



Icelandic Museum
of Natural History

Brynjólfsgata 5
IS-107 Reykjavík

S./Tel. 577 1800

nmsi@nmsi.is
www.nmsi.is

ÞINGVALLAVATN

Einstakt vistkerfi undir álagi

Dr. Hilmar J. Malmquist líffræðingur

Gott að vita námskeiðaröðin.
Starfsmannafélag Reykjavíkurborgar og SFR – stéttarfélag í almannatjónustu
Grettisgötu 89. 9. mars 2017

Efnistöð

Einkenni og sérkenni vistkerfisins

Jarð- og vatnafræðilegir þættir

Líffræðilegir þættir

Löggjöf og regluverk til verndar vistkerfinu

Helstu álagsþættir og aðsteðjandi vandi

Staðbundnir

Mengun vegna búsetu og umferðar

Mengun vegna Nesjavallavirkjunar

Hnattrænir

Loftslagshlúnun og hlúnun vatns

Loftborin, langt að komin efnamengun

Gögn

- 1885-1930 Arthur Feddersen, Bjarni Sæmundsson, Árni Friðriksson, Ostenfeld & Wesenberg-Lund
Almennar rannsóknir einkum á fiski en einnig smádýralífi og gróðri.
- 1974-1992 **Pétur M. Jónasson o.fl.**
Umfangsmiklar, alhliða rannsóknir á vistkerfi vatnsins og vatnasviðinu.
Ólu af sér fjölmargar rannsóknir, einkum á fiski og vatnsgæðum.
- 1989- Orkuveita Reykjavíkur o.fl.
Rannsóknir á þungmálmum í seti, gróðri og dýrum.
Mælingar á 5 ára fresti, síðast 2012.
Líffræðist.H.Í, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Matís ohf., Náttúrufræðistofa Kópavogs.
- 1992- Líffræðistofnun HÍ, Háskólinn á Hólum, Náttúrufræðistofa Kópavogs
Rannsóknir á bleikju og hornsíli – þróunarfræði.
- 1997 Líffræðistofnun HÍ, Náttúrufræðistofa Kópavogs
Rannsóknir á áhrifum affallsvatns frá Nesjavallavirkjun.
- 2007- Náttúrufræðistofa Kópavogs og Jarðvísindastofnun HÍ
Árleg vöktun á vatnsgæðum Þingvallavatns: efna- og eðlisþættir, þörungar, dýrasvif og murta.
Vöktunarverkefni kostað af Orkuveitu Reykjavíkur, Landsvirkjun, Þjóðgarðinum á Þingvöllum, Umhverfisstofnun og umhverfisráðuneytinu.

Meginmarkmið vöktunar

samstarfssamningur 2.4.2007

„Meta og kortleggja ástand og breytingar sem kunna að verða á lífríki og efna- og eðlisþáttum vegna hugsanlegra álagsþátta, jafnt af mannlegum sem náttúrulegum toga.“

Álagsþættir: Ofauðgun næringarefna
Mengunaróhöpp
Nýting vatns (ekki vatnsmiðlun)
Loftslagshlúnun

Breytur sem eru vaktaðar:

Efna – og eðlisþ: T, pH, súrefni, rafleiðni, rýni
Aðal- og snefilefni í írennsli, frárennsli og vatnsbol

Svifþörungur: Tegundir og magn (talning + blaðgræna-a)

Svifdýr: Krabbadýr og Hjóldýr

Fiskur: Murta

+ „Ný“ gögn: **Vatnshiti við Steingrímsstöð 1962–2011.**

Ísalagnir og ísabrot 1974–2016.

Útbreiðsla kransþörungabeltis á botni, 2015.

Lög og reglur

Lög nr. 47/2004 um þjóðgarðinn á Þingvöllum

„4. gr. Innan þjóðgarðsins er óheimilt að gera nokkuð það sem getur spillt eða mengað vatn þar, bæði vatn á yfirborði og grunnvatn.

Vernda skal lífríki Þingvallavatns og gæta þess að raska ekki búsvæðum og hrygningarstöðvum bleikjuafbrigða og urriðastofna sem nú lifa í vatninu.“

Lög nr. 85/2005 um verndun vatnasviðs Þingvallavatns

...Þingvallavatn og vatn á verndarsvæði Þingvallavatns er viðkvæmur viðtaki (gagnvart nitri, 18. gr.) og skal vera í ástandsflokki A (ósnortið, næringarefnasnautt vatn) (reglugerð nr. 650/2006).

Reglug. nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

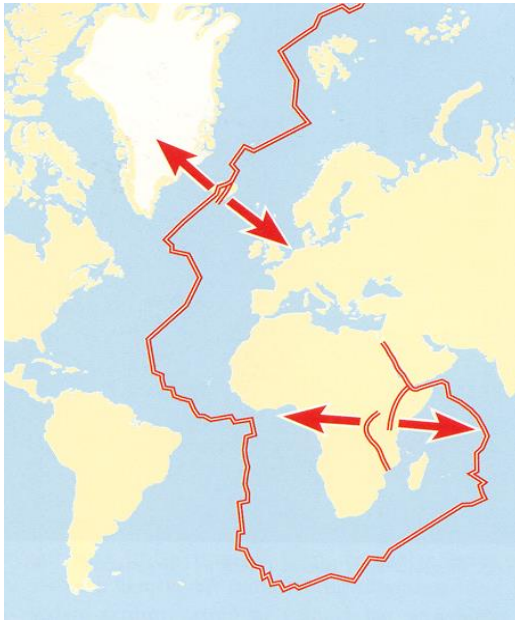
Töluleg viðmið (blaðgræna-a, T-P, T-N) fyrir 5 vatnsgæðaflokka (A, B, C, D, E).

Ákvæði alþjóðasáttmála UNESCO um menningar- og náttúruarfleifð

Júlí 2004 - **Heimsminjaskráning**: Þingvellir og nyrsti hluti Þingvallavatns innan þjóðgarðsins v. einstaks menningarlandslags.

Janúar 2011 – **Bráðabirgðatillaga**. <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5588/> Þingvallavatn og allt vatnasviðið sett á s.k. **Yfirlitsskrá** um mögulega tilnefningu á **Heimsminjaskrá** v. einstakrar náttúruarfleifðar (jarðfræði og lífríki).

Jarðfræðileg sérstaða



Flekaskil - Mið-Atlantshafshryggurinn

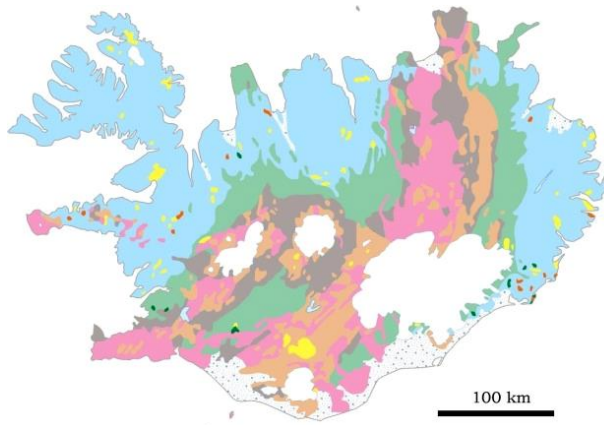
Ísland er eini staðurinn á jörðinni þar sem ganga má þurrum fótum á flekaskilum á úthafshrygg.

Óvíða jafn stórbrotið umhverfi og á Þingvöllum þar sem reginöfl náttúrunnar með flekaskilum, eldi og ís blasa við. Mikið vísindalegt gildi.

Flekaskilunum fylgir eldvirkni

Ungar basaltbergmyndanir frá Nútíma (<10.000 ára) algengar á Íslandi, en fágætar á hnattræna vísu.

Sigdældin með Þingvöllum og Þingvallavatni er að miklu leyti þakin hraunum frá Nútíma.



