, a.m.k. frá 1971-76. Eftir 1982 er vitað til þess að hann var lítil 1986, en mestur hefur hann mælst 1988 og 1989, en enginn vatnablómi var 1990. Mælingar

og útreikningar varðandi jöfnuð næringarefna í vatninu 1973-'74 sýndu, að þá batt *Anabaena* nitur sem nam sexföldu innstreymi þess.

Anabaena skiptir fyrst og fremst máli fyrir Mývatn vegna hæfileika sinna til að nema nitur úr loftinu og bæta vatninu þannig upp skort á nitursamböndum, sem því er nauðsynlegt til ríku-legrar framleiðslu. Ef nitur-náms nytí ekki, væri framleiðni í svifi eins og í næringarsnauðum vötnum, og sama ætti líklega við um botninn, þegar til lengri tíma er litið. Aukin ákoma niturs vegna starfsemi Kísiliðjunnar, eða af öðrum ástæðum, hefur líklega ekki áhrif á heildarfram-leiðslu svifþörunga, heldur fyrst og fremst á það hve mikið af niturþörf sinni *Anabaena* brúar með nitur-námi. Aukning fosfats í aðrennsli vatnsins þarf ekki endilega að leiða til aukins vatnablóma, vegna þess hve lítil hún er samanborið við aukningu nitursambanda.

Styrkur næringarefna, sem berast vatninu með lindum, er svipaður á öllum árstímum, hvort sem hægt er að rekja þau til náttúrunnar eða Kísiliðjunnar. Aðeins sá hluti sem hægt er að skýra með auðgun frá byggð og ferðamannaþjónustu er greinilega breytilegur, en hann er lík-lega smávægilegur.

Aukin næringarefnaákoma kemur fyrst og fremst fram í Ytriflóa, af því að þær lindir sem hún kemur fram í eru allar þar. Þar er um að ræða hækken niturs úr um 1,6 í 5,3 g/m² á ári, og hækken fosfórs úr um 1,0 í 1,27 g/m² á ári, miðað við 1969 (Unnsteinn Stefánsson 1970, Jón Ólafsson 1991). Þetta er meira en þrefoldun niturs og um 30 % aukning fosfórs. Aukning-uni má jafna á vatnið í heild, en það þýddi um 80 % aukningu niturs og 1-3 % aukningu fos-fórs. Slíkir reikningar eru þó einungis hugleikur, því öllu skiptir hvað verður um þessa aukningu í Ytriflóa, og hver samgangurinn milli flóanna er.

Stór hluti þess sem vatninu berst af efnum rennur gegnum vatnið til Laxár á tímum þegar eng-ir frumframleiðendur eru til að nýta þau, þ.e. yfir veturinn. Jafnframt blandast þau þeim efnum sem fyrir eru í vatninu og setja sinn svip á það hver næringarefnastyrkurinn er í vatninu síðla vetrar, þá er frumframleiðsla hefst við botn. Gera má ráð fyrir því að vatn úr Ytriflóa blandist lítið suður í Syðriflóa yfir veturinn, heldur leiti fyrst og fremst með norðurströnd fló-ans stystu leið í útfallið (Jón Ólafsson 1979, myndir 2 og 3). Nitur hefur aukist 20 sinnum meira en fosfór, og þar sem frumframleiðsla er takmörkuð af styrk niturs verður að gera ráð fyrir að öll fosfóraukningin bindist þörungum frá því síðla vetrar og fram á sumar er *Anabaena* kemur fram á sjónarsviðið. Á þeim tveimur mánuðum sem hún er ríkjandi fer það eftir því sem er að gerast í botnsetinu hvort og í hve ríkum mæli *Anabaena* nýtur aukins framboðs næringarefna. Sýnt hefur verið fram á að innri auðgun, þ.e. losun og endurnýting bundins fos-fats er a.m.k. tíföld miðað við ytri auðgun, þ.e. íburð fosfats með aðrennsli (Kristján Þórarinson og Gerður Stefánsdóttir 1991). Svo sem að framan greinir er fátt sem bendir til þess að vatnablómi hafi aukist í Ytriflóa í neinu samræmi við aukna næringarefnaákomu. Hann hefur tvöfaldast á dýpuðum svæðum, en aukið rými til framleiðslunnar nægir til að skýra það.

