

# **Mat á áhrifum kísilgúrvinnslu á fisk og fiskveiðar í Mývatni**

Jón Kristjánsson fiskifræðingur  
Mars 1999

Inngangur	2
Skilgreining	2
<b>Áhrif fiska á svifþörunguna í vötnum</b>	<b>2</b>
Lífræn framleiðsla, flokkun og lífsferill vatna	3
Fæðuprep og fæðupýramídar	3
<b>Rannsóknir á ofauðgi (eutrofi)</b>	<b>4</b>
Inngangur	4
Næringarsölt	4
Lífræn sjálfhreinsun	5
Tilraunir	6
Aðgerðir til úrbóta	6
<b>Sveiflurnar í Mývatni</b>	<b>7</b>
Almennt	7
Nefndarálit frá 1991 um skýringar á sveiflum í lífríki	8
Orsakir sveiflnanna í Mývatni, ný tilgáta	8
<b>Silungsveiðar og silungsrannsóknir</b>	<b>9</b>
Afli og sókn	9
Rannsóknir á silungi	10
Tilraunir	11
Umræða um silungsrannsóknir og tilraunir	11
Hornsíli	12
Áhrif dælingar á fisk og afkomu hans í Ytriflóa	13
Mat á áhrifum	13
Heimildir	14

# Mat á áhrifum kísilgúrvinnslu á fisk og fiskveiðar í Mývatni

---

## Inngangur

Kísiliðjan h.f. í Mývatnssveit fól verkfræðistofunni Hönnun h.f. að meta umhverfisáhrif áframhaldandi námavinnslu í Mývatni. Hönnun h.f. fór þess á leit við undirritaðan höfund að hann mæti þau áhrif sem vinnsla Kísiliðjunnar hefði haft, og hver áframhaldandi vinnsla gæti haft, á fisk og fiskveiðar í Mývatni.

Höfundur stundaði fiskifræðilegar rannsóknir í Mývatni á árunum 1973 - 1986 á vegum Veiðimálastofnunarinnar, starfaði í Sérfræðinganefnd um Mývatnssóknir og var meðhöfundur skýrslu nefndarinnar sem út kom 1991 (SuM 1991).

## Skilgreining

Um gæti verið að ræða tvenns konar áhrif. Bein áhrif, vegna dælingar sem dýpkar vatnið og veldur breytingum á búsvæði fiska. Óbein áhrif, sem þá stöfuðu m.a. á þeim áhrifum sem dæling og önnur starfssemi Kísiliðjunnar hefði á og næringarefna flæði í vatninu, búsvæði fæðudýra og þar með fæðu fiskanna.

Hinar miklu sveiflur sem hafa verið á lífríki Mývatns hafa ekki verið skýrðar en sífellt vakið upp spurningar um hvort þær gætu stafað frá starfssemi Kísiliðjunnar. Nokkrar kenningar hafa verið settar fram um orsakir þessarar sveiflna en þær hafa enn ekki verið skýrðar svo viðunandi sé.

Hér verður reynt að leggja mat á ofanefnda þætti, einnig um hvað valdi sveiflum í bláþörungum og þar með öðru lífríki vatnsins. Í því samband er nauðsynlegt að gera stutta grein fyrir samhengi þörungna, svifdýra og fiska almennt. Þá verður skýrt frá erlendum rannsóknum á þessu sviði.

## Áhrif fiska á svifþörungum í vötnum

Það er ekki fyrr en nýlega sem menn hafa gert sér grein fyrir þeim miklu áhrifum sem fiskur hefur á aðrar lífverur, dýr og plöntur í vötnum. E.t.v. eru ljósari sú beinu áhrif sem fiskar hafa á fæðudýr sín með því að éta þau heldur en þau óbeinu áhrif sem hann hefur á plönturnar með því að éta þá sem á plöntunum lifa og virka þannig sem efnaverksmiðja og flutningaleið í ferli næringarefna í vatninu. Nýjar rannsóknir og prófanir hafa aukið mjög þekkingu á þeim líffræðilegu þáttum sem koma hér við sögu og leitt til líffræðilegra aðferða (s. biomanipulering) til hreinsunar á þörungaríkum vötnum ( Hansson 1998).

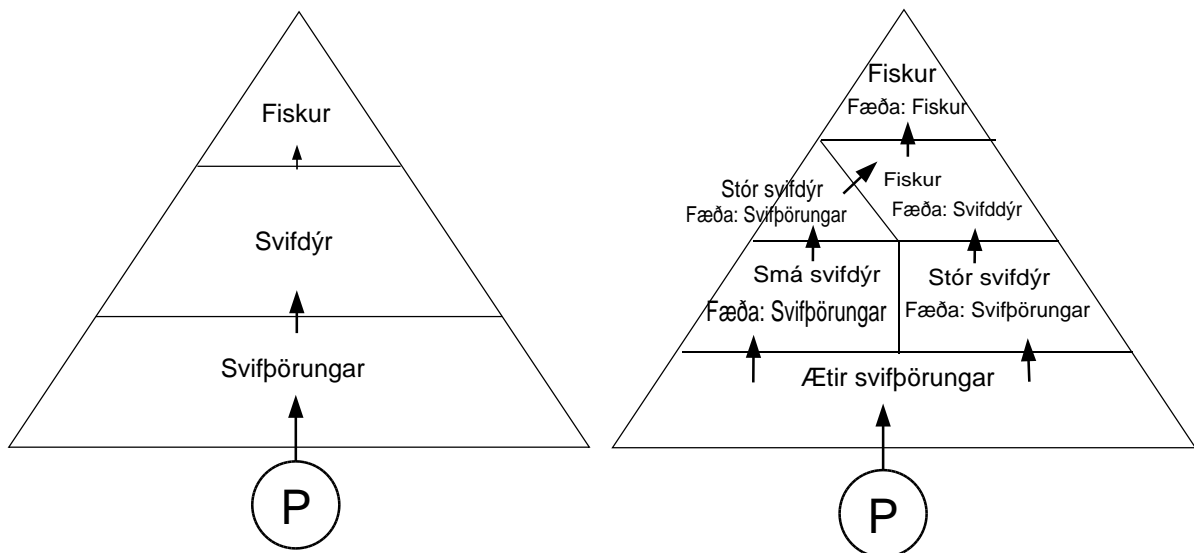
Hér verður dregið á nokkur atriði er koma við sögu í þróun vatna og samspili fiska og fæðudýra, atriði sem ættu að gera það auðveldara að skilja stofnsveiflur fiska, fæðudýra og þörungna eins og sjá má í Mývatni t.d.