Vatnafræðileg sérstaða

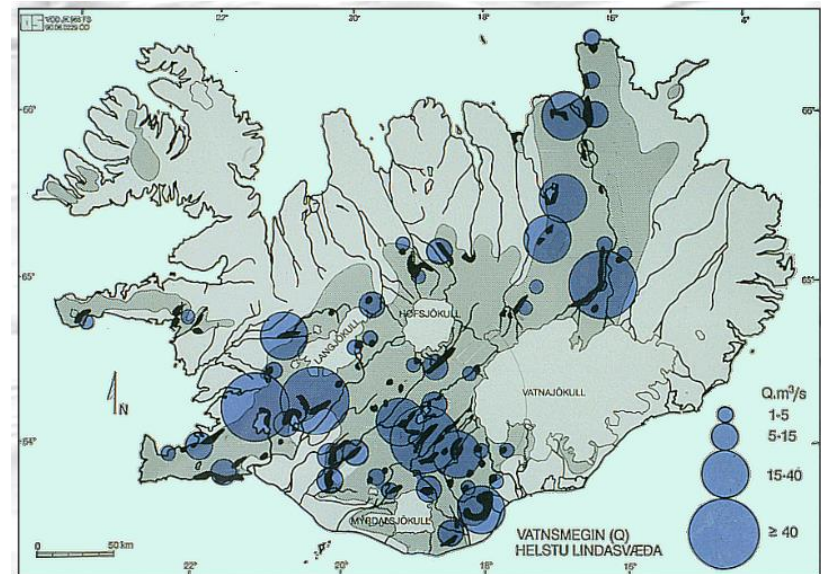
Lindavötn á Íslandi og hraunumhverfi þeirra eiga vart sinn líka í Evrópu hvað varðar umfang og eðlis- og efnæiginleika, sem grundvallast á berggerðinni, hinu unga, hripleka basalhrauni.

Lindavatnskerfin á Íslandi teljast til vatnafræðilegra sérkenna á alþjóðavísu. 10 stærstu lindasvæði Jarðar á Íslandi?

Fylgja virka gosbeltinu og hraunum frá Nútíma þar sem berggrunnur er gljúpur og lekur. Yfirborðsvatn hripar niður, vatnið síast og næringa- og snefilefni leysast úr berginu og ganga í samband við vatnið.

Vatnafræðilegir eiginleikar lindavatna:

- hreinleiki,
- steinefnaríkt innihald og stöðugt,
- stöðugleiki í hitastigi og rennsli.

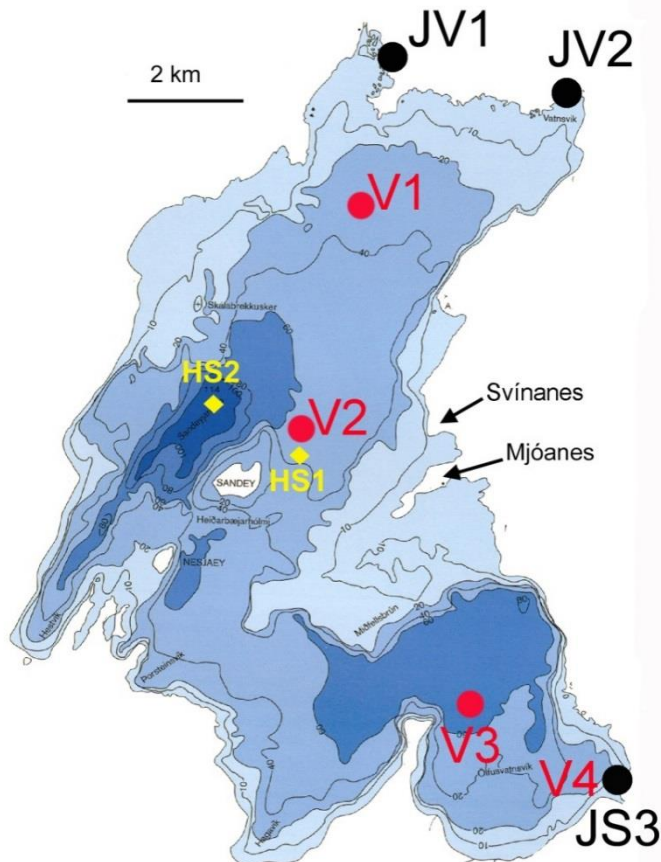


Freysteinn Sigurðsson. Orkustofnun

Aagot V. Óskarsdóttir o.fl. 2011.

Vatnafræðileg sérstaða

Sýnatökustaðir í vöktun



Pingvallavatn: Stærsta vatn landsins og af gerð lindavatna.

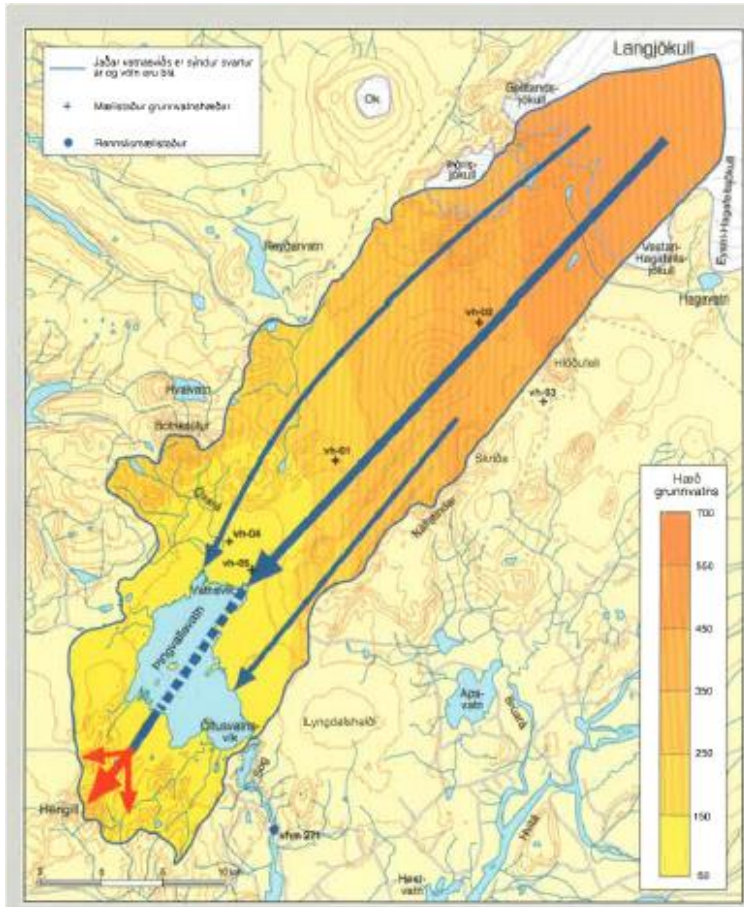
Flatarmál: 83,7 km². Rúmmál: 2800 Gl.
Meðaldýpi: 35 m. Mesta dýpi: 114 m.
Viðstöðutími: 330 dagar.

Lindavatnskerfin á Íslandi teljast til vatnafræðilegra sérkenna á alþjóðavísu.

Fylgja virka gosbeltinu og hraunum frá Nútíma þar sem berggrunnur er gljúpur og lekur. Yfirborðsvatn hripar niður, vatnið síast og næringa- og snefilefni leysast úr berginu og ganga í samband við vatnið.

Lindavötn: hrein – tær – köld – stöðug

Vatnafræðileg sérstaða



~ 90% (~90 m³/s) af írennsli Þingvallavatns sprettur fram í lindum við bakka og úti í vatninu.

Þrjár meginstraumar grunnvatns berast til Þingvallavatns:

Almannagjárstraumur: ~30 m³/s, 3,0–3,2°C
Hrafnagjárstraumur: ~20 m³/s, 2,7–2,9°C
Miðfellsstraumur: ~ 25 m³/s, ~4°C
+ sunnan og vestan: ~15 m³/s, 4–**10**°C

Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 2011.

Samkvæmt eldri athugunum (Hákon Aðalsteinsson o.fl. 1992) er Almagnagjárstraumurinn talinn vera ca. 65% af írennslinu.

Vatnafræðileg sérstaða



Þingvallavatn

Tært og blátt

Tærleiki \equiv lítið af þörungum.
Sólarljós nær óvenju djúpt niður.

Kjörskilyrði í Þingvallavatni:
lágmarksmagn sólarorku fyrir ljóstillífun
($\sim 1\%$ af ljósmagni við yfirborð) nær
niður á ~ 40 m dýpi.

Í Lagarfljóti er þetta innan við 0,5 m!

Vötnum með tærleika Þingvallavatns fer
fækkandi á Jörðu – einkum vegna
ofauðgunar á næringarefnum (N og P, v.
landbúnaður, þéttbýlis, umferðar og
iðnaðar).

Vatnafræðileg sérstaða

Heildarákoma niturs
á vatnasviðið metin ~ 710 tonn/ári.

Um 330 tonn T-N berast til
vatnsins/ári, þar af ~ 170 tonn NO_3 .

Af NO_3 :

80-90% af náttúrulegum toga?

2-6% með skólpi/fráveitu

4-6% með landbúnaði

1-2% loftborin (þurr og vot)?

1-2% frá Nesjavallavirkjun

Uppblástur?

Blágrænugerlar?