5.5.2 Skilyrði til frumframleiðslu

Ýmsar mælingar sýndu að nitur-nám ýtti almennt undir aukna framleiðslu í vatninu, umfram það sem beint tengist framlegð vatnablómans. Vatnablóminn veldur þannig bæði beint og óbeint aukinni setmyndun og aukinni næringarefnasöfnun á botni.

Pannig má hugsa sér að eftir árabil með miklum vatnablóma hafi næringarefni hlaðist ríkülega upp í yfirborðsseti vatnsins. Hlutfall niturs og fosfórs í nýmynduðu seti er svipað og í þörung-unum, en eins og fyrr segir allt annað en í aðrennslinu. Miðað við þá miklu þýðingu, sem innri auðgun hefur, mætti hugsa sér að vægi aðrennslisvatns sem hefur lágt hlutfall niturs og fosfórs miðað við setið minnki á tímabilum samfelldra vatnablómaára. Sá hvati sem lágt hlutfall nit-

urs og fosfórs er til niturnáms gæti þannig minnkað eftir því sem á líður. Gögn um uppleyst næringarefní í vatninu eru til frá 1972 og '73, 1989 og '90. Mestu skiptir hlutfall þeirra í vatninu á tímabilinu frá því er vorhámarki kísilþörunga lýkur þar til *Anabaena* hefur blómaskeið sitt (maí-júní). Hlutfall uppleystra nitursambanda og fosfats (N:P) á því tímabili var 0.25:1 1972, 1,3:1 1973 og 1,6:1 1989 í Syðriflóa. Á þeim árum var þannig ekkert sem bent til þess að hlutföll þessara efna breyttist í þeim mæli að það hefði áhrif á vatnablómann. Árið 1990 þá er enginn vatnablómi var, reyndist þetta hlutfall vera 0,5:1. Eitthvað meira þurfti því til vatnablóma en lágt hlutfall N:P. Niturstyrkur var lágur miðað við 1989, en svipaður eða hærri en 1972 og 1973. Fyrst og fremst var styrkur fosfats hár miðað við önnur ár.

Í seti er nitur aðallega ýmist í upplausn í setvatni eða í torleystum lífrænum leyfum. Fosfórin er eins og nitur í upplausn eða torleystum efnasamböndum, bæði af lífrænum og ólífrænum toga, en einnig í samböndum með málmjónum, einkum járni, sem aðeins losna við sérstakar aðstæður. Uppleyst og auðleyst nitursambönd eru því líkleg til að tapast úr kerfinu í ríkara mæli en fosfat.

Það vekur athygli að frumframleiðsla skuli vera svo lág sem raun ber vitni í árum þegar engin *Anabaena* er. Skýringin gæti legið í því að nitur-námið fer fram á um 2 mánaða tímabili frá júní til september. Þá flæðir mikið nitur inn. Á tímabilinu sem fer í hönd að loknu vatnablómatímabilinu fer frumframleiðsla minnkandi og á tímabilinu frá október til mars er hún lítil sem engin, og í mars til maí nær eingöngu á botni. Nitur tapast einfaldlega tiltölulega fljótt úr kefinu, jafnvel að miklu leyti eftir að vatnablómanum líkur og fram á vetur. Í heild töpuðust $7,6 \text{ mg/m}^2$ úr vatninu til Laxár 1974-'75, samanborið við $1,4 \text{ mg/m}^2$ í aðrennsli vatnsins (Jón Ólafsson 1979, sjá m.a. 14).

Einn er sá þáttur í efnabúskapi vatna, sem hefur fengið litla umfjöllun í umræðum um Mývatn, en það er afnitrun (denitrification). Afnitrun er nánast öfugt ferli miðað við nitur-nám og orsakast af starfsemi baktería í setinu. Afnitrun getur skipt tugum mg/m^2 á dag, en hún er óþekkt stærð í Mývatni. Í þeim efnavægisreikningum sem notaðir voru til að meta hve mikið nitur-námið gæti verið var gert ráð fyrir að afnitrun væri engin. Hún gæti verið veruleg, og sé svo þarf meira nitur-nám sem því nemur til að skyra mismun á styrk niturs í innrennsli annars vegar og útrennsli og nýmynduðu seti hins vegar.