## Lífræn framleiðsla, flokkun og lífsferill vatna

- Framleiðsla lífræns efnis í vötnum fer fram með því að plönturnar nota sólarorku og koltvísýring í uppbyggingu eigin vefja. Skipta má plöntunum í rótfastar plöntur, (botn- og strandgróður) og þörungum. Þörungar lifa annað hvort á yfirborði botns og annara plantna eða þeir svífa um í vatninu. Þörungar sem svífa um nefnast *svifþörungar*. Einn flokkur þeirra eru *bláþörungar* sem eiga það til að mynda langar keðjur sem sjást með berum augum og fljóta stundum upp í yfirborð. Bláþörungarnir eru sérstakir að því leiti að þeir vinna köfnunarefni úr loftinu og eru þar af leiðandi ekki háðir því að fá það utanfrá.
- Þegar mikið berst í vötn af áburði, næringarefnum sem plönturnar geta nýtt sér, t.d. vegna innrenslis frá rotþróum, eru það aðallega bláþörungarnir sem blómstra. Mengunareinkenni lýsa sér því oft í auknu magni bláþörungum, svo miklu stundum að talað er um *þörungablóma*. Áburðarefnin bindast í plöntunum og þessi mikla framleiðsla lífræns efnis veldur því að oft verður *súrefnisskortur* þegar plönturnar deyja og rotna, en súrefni er nauðsynlegt til rotnunar sem er mest að vetri til. Það eru bakteríur sem sjá um rotnunina, leysa plönturnar upp og koma næringarefnum aftur í umferð.
- Stöðuvötn má flokka í *næringarsnauð (oligotrof)* - og *næringarrík (eutrof)* - vötn. Milli þessara ystu marka eru vötn á ýmsu næringarstigi, sk. *mesotrof* vötn. Vötn eru hvað dýpst og tærust þegar þau myndast úpphafi, oftast tiltölulega snauð af næringarefnum. Þau kallast *næringarsnauð (oligotrof)*. Með tímanum grynna þau vegna setmyndunar, sem verður bæði vegna áfoks og eigin framleiðslu sem botnfellur. Næringarauðgi vatnanna eykst, þau verða *mesotrof* og þau geta endað sem *næringarrík (eutrof)* og oft gróa þau upp eða enda sem mýri. Öll viðbót næringarefna, t.d. frá landbúnaði og búsetu, flýtir þessari þróun.
- Ekki er algilt að vötn grói upp. Þar sem vindasamt er rífur öldugangurinn upp botninn, ratar setinu upp í vatnið, og það berst út úr vatninu. Því meira sem vatnið grynna, þeim mun meira rífa öldurnar úr botninum og að því kemur að jafnvægi myndast milli setmyndunar og útflutnings og vatnið hættir að grynna. Því stærra sem vatnið er, þeim mun dýpra er það þegar jafnvægi næst. Dæmi um þetta eru m.a. Apavatn, Laugarvatn, Eystara- og Vestara- Friðmundarvatn á Auðkúluheiði.

## Fæðuprep og fæðupýramídar

- Lífræna efnið sem plönturnar framleiða er fæða handa dýrasamfélögum vatnsins. Dýrin éta plöntur, eru sjálf étin af öðrum dýrum, sem e.t.v. eru étin af enn öðrum dýrum o.s. frv. Þegar plöntur og dýr deyja, brjóta bakteríur þau í sundur, þau rotna, og efnin sem plöntur og dýr tóku eitt sinn til sín komast aftur í umferð.
- Þegar einn étur annan er sagt að fæðan flytjist um þrep. Sagt er að fæðan flytjist *upp* í kerfinu. Oft er þetta táknað sem s.k. *fæðupýramídi* vegna þess að við það að flytjast um þrep tapast orka. Fyrir hvert kg sem dýr þarf að þyngjast þarf það að éta 10 kg af fóðri. Mismunurinn, 90%, er orkutap. Þess vegna er fæðubrautin táknuð sem pýramídi; Breiður grunnur stendur undir toppnum, það er meiri framleiðsla af þeim sem étinn er heldur en þeim sem étur.



Mynd 1. Dæmi um fæðubrautir í vötnum. Teiknaðar sem pýramídar til að draga fram hlutfallsleg framleiðsla hinna ýmsu þrepa . P táknar fosfor. (eftir Sanni 1989).

## Rannsóknir á ofauðgi (eutrofi)

### Inngangur

Á síðari árum eru þess mörg dæmi að aukning í fosfor fyrir tilvernað mannsins (landbúnaður, iðnaður og heimilishald) hafi valdið auknum vexti þörunga í stöðuvötnum.

Mikill þörungablómi varð í Mjösa, stærsta vatni Noregs, 1976. Það varð til þess að gripið var til aðgerða til að minnka ákomu fosfors. afnframt hófust víðtækar rannsóknir til að auka skilning á þessu fyrirbæri. Þessar rannsóknir stóðu yfir árabilið 1978-88 og kostuðu 26 milljónir norskra króna. Niðurstöður voru gefnar út 1989 (Olsen & Vadestein 1989) og fara meginatriði þeirra hér á eftir.

### Næringarsölt

Næringarsöltin hafa áhrif á framleiðslu lífræns efnis í vötnum. Fosfór er nauðsynlegur vexti plantna og oftast sá þáttur sem fyrst takmarkar vöxtinn. Því eru áhrif hans á lífríkið meiri en annarra efna, t.d. köfnunarefnis. Hlutfall fosfors miðað við köfnunarefni eykst með aukinni ákomu hans og nær jafnvægi sem skapar góð skilyrði til þörungavaxtar.