Þingvallavatn er næringarefnasnautt

N (nitur) og P (fosfór) eru helstu næringarefnin sem gróður þarf til vaxtar. Gróðurinn þarf N:P í hlutfallinu 7:1 (16:1 í mólfjölda).

Styrkur N (og P) í írennsli vatnsins er lítill. T-N er að meðaltali 86-98 $\mu\text{g/l}$.

T-P er að meðaltali 26-31 $\mu\text{g/l}$.

Mikilvægustu næringarefnin berast til Þingvallavatns í hlutfallinu 3:1 til 4:1 (6:1 til 9:1 m.v. mólfjölda).

Það þýðir að nitur er takmarkandi fyrir frumframleiðslu Þingvallavatns og ræður þ.a.l. miklu um hve tært það er og blátt.

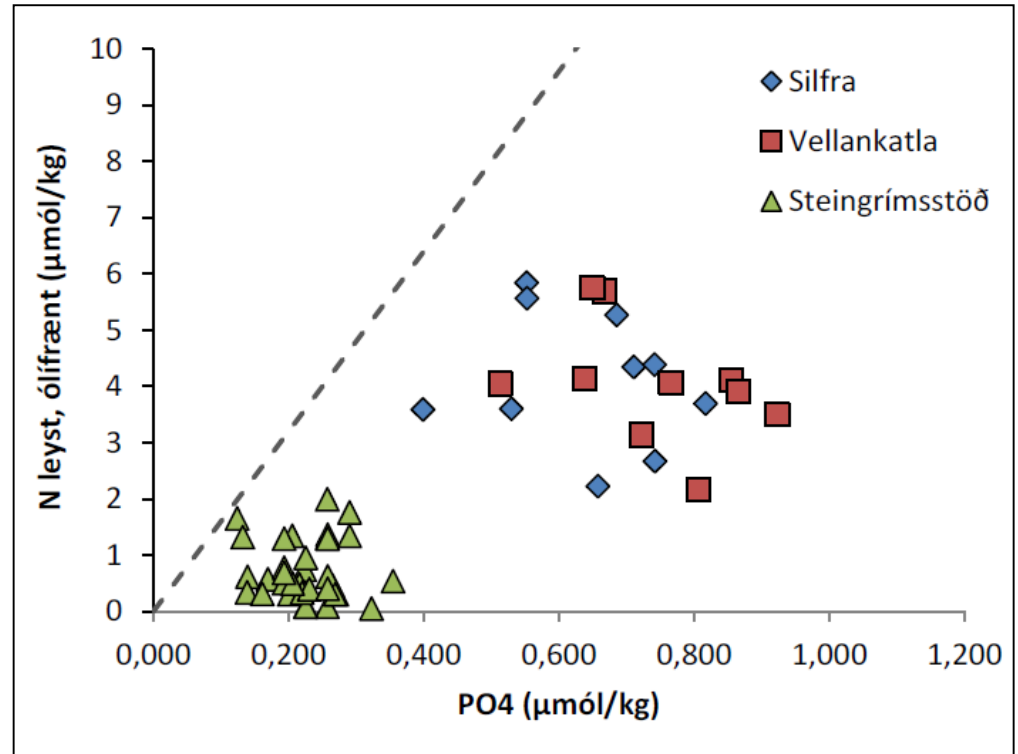
Gunnar St. Jónsson 2016.
Hákon Aðalsteinsson og Pétur M. Jónasson 2002.

Vatnafræðileg sérstaða

Takmörkun niturs

Brotalína: N:P=16:1 (eða 7:1).
16:1 er það hlutfall N og P sem frumframleiðendur þurfa til að þrífast. Gróðurinn gerir kröfur um meira af N en P sem nemur þessu hlutfalli.

Mæliniðurstöður Jarðvísindastofnunar H.Í. í írennsli (og frárennsli) Þingvallavatns á árunum 2007–2015 sýna að styrkshlutfall N og P er 4-5falt undir tilskildu hlutfalli.



Líffræðileg sérstaða

Fjögur afbrigði bleikju

Ólík í útliti, lífssögu og lífsháttum.

Hvergi vitað um jafn mörg bleikjuafbrigði og í Þingvallavatni og óvíða er útlitsmunur eins glöggur.

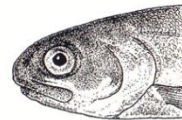
Einnig tvö ólík afbrigði hornsíla.

Afar áhugavert í vísindalegu tilliti, einkum í þróunarfræði.

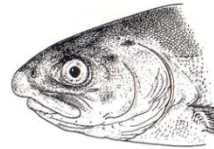
Dæmi um samsvæða tegundamyndun - ein tegund að kvíslast í fleiri á tiltölulega skömmum tíma.

„Galapagos Norðursins“!