Vatnablómi flytur með sér mikið af næringarefnum út úr Mývatni. Hvað fosfór varðar má leiða að því sterkar líkur, að sá fosfór sem hún ber með sér út úr vatninu hefði annars orðið eftir, en öðru máli geginir um nitur, þar sem *Anabaena* er sinnar eigin gæfu smiður hvað varðar útvegun þess. Hér verður reynt að meta áhrif hennar á fosfóbúskap vatnsins. Forsendur útreikninganna eru þær að á tímabilinu 1971 til 1976 hafi blóminn verið nærri sínu meðaltali og að meðatal hans samsvari $2 \text{ mg ferskþyngd/lítra}$ í 50 daga. Fosfór er um 0,2 % af ferskþyngd þörunganna, og er þá ekkert tillit tekið til upptöku þeirra á fosfati umfram þörf (luxuary uptake). Útrennsli vatnsins er 33 m^3 á sekúndu.

$$33 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{s}) \times 2 \text{ mg/l} \times 0,002 \times 50 \text{ d} \times 86400 \text{ s} = 0,6 \text{ tn á ári}$$

Ef tilliti er tekið til umframupptöku og þess að rekja má verulega aukningu hjá öðrum þörungum til nitur-náms *Anabaena* má rúnna þessa tölu í stærðargráðuna 1 tn á ári.

Ef *Anabaena* eykst, eykst jafnframt tap næringarefna um útfallið. Áðurnefnt tímabil er valið til hliðsjónar vegna þess að mat Jóns Ólafssonar (1979) á massajafnvægi næringarefna í vatninu er miðað við það. Til dæmis að taka jókst tap fosfórs úr 1 í 2-3 tn hvort ár 1988 og 1989 miðað við fyrri ár. Ennfremur minnkaði tapið úr vatninu vætanlega um 1 tn á ári árin 1979-'81 og var bæði árin á undan og eftir minna en venjulega, þannig að á þessu 5 ára tímabili má reikna með að hleðsla fosfórs á botni hafi aukist um a.m.k. 4 tonn. Þetta eru ekki háar tölur samanborið við ákomu í innrennsli, rösk 50 tn. Tap fosfórs um útfallið 1973 og 1974 var að meðaltali 15 tn á ári. Aukning um 2,5 tn á ári eins og 1988 og 1989 svara til 17 % aukins taps. Þótt

þessar tölur frá ári til árs segi ekki mikið, kann það að skipta máli að á árabili án *Anabaena* er nettóaukning í seti, sem t.d. árin 1978-'82 gat numið 4 tn, ef miðað er við árin á undan, en heilum 10 tn ef miðað er við vatnablóma eins og hann var 1988-'89.

Í Ytriflóa virðist vatnablómi vera nánast árviss, og ekki vitað nema um 2 ár án vatnablóma (1981 og '82). Gögn eru að vísu takmörkuð, en vatnablómi leynir sér ekki. Aðstæður í Ytri- og Syðriflóa eru að því leyti ólíkar að Syðriflói er í beinum tengslum við útfallið, Laxá. Útfall Ytriflóa er hins vegar í mun beinni tengslum við syðstu lindasvæðin en megin hluta flóans. Þetta má auðveldlega sjá á kyrrum sumardögum, þegar skýr skil myndast um línu í sveig frá Kálfstjörn að Dauðanesi, með vatnablóma norðan hennar. Ytriflói norðan línunnar er þannig lokaðara kerfi en Syðriflói, og tap næringarefna út úr Ytriflóa aðallega bundið við lindirnar frá og með Kálfstjörn suður í Teigasund.

Setið á grunna hluta flóans bar það með sér 1973-'77 (Jón Ólafsson 1979, Pétur M. Jónasson 1979), að sundrun lífrænna leyfa hafi verið mun örari þar en í Syðriflóa, sem bendir til þess að sömu næringarefnin hafi verið notuð oftart í Ytri- en í Syðriflóa. Eftir að dýpkaða svæðið stækkaði og flutningur sets þangað jókst, hefur vægi hraðari sundrunar á grunnum svæðum minnkað, en tap sets ofan í dýpkaða svæðið aukist, og þar verða samskipti vatnsbolsins og ferska setsins sennilega líkari því sem er í Syðriflóa. Við þetta bætist svo að þau lindasvæði sem taka við næringarefnaauðgun frá Kísilíðjunni eru nær öll norðan áðurnefndra skila. Hlutfall niturs og fosfórs hefur vaxið úr 2:1 1969 í 3:1 1971-'76 og í 6:1 á seinni árum. Þar sem miðað er við Ytriflóa í heild í þessum tölum er ljóst að í lindum norðan Kálfstjarnar er þetta hlutfall nú eitthvað hærra en 6:1. Árið 1973 var hlutfallið N:P í vatninu 2,5:1 á tímabilinu sem markar aðdraganda vatnablómans (maí-júní), eða mjög svipað og í aðrennslisvatninu. Árið 1989 var samsvarandi hlutfall 3:1, eða svipað og 1973, en ekki í neinu samræmi við hækkun þess í aðrennslisvatninu.