Aukin ákoma næringarefna eykur lífmassa þörungagróðurs, baktería, dýrasvifs og fiska, en **fiskar setja sterkan svip á lífríki næringarauðugra vatna**. Það sem ræður því hvernig ástandið þróast eru hlutföllin í fæðukeðjunni ásamt næringarsöltunum sem berast í vatnið.

Flutningur kolefnis (lífrænu framleiðslunnar) í fæðukeðjum vatna liggur fyrst og fremst eftir *aðalfæðukeðjunni*:

*Þörungar - stór svifdýr - fiskur.*

Fosfor flyst einkum eftir *bakteríukeðjunni*:

*Bakteríur - smá svifdýr - stór svifdýr - fiskur.*

Þessu veldur fyrst og fremst hið háa fosforinnihald í bakteríum. Velta þörunganna (kolefnis) er mjög háð samsetningu dýrasvifsins, sem aftur er stjórnað af fiski sem étur dýrasvifið. Straumur kolefnisins liggur í gegn um *aðalkeðjuna* þegar mikið er af stórum vatnsflóm (dafníum) en vatnsflær eru öflugar þörungaætur. Fiskur étur vatnsflær, og í þeim tilvikum þar sem hann hefur nær étið þær upp, liggur leið kolefnisins í gegn um *bakteríukeðjuna*.

### Lífræn sjálfhreinsun

Það sem átt er við þegar talað er um *lífræna sjálfhreinsun* er átt við þætti sem binda næringarsölt og koma þannig í veg fyrir "óæskilegan" þörungavöxt.

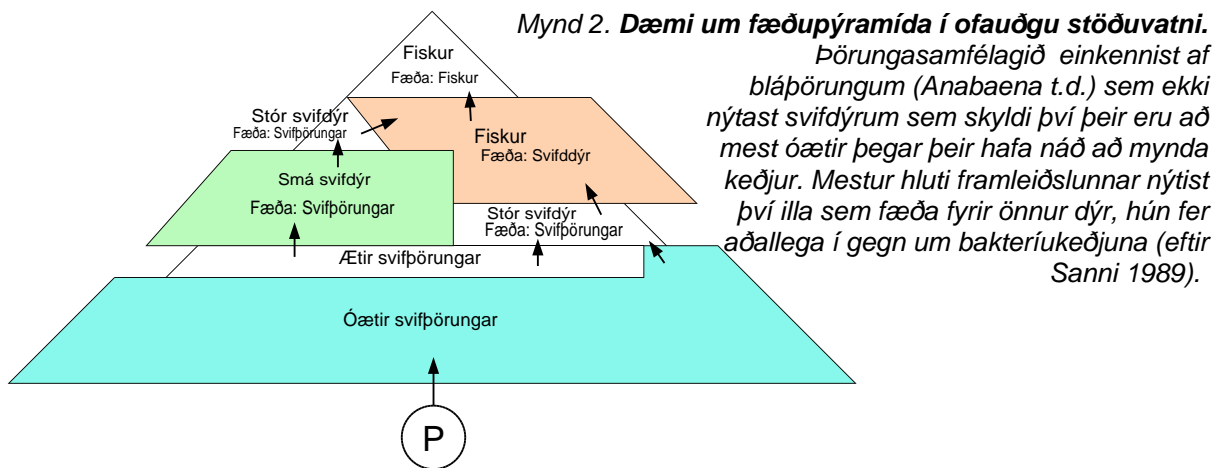
Rannsóknir hafa sýnt að sjálfhreinsun vatna er háð hlutföllunum í fæðukeðjunni:

Hreinsunin er mest þegar kolefnið fer eftir *aðalkeðjunni*. Viðbót næringarsalta hefur mest áhrif ef fiskurinn hefur náð að éta upp svifdýrin vegna þess að lítið beitarálag er á plöntusvifinu og það nær að fjölga sér hraðar. Þetta gerist fyrst og fremst þegar fiskarnir eru **margir og smáir**. Ef hins vegar dýrasvifið fær að vera í friði fyrir fiskinum, heldur það plöntusvifinu í skefjum og vatnið þolir betur aukningu næringarsalta.

*Af þessu leiðir að lífmassi þörunga og geta vatnsins til sjálfhreinsunar fer eftir ástandi fiskstofnanna.*

Blómi bláþörunga verður að öllu jöfnu í vötnum þar sem stóra fæðukeðjan er nær óvirk og sjálfhreinsun þess vegna lítil.

Sjaldgæft er að saman fari stórar vatnsflær og þörungablómi og þó ekki sé hægt að álykta með vissu að stórar vatnsflær éti beinlínis þörungana upp, er ýmislegt sem bendir til þess að það geti gerst.



## Tilraunir

Gerðar voru tilraunir með að hreinsa vötn af þörungum (Olsen & Vadestein 1989). Í sex vötnum var fiski útrýmt með eitri og ránfiski var sleppt í eitt vatn í þeim tilgangi að fækka smáfiski:

*Lífmassi þörungna minnkaði að meðaltali um 80% og sjóndýpi tvöfaldaðist við það fiskum fækkaði. Þar sem fiskaeitur var notað til að útrýma fiskinum, minnkaði fosforstyrkur vatnsins án þess að dregið hefði verið úr ákomu. Áhrifa aðgerðanna gætti í mörg ár, svo lengi sem fjölgunar smáfisks gætti ekki.*

*Athugað var hvort nærvera fisksins sem slíks ylli þörungablómanum, en það reyndist ekki vera: Þar sem settur var í vötnin fiskur af tegund sem ekki sem ekki át svifdýr, urriði t.d., þá leiddi það ekki til þörungablóma.*

Skýra má minnkun á lífmassa þörunganna á þann veg að eftir aðgerðirnar hafi meira af næringarsöltum fallið til botns og þau hafi því ekki nýst þörungunum eins vel til vaxtar.