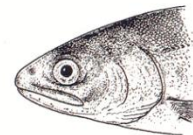
Dvergbleikja



Kuðungableikja



Murta

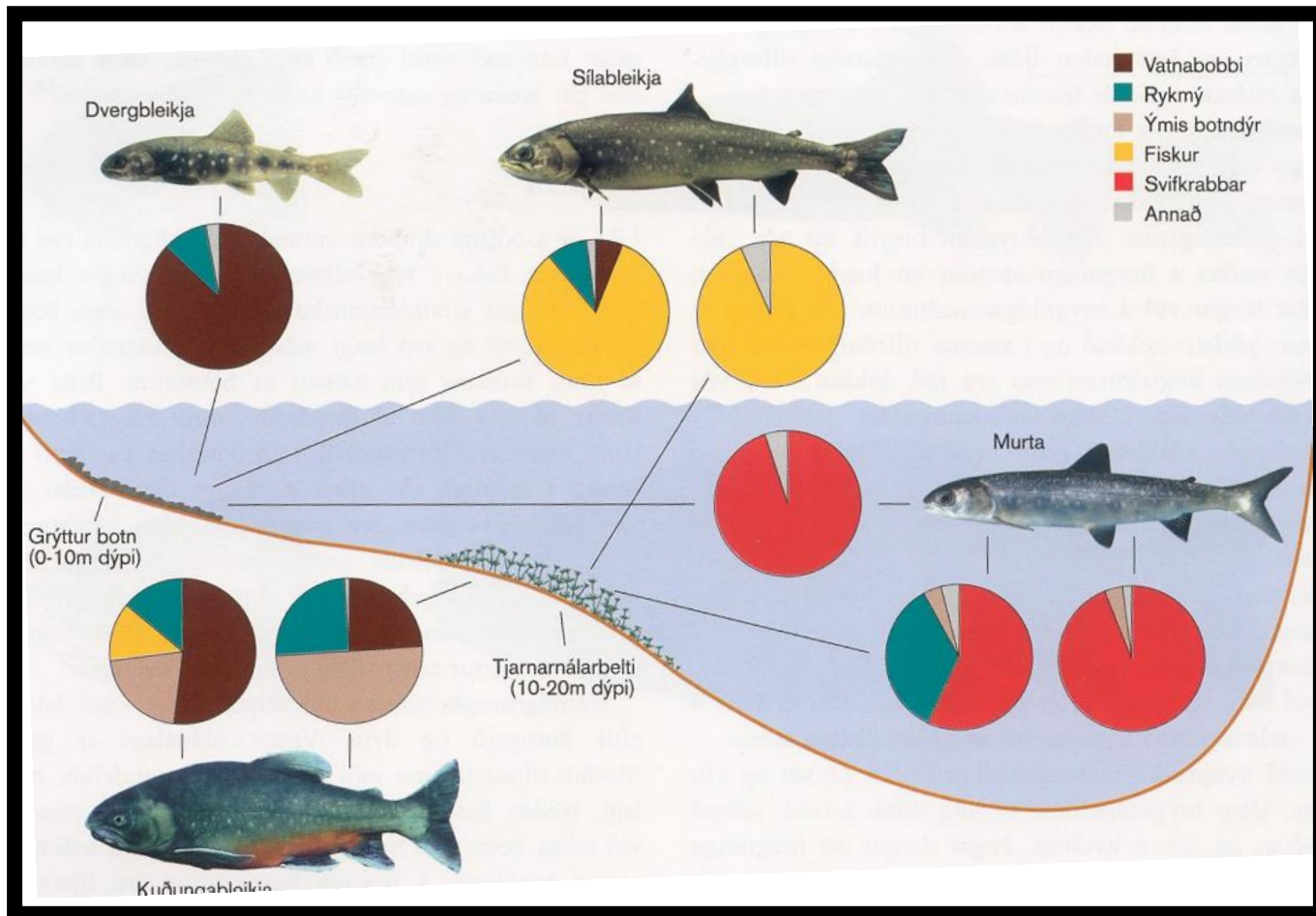


Sílaleikja



Líffræðileg sérstaða

Mikil sérhæfing bleikjugerða í fæðu- og búsvæðavali

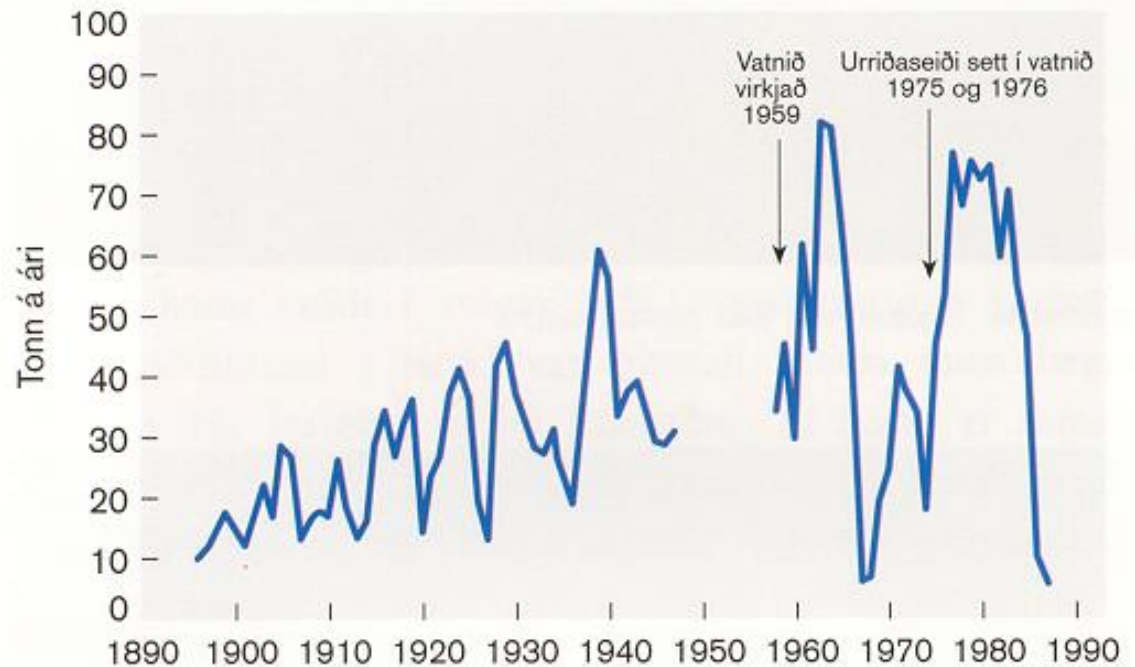


Líffræðileg sérstaða

Magn bleikju (1983-84)

Murta	23,3x10 ⁶ ,	600 tonn
Síableikja	0,8x10 ⁶ ,	30 tonn
Kuðungableikja	0,6x10 ⁶ ,	20 tonn
Dvergbleikja	1,7x10 ⁶ ,	9 tonn

Gjöfult fiskivatn
Afrakstur um 10 kg/ha
Murtuveiði allt að 75 tonn!



Líffræðileg sérstaða



Hraunbotn flókið þrívítt rými með „kjallara“ - athafnasvæði fyrir lífverur.

Yfirborð hraungrýtis er óreglulegt, hrufótt, þakið smáholum með mikið yfirborð.

Fleiri tegundir og meira af þeim á hraungrýti en sléttu, þvegnu grjóti.

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000.



Líffræðileg sérstaða

Tvær nýjar tegundir af grunnvatns-marflóm fyrir vísindin fundust 1998–2000 á bökkum Þingvallavatns

Crymostygius thingvallensis

Stórvaxin (22 mm). Eingöngu fundist í uppsprettum í Þingvallavatni og Herðubreiðarlindum.

Crangonyx islandicus

Smávaxin (<7 mm). Algeng í uppsprettum, einkum á virka gosbeltinu.

Meðal örfárra einlendra tegunda á Íslandi. Margt bendir til að báðar tegundirnar hafi hafst við ofan í grunnvatnsgeymi landsins og þraukað af kuldaskið fyrri ísalda, jafnvel í 40 milljónir ára. Hér eru því á ferð afkomendur meðal allra elstu lífvera landsins.

Bjarni K. Kristjánsson & Jörundur Svavarsson 2007.
Kornobis o.fl. 2010.



Crymostygius thingvallensis



Crangonyx islandicus

Líffræðileg sérstaða

Urriði (*Salmo trutta*)

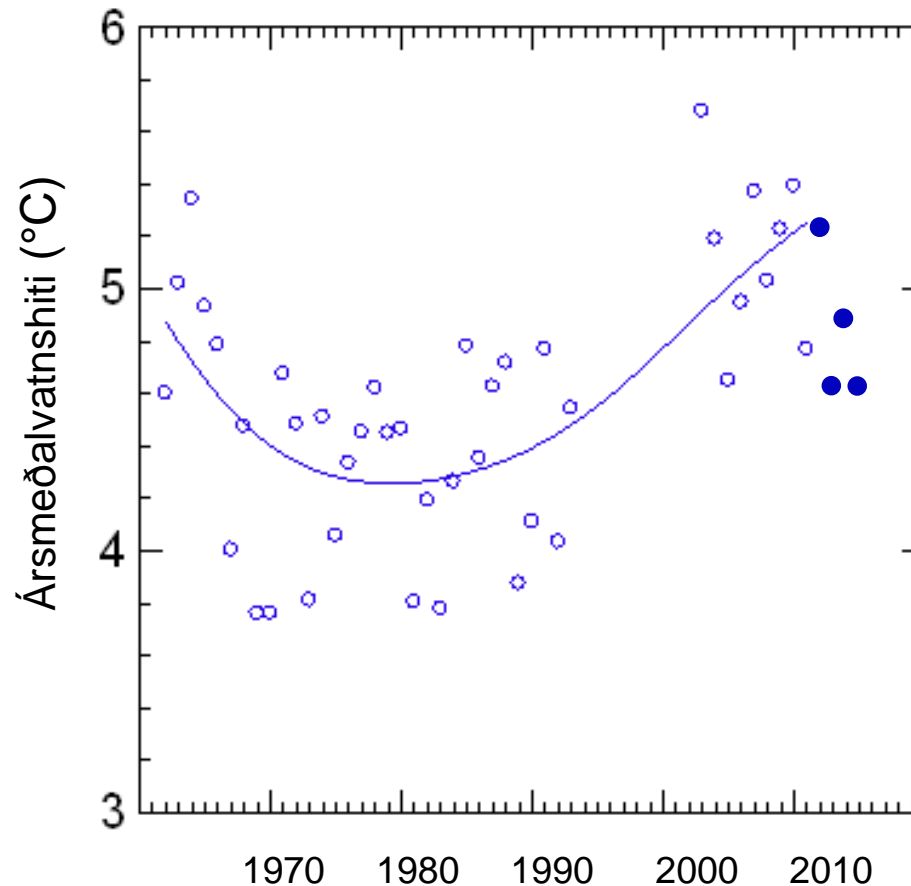
Mest í Öxará en einnig Ölfusvatnsá (hrygnir líklega víðar).
Verður afar stór, 20–30 punda ruddungsboltar vel þekktir.
Af fágætum, upprunalegum „ísaldarstofni“.



Urriði í Öxará.
© Erlendur Guðmundsson

Þingvallavatn hlýnar!