Þó að megin hluti Ytriflóa sé lokaðra kerfi en Syðriflói og einkennist þannig í ríkara mæli af hringrás efna, og þó að honum berist hærra hlutfall niturs og fosfórs en Syðriflóa, er blómi *Anabaena* tíðari en í Syðriflóa. Þetta kann að þykja mótsagnakennt, en rétt er að minna á að hlutfall N og P á því bili sem finnst í Mývatni er einkum ráðandi um það hve mikinn hluta af niturþörf sinni þörungar brúa með niturnámi, og er því eins líklegt að niturnám sé eitthvað minna í Ytri- en í Syðriflóa. Niturnám er orkufrekt efnafærli, og ekki notað umfram þörf. Ytriflói hitnar fyrr á vorin, enda byrjar blóminn yfirleitt fyrr þar. Ef Ytriflói er minna háður niturnámi en Syðriflói er minni hætta á því að málmsnefilefnin geti heft vatnablómann en í Syðriflóa.

Mestar líkur hafa verið taldar á því að framboð fosfats takmarki það hve mikill vatnablóminn getur orðið, og jafnframt hvort hans verður vart. Tap fosfats um útfallið er háð vatnablóma, og því er eðlilegt að spurt sé hvort mörg samfelld vatnablómaár geti gengið óhóflega á fosfórförða vatnsins (setsins). Ennfremur hefur þeirri hugmynd verið varpað fram, að mýlifur *Tanytarsus gracilentus* geti bundið setið í þeim mæli að mjög dragi úr flæði fosfats úr seti upp í vatnið (Arnþór Garðarsson 1988). *Tanytarsus* hefur átt gríðarlega misjöfnu gengi að fagna í vatninu, og athygli hefur vakið að lægðir í *Anabaena* hafa stundum fallið saman við hámark *Tanytarsus*.

5.5.3 Ályktanir

Athyglivert er, að í þeim gögnum sem fyrir liggja er vatnablómi áberandi meiri en annars í tvö skipti í hvorum flóa, í byrjun og undir lok tímans (1972 og '87) í Ytriflóa og í lok tímans í Syðriflóa (1988 og '89). Mikil vatnablómaár verða þannig sín hver árin í flóunum, sem bendir til þess að ytri skilyrði ráði þar mun minna en hin innri, og ennfremur að hin innri skilyrði þróist með ólíkum hætti í Syðri- og Ytriflóa.

Aukning næringarefna í Mývatni ætti fyrst og fremst að koma fram í Ytriflóa, og í Syðriflóa eftir að hafa farið um lífskerfi Ytriflóa, í samræmi við þau samskipti sem eru milli flóanna. Yfir veturinn mætti ætla að aukningar gætti í öllu vatninu, en þá er hins vegar líklegt að vatn úr Ytriflóa leiti fyrst og fremst með norðurströnd Syðriflóa stystu leið í útfallið. Gögn um vatnablóma í Ytriflóa eru fremur fátækleg, en þau benda ekki til aukins vatnablóma, sem rekja megi til aukinnar næringarefnaákomu. Dýpkaða svæðið safnar í sig nýmynduðu seti, og líklegt þykir að þar safnist næringarefni, sem annars færur í umferð í flóanum, eða bærust út í Syðriflóa með gruggi úr Ytriflóa yfir sumarið. Aukníg fosfats í Syðriflóa reiknast aðeins 1-3 %, og er þess vart að vænta að svo lítil aukning leiði að öðru jöfnu til mælanlegrar aukningar í vatnablóma miðað við þær miklu sveiflur sem eru á vatnablóma milli ára.

Þrátt fyrir aukningu nitursambanda í aðrennslisvatni langt umfram aukningu fosfats, mælist engin breyting á hlutfalli þeirra í vatninu fyrri hluta sumars. Erfitt er að skýra það með öðru en hlutfallslega miklu tapi niturs úr vatninu.