Át svifdýra á þörungum veldur minni lífmassa þörungna, þegar skilyrði að öðru leiti eru óbreytt. Aukin útfelling fosfors verður með dauðum svifdýrum sem falla til botns þegar þau deyja. Þannig minnkar fosforinn sem þörungarnir hafa aðgang að.

Þar sem fiskur er líka til staðar, fellur minna út af dauðum svifdýrum vegna þess að þau eru étin. Fosforinn sem bundinn er í svifinu fer í gegn um fiskinn, út í vatnið aftur í uppleystu formi og verður því þörungunum aðgengilegur strax aftur.

Fiskurinn er eins konar efnapumpa, hann sér um að fosforinn sé á fullri ferð í vinnsluhæfu formi : Þörungar- dýrasvif -fiskur - þörungar, o.s. frv.

Þrír þættir, tiltölulega óháðir hver öðrum, hafa áhrif á þróun þörungasamfélaga í stöðuvötnum:

- 1) Aðflutningur með írennsli eða afrennsli af landi (mengun)
- 2) Flutningur fosfors upp í vatnið frá dýpri lögum og botnseti
- 3) Geta vatnsins til sjálfhreinsunar

Til lengri tíma litið, fer það sem berst fosfor frá dýpri lögum og seti til þörunganna uppi í vatninu eftir ákomu (innkomu annars staðar frá), svo og hæfileika stöðuvatnsins til sjálfhreinsunar.

Mikil ákoma fosfors og lítil sjálfhreinsun veldur, þegar fram líða stundir, miklum flutningi fosfors frá botni upp í efri lög vatnsins.

Lítill aðflutningur og mikil sjálfhreinsun leiðir til minni flutningi frá dýpri lögum.

## Aðgerðir til úrbóta

Venjulega líða mörg ár frá því að hreinsunaraðgerðir hefjast þar til þörungamagnið fer að minnka. Viðbraðgstíminn stytst með aukinni sjálfhreinsun, þess vegna næst skjótari árangur með því að fækka fiski jafnframt því að minnka innstreymi næringarsalta (Sanni, S. 1989).

# Sveiflurnar í Mývatni

## Almennt

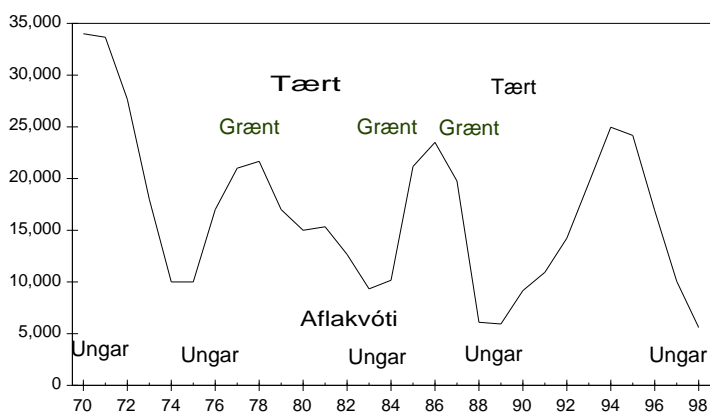
Hér á undan hefur verið lýst ástandi þar sem ofauðgi hefur verið viðvarandi, þ.e. augin mengun hefur valdið stöðugt meiri þörungagróðri og vötnin hafa festst í ofauðgi. Með því að fækka fiski og minnka ákomu næringarsalta hefur tekist að snúa þróuninni við og færa vötn í fyrra horf, losa þau undan ofauðgi þörungna og gera þau tær.

Vötn með árvissum eða algengum *bláþörungablóma* eru fá á Íslandi. Nefna má Kringluvatn, Stífluvatn í Fljótum, Apavatn og Mývatn. Mývatn hefur þá sérstöðu, að því er ég best veit, að þar hafa nokkuð reglulega skipst á tímabil þar sem vatnið er ýmist tært eða grænt:

Reglubundnar sveiflur milli græns og tærs vatns sem gerast að því er virðist af sjálfu sér.

Atburðarásinni í Mývatni má í stórum dráttum lýsa á eftirfarandi hátt:

- Þegar vatnið er tært er mikið um stóra langhalafló og hún birtist snemma, gjarnan um miðjan júní. Lítið er um bleikju, vöxtur hennar er góður enda nóg fæða, mý og stór krabbadýr. Lítið ber á hornsílum. Mikið mýflug. Lægð í bitvargi og urriða í Laxá. Tími: -1 ár.
- Vart verður við mikið af smárri bleikju sem vex hratt, Gjarnan tveir sterkir árgangar í röð. Í lok tímabilsins fer að draga úr vexti, bleikjan horast og það fer að bera á hornsílum. Vatnið fer að grænka (*bláþörungur*) í lok tímabilsins. Tími: - 2 ár.
- Bleikja horuð og veiðist illa eða ekki, stærri bleikjur lifa á hornsílum og vatnabobbum og bera uppi veiðina. Mikið af hornsílum, lítið mýflug og vatnið grænt, lítið af langhalafló. *Bláþörungablómi* (tegund: *Anabaena*). Mikill vargur (bitmý) og uppgangur í urriðanum í Laxá. Tími: - 1 ár.
- Bleikjan deyr og hverfur, hornsíli deyja eða yfirgefa vatnið niður Laxá (gerðist 1988). Átuleysi, ungaðuði, vatnið grænt, verðandi tærara. Tími: - 1 ár



Mynd 3. Bleikjuveiði (fjöldi) í Mývatni 1970-1997, filteraður með 3 ára meðaltali. Inn á myndina eru settar nokkrar tiltækar upplýsingar um lægðir í afkomu andarunga (Ungar), og tærleika vatnsins (Tært, Grænt).