Steingrímsstöð í 41 ár (1962-93 og 2003-11, ~15.000 mæligildi)
 $R = 0,424$, $ft. = 39$, $P < 0,01$

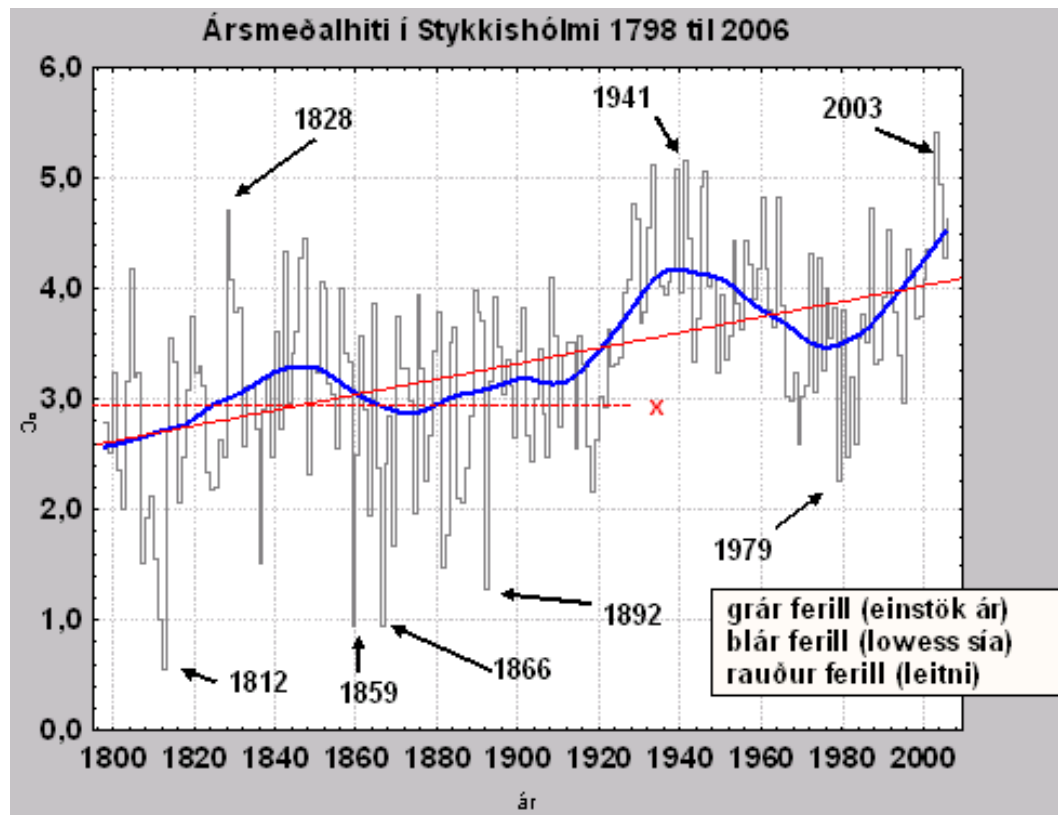


Bláir fylltir hringir:
mæligildi fyrir 2012,
2013, 2014 og 2015.

Viðbótargögn frá
Landsvirkjun.

Þingvallavatn hlýnar...

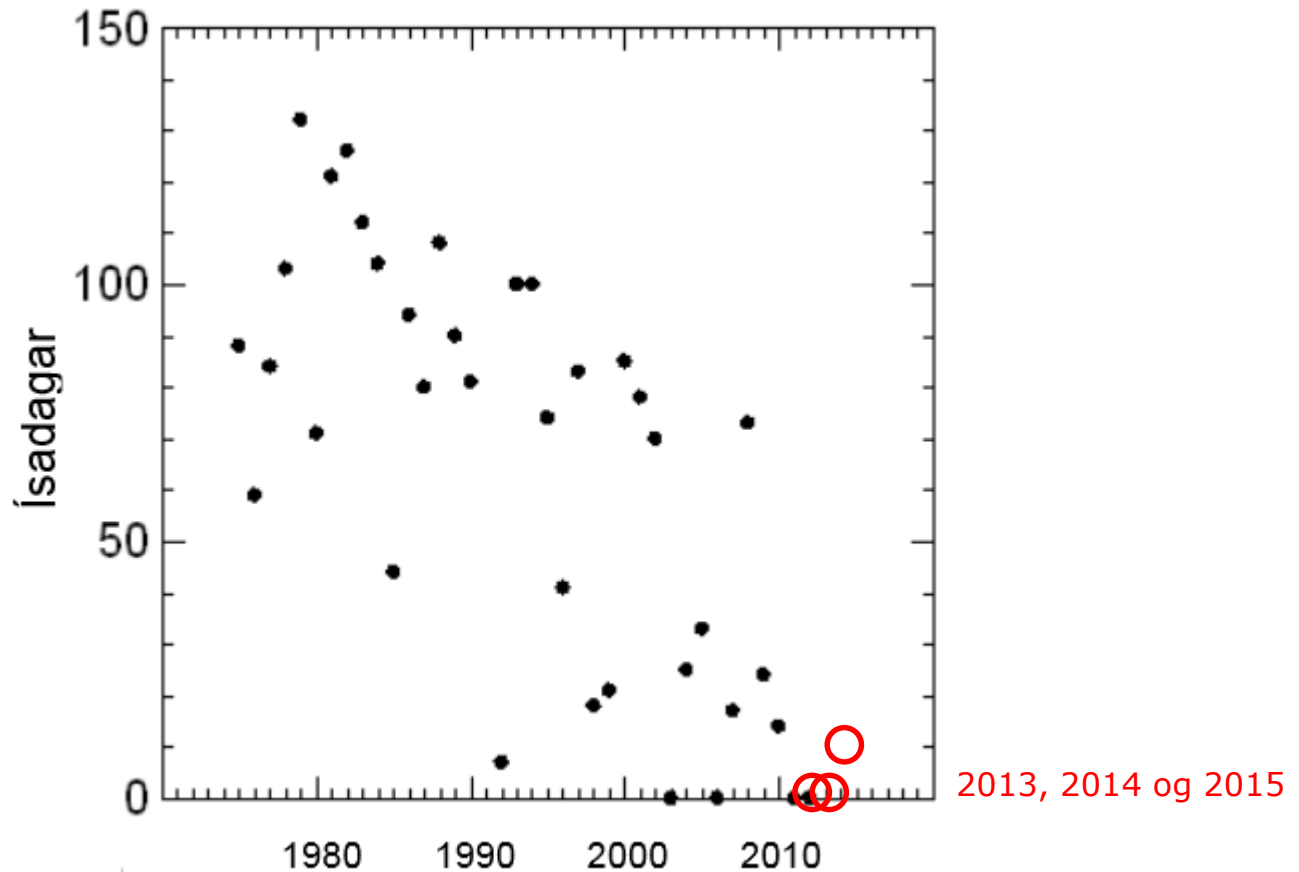
.... í takt við hlýnun loftslags á Íslandi!
kuldaskið ca. 1965-1985 en hlýnar svo



Þingvallavatn hlýnar!

Ísadögum fækkar 1974-2012 ($R = -0,712$, $ft. = 35$, $P < 0,01$).

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012



Þingvallavatn hlýnar!

Hitaskil

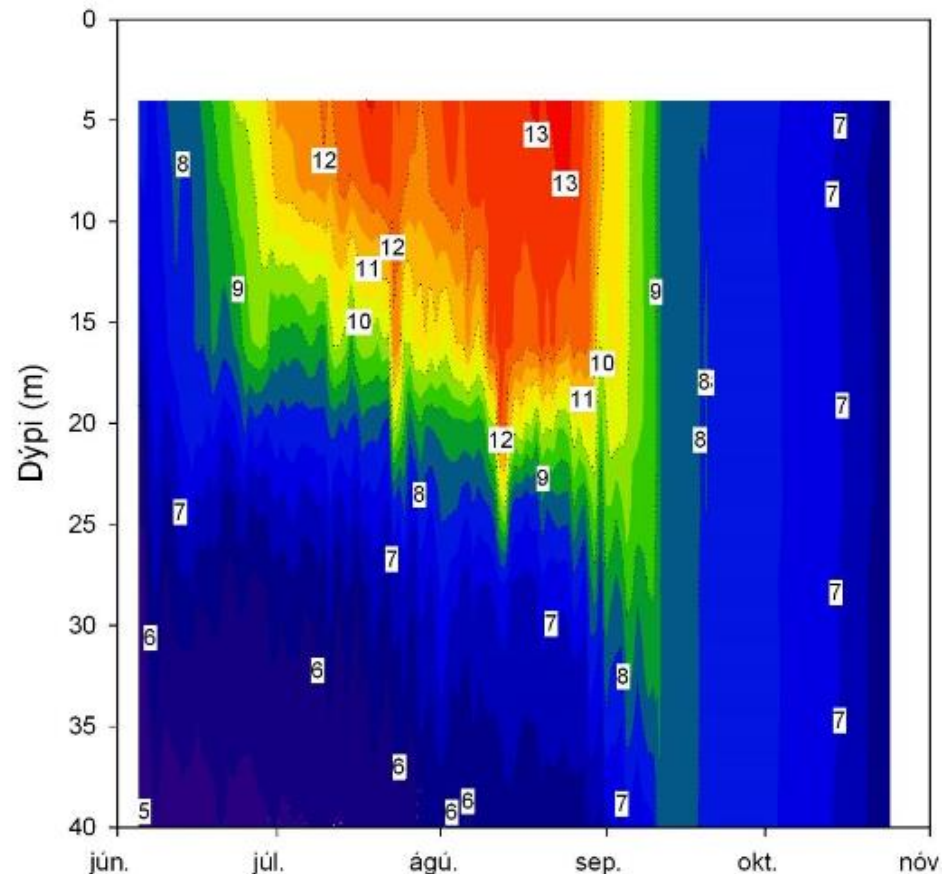
Skörp hitaskil geta myndast síðsumars í Þingvallavatni á 15–25 m dýpi.