5.6 Langhalafló (langhala)

5.6.1 Stofnbreytingar

Gögn um langhölu eru ekki nógu ítarleg til að hægt sé að rekja gengi hennar frá ári til árs svo gagn sé að. Langhalan er mikilvæg fæða bleikju síðari hluta sumars og fram á haust. Venjulega tekur hún við sem fæða af linsufló (*Eurycercus lamellatus*), sem sumir kalla kornátu, en það nafn er þó fremur samheiti beggja í mögum silunga í Mývatnssveit.

Langhala liggur í dvala yfir veturinn, svo sem títt er um krabbadýr í vötnum. Hennar verður yfirleitt ekki vart fyrr en í júní eða júlí. Fyrsta kynslóð hennar og jafnvel fleiri fjölga sér með svonefndri meyfaðingu, þ.e. án frjógunar eggjanna. Þetta skeið ræður mestu um það hve stór stofninn verður. Klekist þær seint ná þær að framleiða fá kvendýr, því að þegar sumri hallar koma karldýr úr eggjum, og frjófga eftir það öll egg, en frjófguð egg verða dvalegg, sem ekki klekjast fyrr en á næsta ári. Í ágúst/september bera næstum öll kvendýr dvalegg.

Langhala virðist vera árviss í Syðriflóa, og sveifla í stofni henna varla meiri eða minni en gengur og gerist; fjórfaldur munur milli hæstu og lægstu gilda hvað varðar fjölda. Ekki er ólíklegt að afrán hafi áhrif á stofninn, einkum ef fæðuskilyrði eru þannig í vatninu, að afrán hefjist snemma á lífsferlinum. Engar beinar rannsóknir hafa verið gerðar á þessum þætti, og þær upplýsingar sem fyrir liggja að nokkru mótsagnakenndar.

Á árunum 1972 og 1973 fylgdi stofn langhölu stofni *Anabaena*, og var það túlkað þannig að hún hefði a.m.k. ekki baga af vatnablómanum. Á árunum 1978-1981, þegar lítið eða ekkert var af vatnablóma var stofn langhölunnar lengst af með meira móti, þrátt fyrir tiltölulega litla frumframleiðni, en þá var hún borin uppi af mun ætilegri þörungum en *Anabaena* er. Það er alþekkt að svifdýr geta safnast við botn og lifað af fæðu í yfirborði setsins eða nærri því (sjá t.d. Hákon Áðalsteinsson 1985), þannig að framleiðni í svifi þarf ekki að segja söguna alla.

Afleiðing afráns á stofn getur farið eftir því hvenær hans gætir, hversu lengi og hve stór stofn afræningjans er. Gögn eru hvorki nægjanleg um bráðina eða afræningjann til að kveða upp úr um þátt afráns á mismunandi lífsferlum, en þó er vert að athuga hugsanlegan þátt afráns.

Langhala var snemma uppi 1978 og bleikja byrjaði strax í júní að sækja í hana, en fjöldi hennar var samt með því mesta sem hefur sést í vatninu. Sumarið 1987 var langhalan orðin áberandi í fæðu bleikju bæði í Syðriflóa og Bolum strax í júní, en vart finnanleg í ágúst og september. Langhölunni fækkað úr 15 til 20 um miðjan júlí í 3-5 í lítra fram í byrjun ágúst, og stofn-

þróunin bendir til þess framleiðsla dvaleggja hafi orðið nokkuð endaslepp (Hákon Aðalsteinson 1991 a).

Engin sýni eru til frá 1988, en þar sem ekkert fannst af langhölu í bleikjumögum verður að telja líklegt að stofn hennar hafi verið lítill, því þetta ár var bleikjan sérlega aðþrengd, og talið að stofn hennar hafi hrunið af fæðuskorti (Guðni Guðbergsson 1991).

Árið 1989 var lítið af bleikju í vatninu eða aðeins 2-3 % af því sem var í Syðriflóa 1987. Langhala var áberandi í fæðu hennar síðla sumars og haust 1989. Í heildina má þó gera ráð fyrir fremur litlu beitarálagi. Sumarið 1989 var stofn langhalaflóar tiltölulega lítill, en meiri framleiðsla dvaleggja en nokkru sinni áður. Langhala var áberandi í fæðu bleikju bæði vor og haust 1990, en þá hafði lífmassi bleikju tífaldast frá árinu áður (allar tölur um bleikju vísa til fiska yfir 16,5 cm).