## Nefndarálit frá 1991 um skýringar á sveiflum í lífríki

Sérfræðinganefnd um Mývatnsrannsóknir (SuM) setti fram í skýrslu 1991 sex tilgátur um orsakir stofnsveiflna í Mývatni og taldi að aðeins ein af þeim gæti tengst starfssemi Kísiliðjunnar:

- **Framleiðslubrestur hjá Anabaena setur af stað sveiflur í öðrum stofnum.** Tilgáta númer 3 í skýrslu nefndar ( bls. 27). Skv. henni væru sveiflur í stofnum botndýra afleiðing af sveiflum í *Anabeana*. Gert var ráð fyrir að sveiflugjafans væri að leita utan samfélagsins, m. a. áburðarefna frá samfélaginu í kring þ.á.mþ frá starfssemi Kísiliðjunnar. Nefndinni þótti þessi tilgáta ekki líkleg.
- **Súrefnisskortur, 5. tilgáta:** Súrefnisskortur. Þeirri tillögu var hafnað.
- **Afrán af völdum smáfiska, 1. tilgáta.** Fiskstofnar (bleikja og hornsíli) gætu gengið svo nærri fæðudýrum sínum að stofnarnir hryndu. Það leiddi svo aftur til hruns í fiskistofnum.
- **Vatnablómi bregst vegna beitar, 2. tilgáta.** Svifdýr (langhalafló, hjóldýr ) ætu þörungana og kæmu þar með í veg fyrir fjölgun þeirra.

Samkvæmt niðurstöðum úr norskum rannsóknum sem ekki urðu tiltækar fyrr en eftir að nefndarálit birtist, þá eru tilgátur 1 og 2. hér að framan samtengdar ( Olsen & Vadestein 1989). Nefndin gerði ekki ótvírætt ráð fyrir því að svo væri, eins og fram kemur í umræðum um tillögurnar. Einnig kemur fram að *skýringar SuM á virkni og samspili þátta eru aðrar* en fram koma í norsku niðurstöðunum.

- **Sveiflur eiga uppruna sinn í samspili ríkjandi botndýra (einkum *Tanytarsus*) og botngerðar, 4. tilgáta.**
- **Skilyrði fyrir vatnablóma stjórnast af þéttleika *Tanytarsus*, 6. tilgáta.**

Þessar tvær síðustu tillögur eru samtengdar og hafa margt sameiginlegt. Sú fyrri gerir ráð fyrir að stofnstærð dýra sé háð fæðunni, áhrifin reki sig upp eftir fæðupýramídanum en aldrei niður. Sú síðari gerir ráð fyrir að botndýrin stjórni vatnablómanum en ekki öfugt. Röksemdafærsla fyrir sveiflum er flókin, gert er ráð fyrir að kornastærð í seti skipti þar máli. Tilgáturnar hafa það sameiginlegt að fiskur kemur þar hvergi við sögu. Talið var að *Tanytarsus* væri ekki étin af öndum og fiskum og yrði "þannig að jafnaði ekki fyrir miklu afráni, t.d. vegna fjölgunar hornsíla" (skýrsla SuM bls 29). SuM taldi þörf á meiri rannsóknum til að varpa frekara ljósi á þessar tilgátur.

## Orsakir sveiflnanna í Mývatni, ný tilgáta

Áður hefur verið lýst hvernig fiskurinn hefur áhrif á svifdýr og svifþörunga og veldur þörungablóma þegar honum fjölgar. En þróunin stöðvast ekki þar.

Fiski virðist fjölga svo mikið að hann gengur það nærri fæðustofnunum að hann ferst sjálfur úr hungri. Eftir að hann hefur étið sjálfan sig út á gaddinn "lagast" ástandið, vatnið fer í byrjunastöðu. Fæða eykst vegna þess að afrán fiska hættir, góð skilyrði verða fyrir seiði, dánartala seiða verður lág. Fiski fjölgar hratt og atburðarásin endurtekur sig (sjá einnig: Náttúra Mývatns, 1991 bls 269).

# Silungsveiðar og silungsransóknir

## Afli og sókn

Silungsveiðar í Mývatni hafa verið mjög breytilegar svo langt aftur sem skráningar ná en afli hefur verið minni að meðaltali eftir 1970 en hann var þar á undan (Náttúra Mývatns, 1991 bls. 261 og 267).

Þessi aflaminnkun eftir 1970 hefur ekki verið skýrð, sbr. skýrslu SuM þar sem segir á bls. 8:

"Ástæðurnar fyrir þessum sveiflum eru hins vegar ekki skýrðar og eru ekki í auðsýnilegu sambandi við starfssemi Kísiliðjunnar þó þær hafi magnast á starfstíma hennar."

Skýringar geta legið í breyttu sóknarmynstri (Náttúra Mývatns, 1991 bls. 261) og þeirri staðreynd að sókn almennt var takmörkuð um 1970. Settar voru reglur um hámarksfjölda neta og kvótakerfi var notað til að stjórna veiði árin 1980-84.

Sóknartakmarkanir draga úr afla, auk þess verður viðnám gegn offjölgun fiskjar minna, sem aftur getur leitt til dýpri sveiflu.

Kvótakerfið sem var við lýði frá 1980 til 1984 var þannig að hverjum veiðibónda var leyft að veiða ákveðinn fjölda fiska á hverju veiðiári. Réðu menn því hvenær þeir veiddu sinn kvóta, þeir tóku hann þegar þeim hentaði, sumir að vetri, aðrir að sumri. Þetta leiddi til þess að menn stækkuðu möskvann, því þar sem fjöldi fiska var takmarkaður, var um að gera að veiða sem stærsta fiskana.

Kerfinu var komið á vegna þess að mjög lítið var af fiski í vatninu 1980. Trú manna þá var að ofveiði hefði skapað fiskleysið, nú skyldi bæta um betur, draga úr veiði og byggja upp sterkan stofn.

Árangurinn varð annar en vænst var:

"Sumarið 1982 var mjög mikið af fiski í vatninu en veiðum var almennt hætt fyrri hluta ágúst mánaðar vegna þess að aflakvótinn var búinn. Þegar net voru tekin upp var íferð (afli á sóknareiningu) mjög góð og er það skoðun margra veiðimanna að hægt hefði verið að veiða óhemjumikið þetta haust ef veiðin hefði verið frjáls" (Jón Kristjánsson, 1985).