Við hitaskilin fellur vatnshiti um 2–4 °C á örfáum metrum í millilagini á 20–24 m dýpi.

Áhrif á flutning efna og orku.

Vísbendingar eru um að hitaskil og lagskipting séu að eflast í kjölfar hlýnunar vatnsins.

Stöð 2 frá 4.6. til 24.10.2012.
Sólarhringsmælingar (n = 1144).
Átta sírítar á 4-40 m dýpi.



Þingvallavatn hlýnar!

Nesjavallavirkjun, nýting jarðhita á háhitasvæði Hengilsins.

Nesjavellir, Nesjakraun, Þingvallavatn, Langjökull.



Hengill, eitt öflugusta háhitasvæði landsins.

1946: Tilraunaborholur, staðb. nýting.

1990: Nesjavallavirkjun gangsett.

100 MWth varmaaf.

1998: 60 MWe rafaf. og 200 MWth.

2001: 90 MWe og 200 MWth.

2005: 120 MWe og 300 MWth.

Heitt affallsvatn, 45–80 ° C, leitt í nálægan læk, síðar (frá og með 1999) einnig í grunna brunna (~25 m) og dýpri borholur (400–800 m) nærri virkjun.

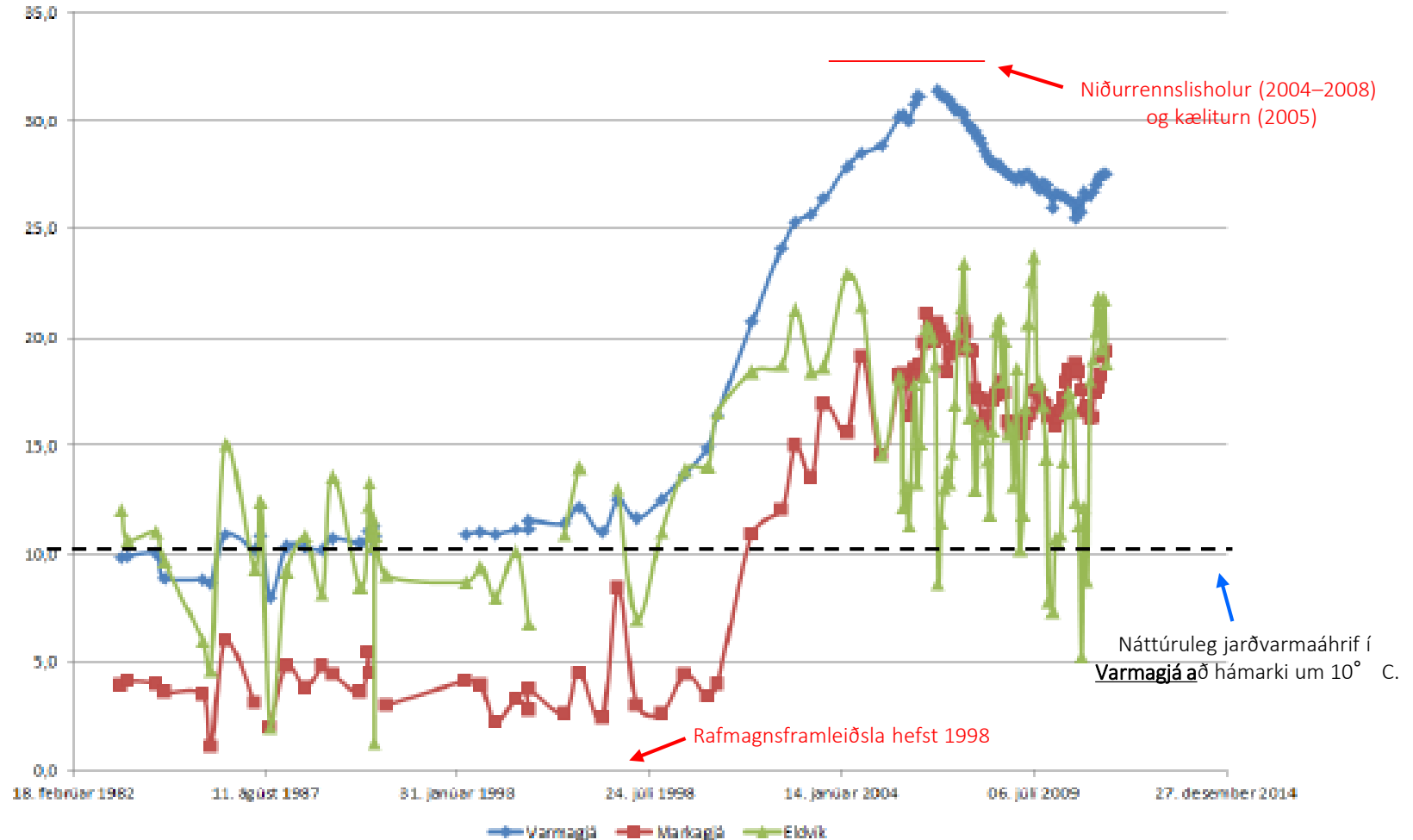
Heitt affallsvatn (þétti-, skilju- og kælivatn) allt að 2000 l/s.

Við Grámel er dælt köldu grunnvatni úr borholum (5–7 ° C, ~2000 L s⁻¹), leitt til stöðvar, hitað upp í 87 ° C og áfram til höfuðborgarsvæðisins.

© Mats Wibe Lund

Hitamengun í grunnvatni

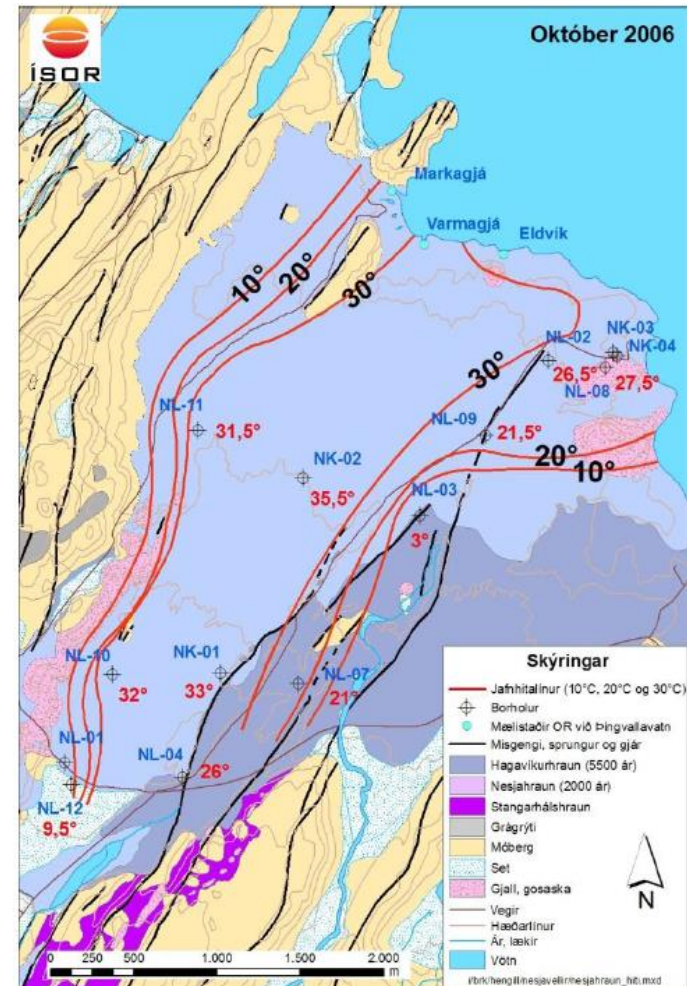
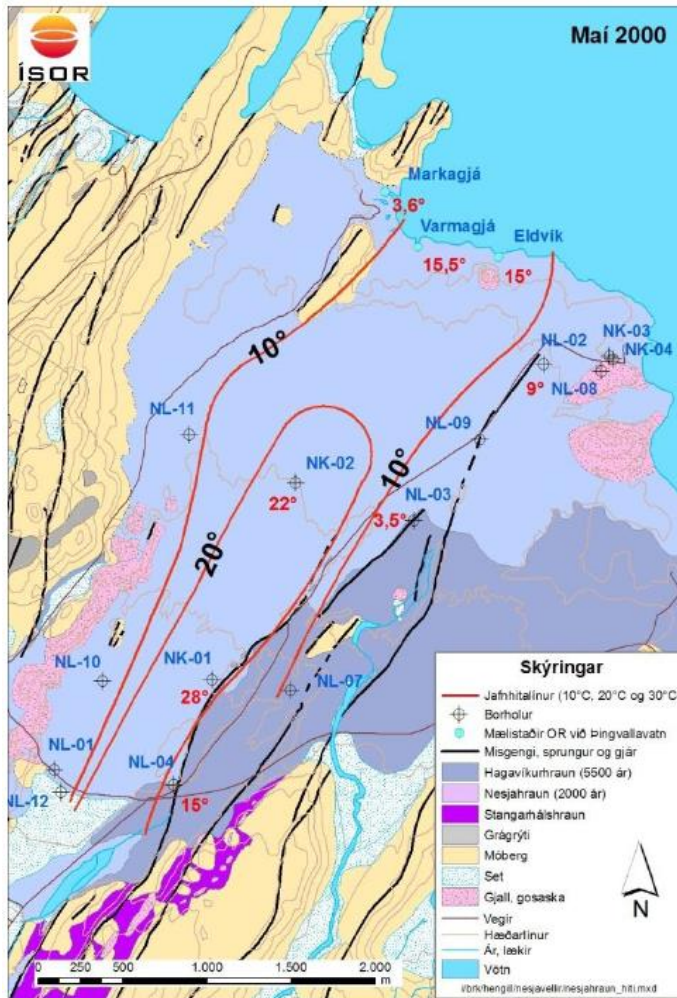
Vatnshiti í þremur lindum við Þingvallavatn á árabilinu 1983-2014. Þegar upp úr 1995 varð vart við jarðhitaáhrif frá vinnslunni. Árið 1998 hófst rafmagnsframleiðsla við virkjunina og við það jókst frárennsli heits affallsvatns verulega.