5.6.2 Útbreiðsla langhölu

Árin 1971-'73 var langhala nánast bundin Syðriflóa og Bolum, og var fjarvera hennar í Ytriflóa talin tengd ýmsum þáttum sem orsakast af því hve grunnur flóinn var. Í rannsóknum á lífveruleyfum í setkjörnum (Árni Einarsson o.fl. 1988) kemur fram að fjöldi líkamsleyfa í seti bendir til að í öndverðu hafi langhalan verið mun algengari í Syðriflóa en í seinni tíð. Hinsvegar er ekki að sjá að breytingar hafi orðið seinstu 1-2 þúsund árin, eða eftir að flóinn varð grynnri en 4-5 m. Sveiflur voru hins vegar mjög miklar. Því miður eru engar samsvarandi upplýsingar til um Ytriflóa, en þær gætu sýnt tengsl dýpis og gengi langhölu innan þeirra dýptarmarka sem um er að ræða í vatninu nú.

Ef sú tilgáta að dýpið ráði útbreiðslu langhölu á við rök að styðjast, ætti henni að skjóta upp í dýpkaða hluta flóans með tímanum. Þess hafði ekki orðið vart 1974, en 1977 mátti fyrt sjá einhverja vísbendingu í þá átt, en þá var hún fjórfalt algengari yfir 5,2 m djúpu vatni en á 1,3 m dýpi, en fjöldi enn mjög lítill (< 1 í lítra). Hennar varð heldur ekki vart að marki 1978, en 1981 var hún jafnvel algengari í dýpkaða hluta Ytriflóa en í Syðriflóa (52 á móti 44 í lítra). Á grunnu var hún mest um 8 í lítra. Þetta ár var enginn vatnablómi, hvorki í Syðri- eða Ytriflóa, en það hefur ekki afgerandi áhrif, því að 1989 var langhalan álíka í báðum flóum í vatnablóma-ári, en fáliðuð þó í grunna hlutanum.

Árið 1987 var langhalan fáliðuð í Ytriflóa, þannig að ekki er hægt að segja að hún sé komin þar til að vera, þó hlutfallslegur fjöldi hennar á dýpkuðum svæðum bendi til að lífsskilyrði hennar batni í dýpkaða hlutanum. Skýringa á sveiflum langhölu í Ytriflóa gæti verið að leita í afráni. Þar sem almennt er minna af þeim fæðudýrum, sem bleikja og hornsíli sækjast mest eftir í Ytri- en í Syðriflóa, gæti beitarþrýstingur á langhölu verið almennt meiri þar en í Syðriflóa. Gengi langhölunnar færí þá eftir fjölda fiska og aðgangi þeirra að öðrum fæðudýrum á tíma sem afrán gæti hindrað uppgang hennar, líklega í júní og júlí.

Langhalan hefur róttæk áhrif á samsetningu þyrildýrafánunnar. Í Syðriflóa sést það á því, að þyrildýrum fækkar mikið samfara fjölgun langhölu, en í Ytriflóa hafa þyrildýr lengst af verið ríkjandi í svifi með hámark yfir sumarið á sama tíma og langhalafló í Syðriflóa. Þetta sést prýðilega á myndum sem lýsa dýrasvifi 1987 og 1989 á dýpkaða og grunna svæðinu í Ytriflóa og í Syðriflóa (Hákon Aðalsteinsson 1991 a). Árið 1987 var langhalan fáliðuð í Ytriflóa en 1989 var hún álíka í dýpkaða hlutanum og í Syðriflóa. Á árinu 1987 var mikið af þyrildýrum í öllum Ytriflóa allt sumarið, en í Syðriflóa var lítið af þeim fyrrí hluta sumars á meðan langhala var í hámarki. Þeim fjölgangi örzt eftir að langhölunni hafði fækkað um mánaðarmót júlí og ágúst. Árið 1989 þegar langhala fannst um allt vatn eru lífsferlar helstu þyrildýrategundanna nánast eins í öllu vatninu.

Það hefur mikla þýðingu fyrir bleikju í Ytriflóa, að langhalan nái sér þar upp, því að sá hluti af frumframleiðslunni sem fer til þyrildýra er nánast tapaður úr fæðukeðjanni.

5.7 Gestir í svifi

Fram til þessa hefur eingöngu verið rætt um eiginlegt svif, en í grunnu vatni eins og Mývatni fer ekki hjá því að oft verður vart við gestakomur af botni, og hefur reyndar þegar verið getið um eina slíka, þ.e. kísilþörunginn *Fragilaria construens*.