Fiskurinn sem skilinn var eftir haustið 1982 skilaði sér ekki í veiði síðar í þeim mæli sem vænst var, afli varð lítil 1983 og fiskurinn var horaður, enda virtist vatnið þá átulítið, og var það allt til ársins 1985.

Á þessum tíma, að fenginni þessari reynslu, voru gefin þau ráð að beina sókninni "niður á við". Veiða meira af smáfiski og hlífa þeim stóra vegna þess að hann hefði það hlutverk að "bremsa" af smáfiskinn sem væri orsakavaldur þörungablómans í Mývatni. Ekki var farið að þessum ráðum.

Þetta er sagt hér til þess að það komi fram að *langt er síðan að bent var á að fiskar gegna mikilvægu hlutverki í vistkerfi vatnsins* og hafa áhrif á framvindu atburðaraásar, m.a. þörungablóma.

Í Mývatni hefur á síðari árum verið veitt með stórmöskva netum, 43 mm á legg eða stærri. Þannig net velja einungis stærsta fiskinn. Bleikjur undir 37 cm veiðast illa eða ekki. Þess vegna fjölga smárra bleikju óheft. Vöxtur bleikju í Mývatni getur stöðvast vegna fæðuskorts áður en hún er orðin nægjanlega stór til að festast í netum (Jón Kristjánsson, 1985).

Gerðar hafa verið veiðitilraunir erlendis í vötnum sem voru með með blandaðan stofn af smárra bleikju og urriða. Annars vegar var stunduð veiði með blönduðum möskvastærðum, almennt smáum, hins vegar var veitt eingöngu með stórmöskva netum.

Niðurstöður leiddu til þeirrar ályktunar að rangt væri að nota stórmöskva net ef markmiðið væri að uppskera sem mest. Þar sem smáriðnu netin voru notuð fékkst mestur afli og fiskur var þar stærri við lok tilraunarinnar en við upphaf hennar (Langeland o. fl 1988).

## Rannsóknir á silungi

Veiðimálastofnun hefur séð um rannsóknir í Mývatni í samvinnu við Rannsóknarstöðina við Mývatn og hefur stofnunin gefið út niðurstöður í árlegum skýrslum síðan 1991. Um tilgang og markmið segir:

"Rannsóknir á silungastofnum Mývatns eru hugsaðar sem vöktunarrannsóknir á silungastofnum vatnsins og eru framhald þeirra rannsókna sem staðið hafa frá 1986. Rannsóknirnar beinast að því að fylgjast með stærðar- og aldursamsetningu silungastofnanna í Mývatni, vexti þeirra og viðgangi, fæðu og holdafari." (Guðni Guðbergsson 1997).

Nánar tiltekið voru rannsóknaspurningarnar þessar (Guðni Guðbergsson, 1991):

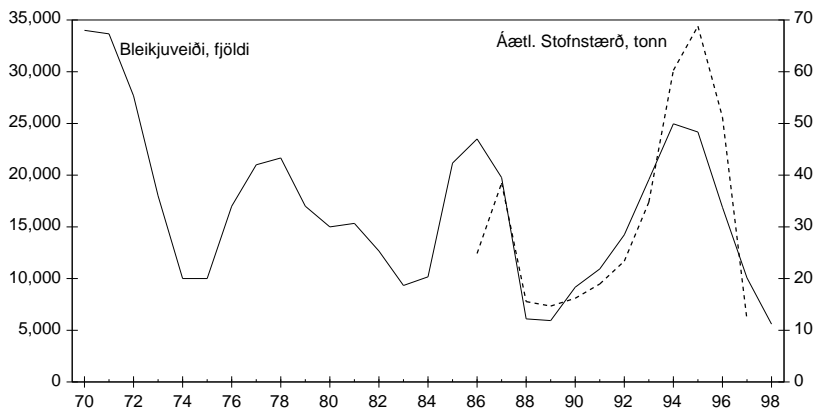
- 1) Hvernig breytist samsetninga silungastofna á milli árstíma og ára?
- 2) Hvaða breytingar verða á holdafari og fæðuvali silungs á milli árstíma og ára?
- 3) Hver er munur á fæðunámi og fæðuvali silunga milli svæða í Mývatni?
- 4) Hvert er hlutfallslegt gildi dælda svæðisins í Ytriflóa sem veiðisvæðs nú miðað við áður?
- 5) Hvert er hlutfallslegt mikilvægi norðanverðra Bola, miðað við önnur svæði Mývatns, sem riðastöðva og uppeldissvæða seiða?
- 6) Hver yrðu líkleg áhrif Kísilgúrdælingar á norðanverðum Bolum á riðastöðvar og uppeldisstöðvar í grendinni?

Ekki hefur verið gerð heildar samantekt á niðurstöðum tímabilsins frá 1990 til dagsins í dag, þar sem sveiflur í fiskmagni og öðrum þáttum eru dregnar saman og ekki hefur síðan 1991 verið reynt að svara rannsóknaspurningum 4-6.

Í skýrslum árána eftir 1990 er nær ekkert minnst á atriði er tengjast starfssemi Kísiliðjunnar : Einungis í skýrslum um árin 1991 og 1995 er lítillega minnst á fæðu silungs á grunnum og dýpkuðum svæðum. Birtar eru myndir af hlutfallslegri skiptingu aðalfæðu eftir svæðum en lesanda látið eftir að túlka þær.

Rannsóknaskýrslur bera það með sér að þær eru einnig ætlaðar sem þjónustuskýrslur handa veiðiréttareigendum. Áhersla hefur verið lögð á að meta stofnstærð út frá afla í tilraunanet og nota niðurstöður til að spá um komandi veiði. Ekki er greint á milli afla úr Ytriflóa og Syðriflóa, veiðitölur eru fyrir allt vatnið sem eina heild.