Árni Hjartarson & Sigurður G. Kristinnson, 2011.

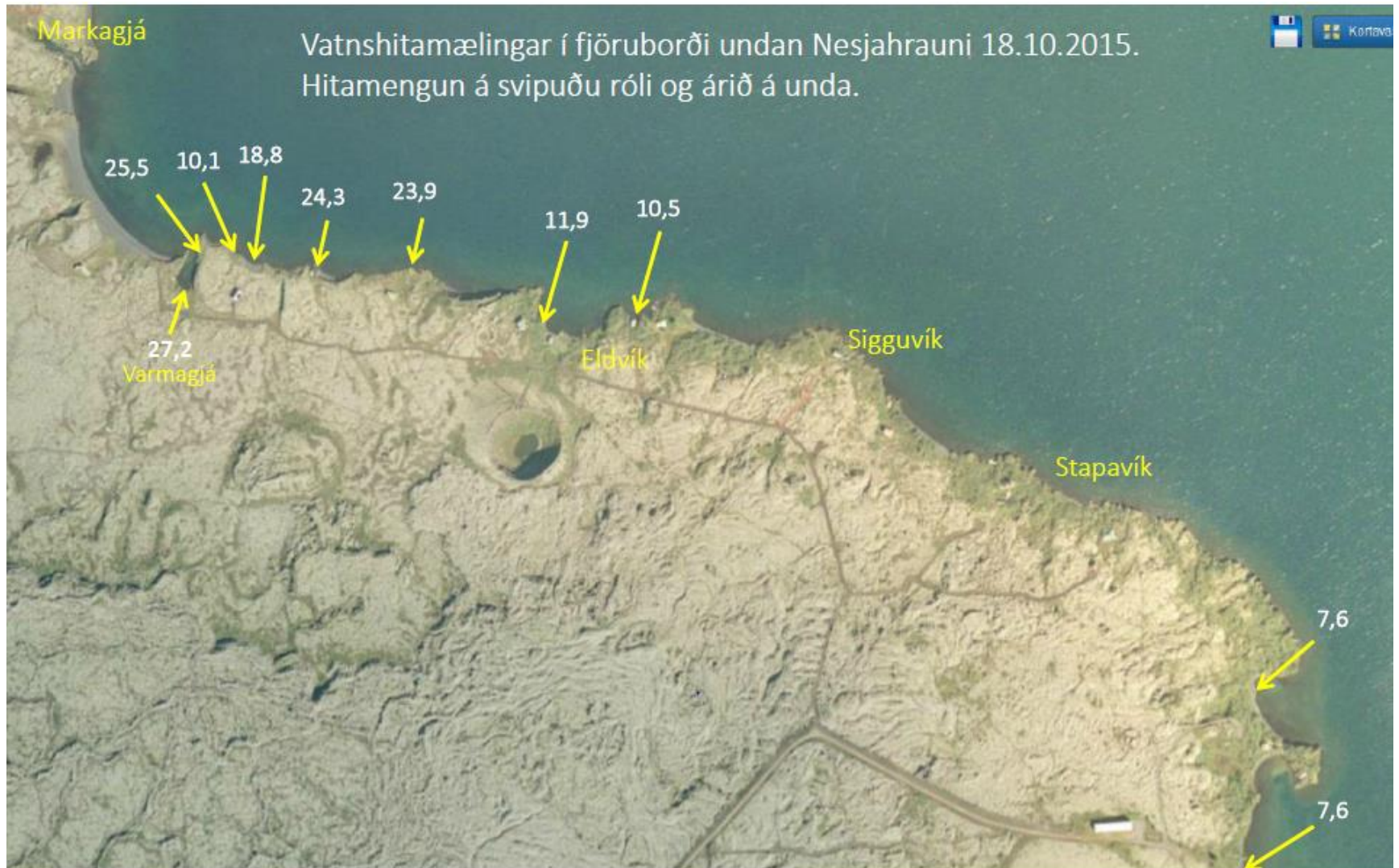
Hitamengun í Þingvallavatni - affallsvatn

Jafnhitalínur grunnvatnshita á 1 m dýpi í maí 2000 og október 2006.



Árni Hjartarson & Sigurður G. Kristinsson. 2011.

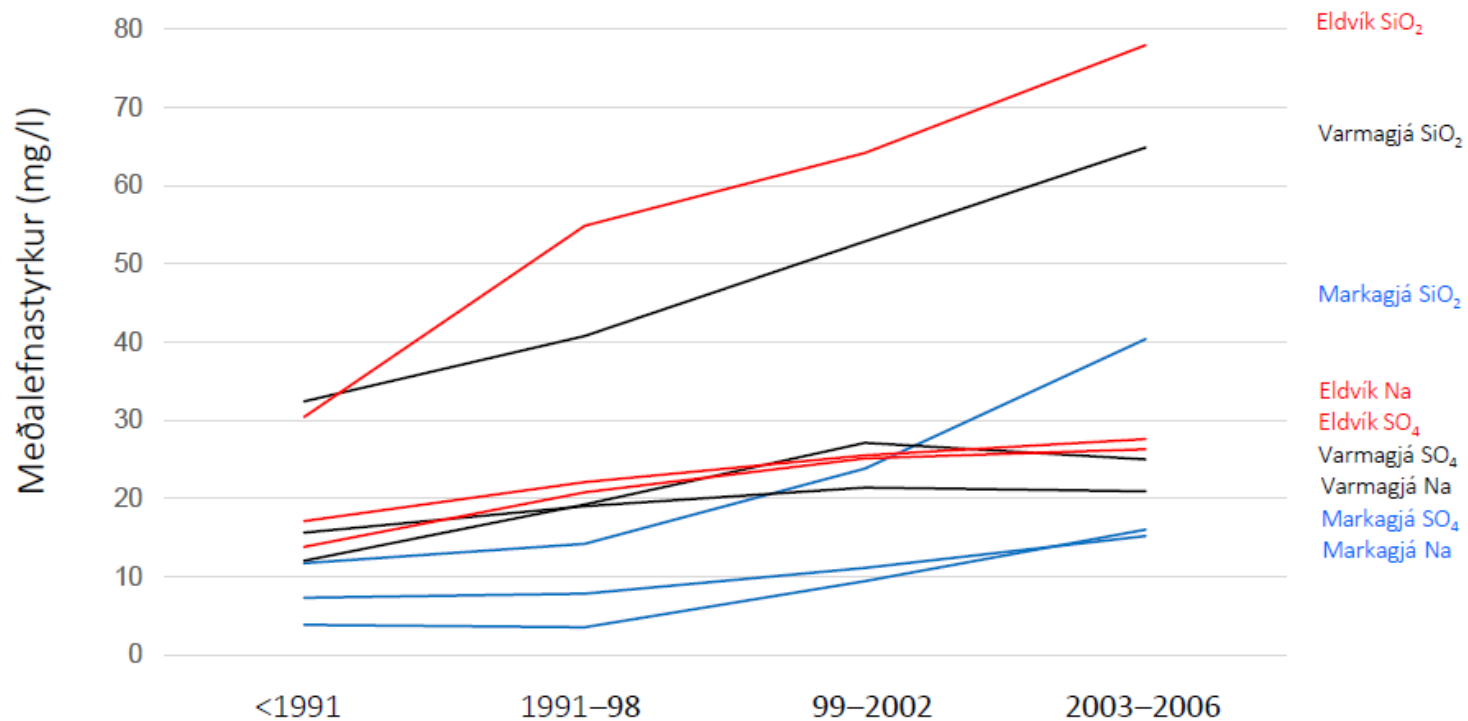
Hitamengun í Þingvallavatni - affallsvatn