Sumarið 1973 voru tekin sýni af botnkröbbum frá maí til september (HA 1979 b). Augndílið er eina tegundin sem er algeng bæði í svifi og á botni, og er áreiðanlega sami stofn, þar sem einstaklingar geta ýmist verið í svifi eða á botni. Í Syðriflóa eru náplúu-stigin eindregið sviflæg og einnig yngri kóp-stigin framan af sumri. Eldri kópstigin halda sig meira við botninn, en fullvaxin leita aftur meira upp í svifið. Í Ytriflóa náðust það fáir einstaklingar í svifi, að ekki var hægt að gera samskonar greiningu eftir vaxtarstigum, en í heild var augndílið 10-30 sinnum algengara á botni en í svifi. Samsvarandi úttekt í Syðriflóa sýndi að augndílið er lengst af álíka algengt í svifi og á botni, nema á vorin er náplúur ríkja, en þá er miklu meira í svifi. Sést á þess að það er ekki hægt að fullyrða að augndíli í fiskimaga bendi til að viðkomandi fiskur hafi tekið sína fæðu í svifi, og oft fráleitt ef um fisk í Ytriflóa er að ræða.

Hvað aðrar tegundir botnkrabba varðar skiptir nokkuð í tvö horn hvað varðar flækkinga í svifi, en þeir voru talsvert meira áberandi í Syðri- en í Ytriflóa. Það hvað svo rammt að flækkingi yfir sumarið, að þegar mest var, lét nærrí að helmingur allra botnkrabba í Syðriflóa væri á flækkingi í svifi. Samsvarandi tölur í Ytriflóa eru um og innan við 5 %. Lítið bar á flækkingunum því þéttleiki er ekki mikill, en safnast þegar saman kemur úr um þrjúþúsund lítrum vatns í Syðriflóa og um 1000 lítrum í Ytriflóa yfir hverjum fermetra botns.

Algengasti flækkingurinn í Syðriflóa 1972 og '73 var kúlufló *Chydorus sphaericus*, en af henni var mest um 2-3 einst. í lítra, meira en helmingur allra flækkinga. Mjög svipað var í Bolum, en í Ytriflóa flæktist broddfló *Macrothrix* álíka mikið upp í svif. Síðar hefur annað slagið boríð mikið á þessum flækkingi. Freystandi er að álykta sem svo, að flækkingur umfram slæðing eins og 1972 og '73 bendi til mikilla þrengsla á botni, einkum meðal botnkrabba.

Sumarið 1971 var kúlufló algeng í svifi, um 50 í Syðri- og um 20 í lítra í Ytriflóa, 1972-'74 1-3 í lítra, 1976 um 200 í lítra í Syðriflóa og með henni voru fleiri tegundir, mest mánaflóin *Alona rectangula* um 30 í lítra, 1977 var kúluflóin mest um 10 í lítra og minna en 1 í lítra árin 1979-'81. Síðan vantár upplýsingar til 1986, en þá var mest um 30 í lítra en lítið í Ytriflóa. Svo var einnig 1987 í Syðriflóa og dýpuðum Ytriflóa, en yfir 10 í lítra á grunnu í Ytriflóa. Árið 1989 voru kúluflær um 50 í Syðriflóa, og 80-100 í lítra í Ytriflóa, mest á grunnu. Þetta ár fylgdi óvenju mikið af öðrum botnkrabbategundum með upp í svifið, mest í Syðriflóa og þar var mánaflóin *Alona quadrangularis* tíðust, yfir 20 í lítra. Vert er að vekja athygli á því að í Ytriflóa fengust allt upp í 3 linsuflær (*Eury cercus lamellatus*) í lítra á grunnu, en engin á dýpuðu svæði. Fram að því hefur verið hending að rekast á linsuflær í Ytriflóa.

Til að gefa hugmynd um fjölda botnkrabba í svifi á fermetra botns, svara 200 í lítra í Syðriflóa til um 600000 á m², 50 til um 150000 á m² og 30 til um 100000 á m². Þessi þéttleiki er stærðargráðu meiri en heildarþéttleiki allra botnkrabba sem fíkkst í rannsóknum 1973.

Samsvarandi fæst mest um 100000 á m² í Ytriflóa, sem er af svipaðri stærðargráðu, eða heldur minna en heildarfjöldi allra botnkrabba á m² samkvæmt rannsóknum 1973, en þá er að athuga að 1973 var innan við 5 % af stofninum á flækkingi, en nærrí helmingur í Syðriflóa.