Mynd 4. sýnir áætlaða stofnstærð frá 1985 (Guðni Guðbergsson, 1998) ásamt bleikjuafli frá 1970.



Mynd 4. Bleikjuafli (3 ára meðaltöl) 1970-1998 og áætlaður stofn bleikju yfir 17 cm frá 1985.

## Tilraunir

Gerðar voru tilraunir með að sleppa urriðaseiðum í Ytriflóa. Tilgangurinn var: .."að kanna árangur slíkra sleppinga í vatnið en þó án þess að hafa veruleg áhrif á bleikjustofninn" (Guðni Guðbergsson, 1993). Út frá endurheimtu merktra urriða skyldi meta hagkvæmni sleppinga urriða.

Árangrinum var lýst svona (Guðni Guðbergsson 1997) : "Af veiðitölum verður ekki séð að sleppingar urriðaseiða í Mývatn hafi skilað sér í aukningu afla og séu ekki vænlegur kostur til að auka afla. Því er líklegast að urriðastofnarnir stjórnist meira af fæðu og aðstæðum í vatninu en af uppeldis- og hrygningarskilyrðum."

Ekki er að sjá að tilgangur tilrauna hafi verið að kanna aðgerðir sem draga mættu úr ofauðgi.

## Umræða um silungs- rannsóknir og tilraunir

Sveiflur sem fram koma í aflatölum og rannsóknaveiðum, gefa sennilega ekki sanna mynd af því sem er að gerast, m.a. vegna mismunandi fæðunáms. Þegar fæða almennt er í lágmarki og mestur hluti bleikjustofnsins er deyjandi eða hefur það skítt, eru sumar bleikjur að éta hornsíli og virðast hafa það ágætt.

Eingöngu þær bleikjur koma fram í veiðinni. Hinar eru svo smáar, horaðar og slappar að þær veiðast ekki í net. Vegna lítillar yfirferðar og almenns slappleika má leiða líkur að því að þær veiðist einnig illa í tilraunanet með smáum möskvum, en við úrvinnslu rannsóknargagna er gert ráð fyrir að afli á sóknareiningu í allar möskvastærðir neta sé í réttu hlutfalli við stofnstærð.

Þegar fæða er í hámarki er vöxtur bleikju góður og yfirferð er mikil vegna kraftmikillar fæðuöflunar. Bleikjan veiðist því óvenju vel og veiðin metur stofninn stærri en hann raunverulega er, sé fyrri röksemdafærsla notuð.

Stofnstærð er sennilega vanmetin þegar stofninn er stór og ofmetin þegar hann er lítill.

Í áðurnefndum tilraunum með sleppingu urriðaseiða voru seiðin sett út að hausti. Rannsóknir sem gerðar hafa verið á því hvort betra sé að setja út urriðaseiði strax að hausti eða bíða fram að næsta vori, hafa sýnt að oft má fá um fimmfaldan árangur séu seiðin geymd yfir veturinn (Per Aas, munnl. uppl.).

Hafi urriðaseiðin ekki verið orðin nægilega stór að hausti til að geta almennilega farið að éta hornsíli, þá hafa þau þurft að keppa við þau um fæðuna. Urriði getur illa nýtt sér svifdýr og því má ætla að hann standi illa að vígi í samkeppni við hornsíli um fæðu. Ef hann á að eiga möguleika, verður hann að éta hornsílin.

## Hornsíli

Hornsíli éta allt sem þau ná í og ráða við, þ.á.m. svifdýr. Árið 1988 var mjög mikið af hornsílum í Mývatni. Hornsíli sem voru allt að 10 cm að lengd fundust í Ytriflóa (sjá mynd). Þetta ár var ein mesta lægð í "lífríkinu" sem um getur, ungadauði var mikill, bleikjan mjög horuð og var að veslast upp (sjá mynd). Höfundur var vitni að því þegar hornsíli yfirgáfu vatnið í júlí. Skurðurinn ofan stíflu við Geirastaði var fullur af hornsílum á útleið. Mikið var af hornsílum í Laxá og fundust þau í miklu magni niður eftir allri á (Tumi Tómasson, munnl. uppl.). Þetta mátti túlka á þann veg að maturinn í vatninu væri búinn og sílin að yfirgefa vatnið í fæðuleit.

Þéttleiki hornsíla var mældur 1990. Meðal þéttleiki í Ytriflóa var áætlaður 130 -170 síli á fermeter, í Syðriflóa 0.3 -2.5 síli/m<sup>2</sup> og 30 síli/m<sup>2</sup> á Bolum. Út frá þessum tölum má reikna út að heildarþungi hornsíla í vatninu hafi verið af stærðargráðunni 1000 tonn.

Hornsíli í svo miklu magni hafa gríðarleg áhrif á fæðustofna vatnsins. Giska má á að fæðuþörf fiska sé 2-3% á dag, fæðuþörf 1000 tonna af fiski er því um 24 tonn á sólarhring eða 1 tonn á klukkutímann.

Ætla má að mun meira hafi verið af hornsílum 1988 en 1990, því sumarið 1990 var Syðri -Flói tær og hornsíli þar ekki í áberandi magni.

Magainnihald hornsíla var athugað 1989 og 1990 (Gísli Már Gíslason o. fl. 1998). Þar kemur fram að *Tanytarsus gracilentus* er ofarlega á fæðulistanum árið 1990, 1100 dýr fundust í þeim 479 mögum sem athugaðir voru.

Haldið hefur verið fram hingað til að fiskur éti ekki *Tanytarsus* (SuM 1991) og hefur sú fullyrðing einkennt umræður um hvað valdi sveiflum í lífríki vatnsins.

# Áhrif dælingar á fisk og afkomu hans í Ytriflóa

Bein áhrif af dælingunni eru að botninum er umturnað og vatnsdýpi eykst úr 1 m í 3-4 m.

Raskið á botninum veldur:

- Tímabundinni eyðingu dýra- og plöntulífs við botn
- Uppgruggun, gruggið flyst annað og hefur e.t.v. neikvæð áhrif á plöntu og dýralíf
- Aukinni losun næringarefna í vatnið sem auka hættu á þörungablóma
- Hugsanlegri losnun á brennisteinsvetni, H<sub>2</sub>S, sem er eitruð lofttegund

Meira dýpi og aukið rúmmál vatns:

- gleypir set sem flyst frá öðrum svæðum
- veitir fiski meira rými
- eykur lífsrými plöntusvífs
- gefur vatnsflóm meira lífsrúm
- dregur úr hitasveiflum
- kemur í veg fyrir að botninn frjósi
- minnkar upprót í vindi
- auðveldar siglingar og veiðiskap

Þar sem urriði er í sambylí við bleikju heldur hann sig næst fjörunni á hörðum botni. Sé dælt úr fjörun og af grunnnum hraunbotni fæst stærra uppeldissvæði fyrir urriða. Ef kenningin um að fiskur valdi sveiflum í vatninu á við rök að styðjast, er af hinu góða að efla urriða sem mikilvægan þátt til að stuðla að jafnvægi (minnka fjölda) svifæta, bleikju og hornsíla.

Dýr og plöntur hverfa við dælingu tímabundið. Dælingin og dýpkunin valda því að botninn verður gljúpari og rótfastar plöntur eiga erfitt uppdráttar lengi að dýpkun lokinni. Talið hefur verið að botndýralíf minnki og þar með fæða handa fiski (sjá skýrslu SuM 1991, bls. 57, 12.5). Þetta virðist þó ekki einhlítt og á ekki við um allar tegundir. Einnig ber að hafa í huga að fiskur hefur áhrif á fjölda botndýra með því að éta þau.

Dýpkun vatnsins veldur bættum lífsskilyrðum fyrir langhalafló sem gegnir mikilvægu hlutverki við sjálfhreinsun vatnsins. Fram hefur komið að meira hafi verið á henni fyrr á öldum þegar vatnið var dýpra (SuM 1991, bls. 57, 12.4).

Að sögn heimamanna veiðist betur á dýpkuðum svæðum, væntanlega vegna þess að það eru betri skilyrði fyrir fisk: Meiri matur og meira pláss. Vart verður ályktað annað en að dæling úr Ytriflóa hafi verið jákvæð fyrir fisk og fiskveiðar.

## Mat á áhrifum

Ekki verður ályktað út frá fyrirliggjandi gögnum að vinnsla á kísilgúr hafi bein áhrif á sveiflur í fiskstofnum vatnsins. Unnt er að skýra sveiflur í bleikjuveiði út frá forsendum sem eru óháðar Kísiliðjunni. Ekki verður þó séð að rannsóknir á fiskstofnum vatnsins hafi beinst markvisst að því að kanna þá tilgátu, né heldur hugsanleg tengsl námuvinnslu og fiskstofna sem skýrt gætu sveiflurnar.

Á vinnslutíma Kísiliðjunnar hefur ýmislegt annað gerst sem gæti hafa haft áhrif á fiskafla:

Eldgos, breytt rennsli linda, hita- og efnabreytingar í vatni. Aukin áburðarnotkun, fjölgun íbúa og ferðamanna. Kólnandi tíðarfar og breytt sóknarmynstur í silungsveiðum. Stíflur í ósum Mývatns hafa hindrað eðlilegar göngur urriða milli Laxá og Mývatns. Vatnsborðsbreytingar í Mývatni vegna miðlunar í Laxá hugsanlega valdið auknu botnraski sem hefur haft áhrif á setflutniga í vatninu.

Eigi að stöðva vinnsluna, verður að gera það á öðrum forsendum en að það hafi neikvæð áhrif á veiði.

Jón Kristjánsson

#### Heimildir:

- Gísli Már Gíslason, Ásgrímur Guðmundsson and Árni Einarsson 1998. Population densities of the Three-spined Stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) in a shallow lake. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26, 2244-2250. Stuttgart, Juni 1998.
- Guðni Guðbergsson 1991. Silungsrannsóknir í Mývatni 1986-1990. Veiðimálastofnun, fjölrit VMST-R/91013, 81 bls.
- Guðni Guðbergsson 1997. Silungsrannsóknir í Mývatni 1996. Veiðimálastofnun, fjölrit VMST-R/97016, 21 bls.
- Guðni Guðbergsson 1998. Silungsrannsóknir í Mývatni 1997. Veiðimálastofnun, fjölrit VMST-R/98010, 21 bls.
- Hansson, Lars-Anders (red) 1998. Rapport 4851. Biomanipulering som restaureringsverktyg för näringsrika sjöar. En kunnskapssammanställning. Naturvårdsverkets förlag, 107 pg.
- Jón Kristjánsson 1996. Fiskifræðilegar rannsóknir í Mývatni 1985. Veiðimálastofnun, fjölrit VMST-R 86001, 17 bls.
- Langeland A. & B. Jonsson 1988. Management og stunted populations of Artic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*) in Norway. In: W.L.T. van Densen, B. Steinmetz & R.H. Hughes (Eds). 1990 Management of freshwater fisheries. Proceedings of a symposium organized by the European Inland Fisheries Advisory Commission, Göteborg, Sweden, 31 May- 3 June 1988. Pudoc. Wageningen. pp. 396-405.
- Náttúra Mývatns 1991: Fiskurinn í Mývatni og Laxá. Ritstj. Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson. Hið íslenska náttúrufræðifélag, bls.: 257-277.
- Olsen, Y & O. Vadestein (red), 1989: NTNf's Program for eutrofieringsforskning. Faglig slutttrappott for Fase 1-3, (1978-1988). ISBN 82-7224-296-6.
- Sanni, S. 1989. NTNf's Program for eutrofieringsforskning. Strategi for restaurering av eutrofe innsjöer. ISBN 82-7224-298-2.
- Sérfræðinganevnd um Mývatnsrannsóknir 1991. Áhrif Kísiliðjunnar h.f. á lífríki Mývatns. Nefndarálit. Umhverfissráðuneytið, fjölrit, 72 bls.