HEIMILDASKRÁ

- Ahlgren, I., T. Frisk and L. Kamp-Nielsen 1988: *Empirical and theoretical models of phosphorus loading, retention and concentration vs. lake trophic state.* In: Persson, G and M. Jansson (eds). Phosphorus in freshwater ecosystems. Kluwer Academic Publishers. s 285-303.
- Arnbjörn Garðarsson 1988: Stofnbreytingar í Mývatni og líklegar orsakir þeirra. Tímarit Há-skóla Íslands 3: 55-66.
- Árni Einarsson, Hafliði Hafliðason og Hlynur Óskarsson 1988: *Mývatn, saga lífríkis og gjós-kutímatal í Syðriflóa.* Náttúruverndarráð, Fjöldrit nr. 17. 96 s.
- Ásgrímur Guðmundsson og Gísli Már Gíslason 1991: *Stofnstaerð, lífsferill og fæða hornsílis í Mývatni 1989 til 1990.* Líffræðistofnun Háskólangs. Handrit.
- Guðni Guðbergsson 1989: *Bleikjan í Mývatni 1987 og 1989.* Veiðimálastofnun, VMST-R/89013, 26 s.
- Guðni Guðbergsson 1991: *Silungsrannsóknir í Mývatni 1986-1990.* Veiðimálastofnun. Handrit.
- Hákon Aðalsteinsson 1979 a: Zooplankton and its relation to available food in Lake Mývatn. *Oikos* 32: 162-194.
- Hákon Aðalsteinsson 1979 b: Seasonal variation and habitat distribution of benthic Crustacea in Lake Mývatn in 1973. *Oikos* 32: 195-201.
- Hákon Aðalsteinsson 1984: *Framvinda svifs í Mývatni 1972-1982.* Í: Rannsóknarstöð við Mývatn, skýrsla 2. Náttúruverndarráð, Fjöldrit nr. 14: 93-139.
- Hákon Aðalsteinsson 1985: *Lífvist í tjörnum og smávötnum á Hofsafrétt.* Orkustofnun, OS-89001/VOD-01. 19 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1987: *Vöktun svifs í Mývatni 1986.* Orkustofnun, OS-87017/VOD-04 B, 7 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1991 a: *Vöktun svifs í Mývatni 1987 og 1989.* Orkustofnun, OS-910/VOD-04 B, 12 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1991 b: *Svif í Mývatni.* Í: Arnbjörn Garðarsson og Árni Einarsson, ritstj. Náttúra Mývatns. Hið íslenska náttúrufræðifélag. s. 167-189.
- Helgi Jóhannesson 1991: *Setflutningar í Mývatni, niðurstöður.* Vegagerð ríkisins, júlí 1991. 38 s.
- Howarth, R.W. and R. Marino 1988: Nitrogen fixation in freshwater, estuarine, and marine ecosystems. 2 Biogeochemical controls. *Limnol. Oceanogr.* 33: 688-701.
- Jón Ólafsson 1979: The chemistry of Lake Mývatn and River Laxá. *Oikos* 32: 82-112.
- Jón Ólafsson 1991: *Næringarefnaákoma Mývatns með lindavatni. Yfirlit athugana 1969-1990.* Skýrsla til Sérfræðinganefndar um Mývatnsrannsóknir. Handrit 4 s.
- Kristján Þórarinsson og Gerður Stefánsdóttir 1991: Flæði næringarefna í Mývatni, - tilraun til að meta vægi ákomu og innri hleðslu. Vinnuplagg til nefndar. Sérfræðinganefnd um Mývatnsrannsóknir. Fjöldrit, 10 s.
- Pearl, H.W. 1988: Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnol. Oceanogr.* 33: 823-847.
- Pétur M. Jónasson 1979: Lake Mývatn ecosystem, Iceland. *Oikos* 32: 289-305.

- Pétur M. Jónasson og Hákon Aðalsteinsson 1979: Phytoplankton production in shallow eutrophic Lake Mývatn, Iceland. *Oikos* 32: 113-138.
- Schindler, D.W. 1977: Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260-262.
- Seitzinger, S.P. 1988: Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: Ecological and geochemical significance. *Limnol. Oceanogr.* 33: 702-724.
- Unnsteinn Stefánsson 1970: Fáeinir athuganir á efnafræði Mývatns sumarið 1969. *Náttúrufræðingurinn* 40: 187-196.