Efnamengun í Þingvallavatni - affallsvatn

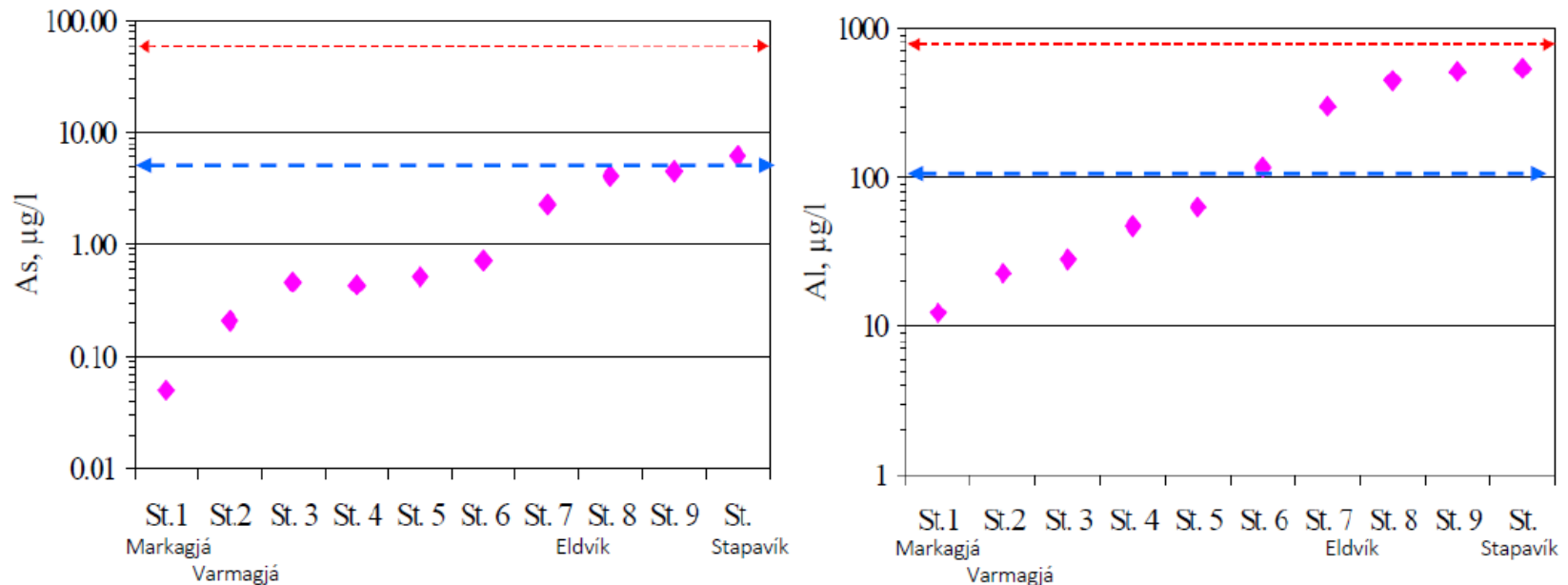
Helstu breytingar í efnastyrk í lindum við Þingvallavatn vegna áhrifa frá affallsvatni Nesjavallavirkjunar fram til 2006. Samskonar aukning sést í K, Ca og F. **Markagjá fyrir 1991 er náttúrulegt grunnviðmið.**

Áhrifin magnast upp úr 1998 þegar rafmagnsframleiðsla hefst, aukast frá vestri til austurs og ná austur fyrir Eldvík (koma fram í Siggú- og Stapavík) en eru horfin við Markartanga (ekki sýnt hér).



Efnamengun í Þingvallavatni - affallsvatn

Styrkur snefilefna í lindarvatni og vatni í fjöruborði við Þingvallavatn. Mælingar frá júní 2003.

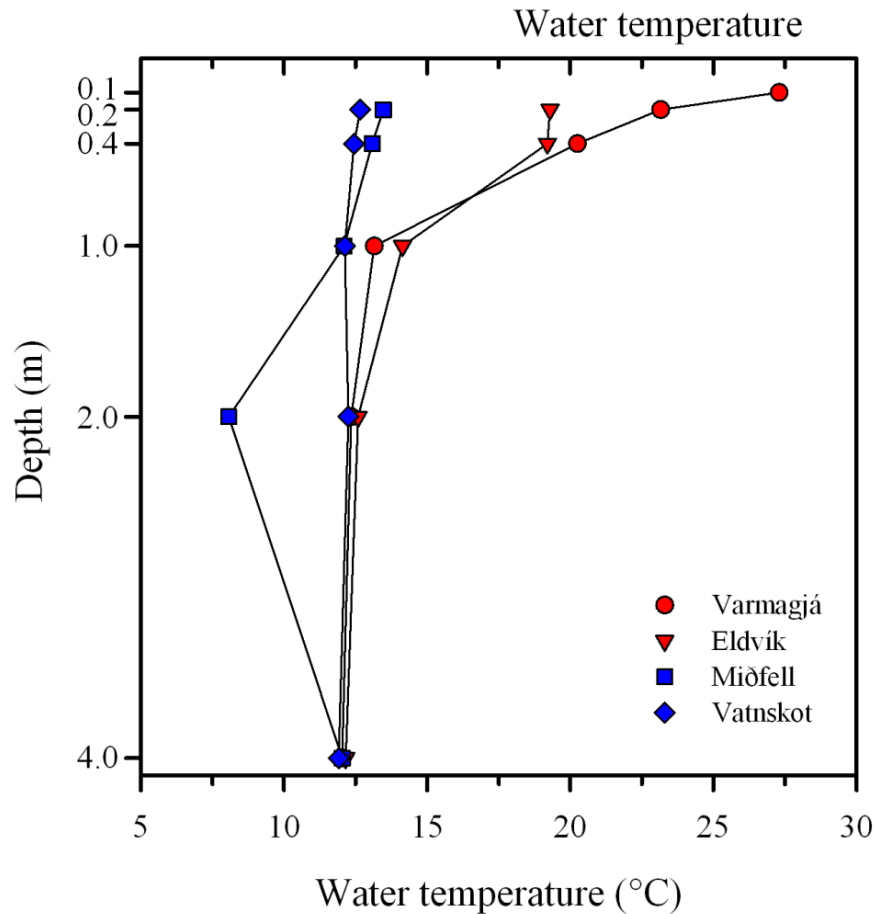


Styrkur arsens og áls (einnig borons og kísils) var minnstur í Markagjá vestast á svæðinu og jókst eftir því sem austar dró.

Rauðu brotalínurnar sýna reiknuð styrksgildi ef engin væri þynningin við rennsli gegnum Nesjahraun. Bláu brotalínurnar sýna umhverfismörk í yfirborðsvatni til verndar lífríki (As=5 $\mu\text{g/l}$ og Al=100 $\mu\text{g/l}$). Við hærri styrk er að vænta áhrifa á viðkvæmt lífríki (sbr. reglugerð 796/1999, CCME 1999 og SEPA 1991).

Wetang'ula G. & Snorrason S.S. 2005. Geothermal wastewater disposal: chemical stress assessment – Lake Thingvallavatn, Iceland. Proceedings World Geothermal Congress 2005. 249 April 2005. Antalya (Turkey). p 1-15.

Hitamengun í Þingvallavatni



Árið 2003 gætti hitaáhrifa niður á ~1,0 m dýpi, mest á 0,2 og 0,4 m.

Varmagjá fyrir virkjun var 7,5–10,7°C.

1999-2002 hækkaði meðalhiti í 19,2°C í kjölfar virkjunar.

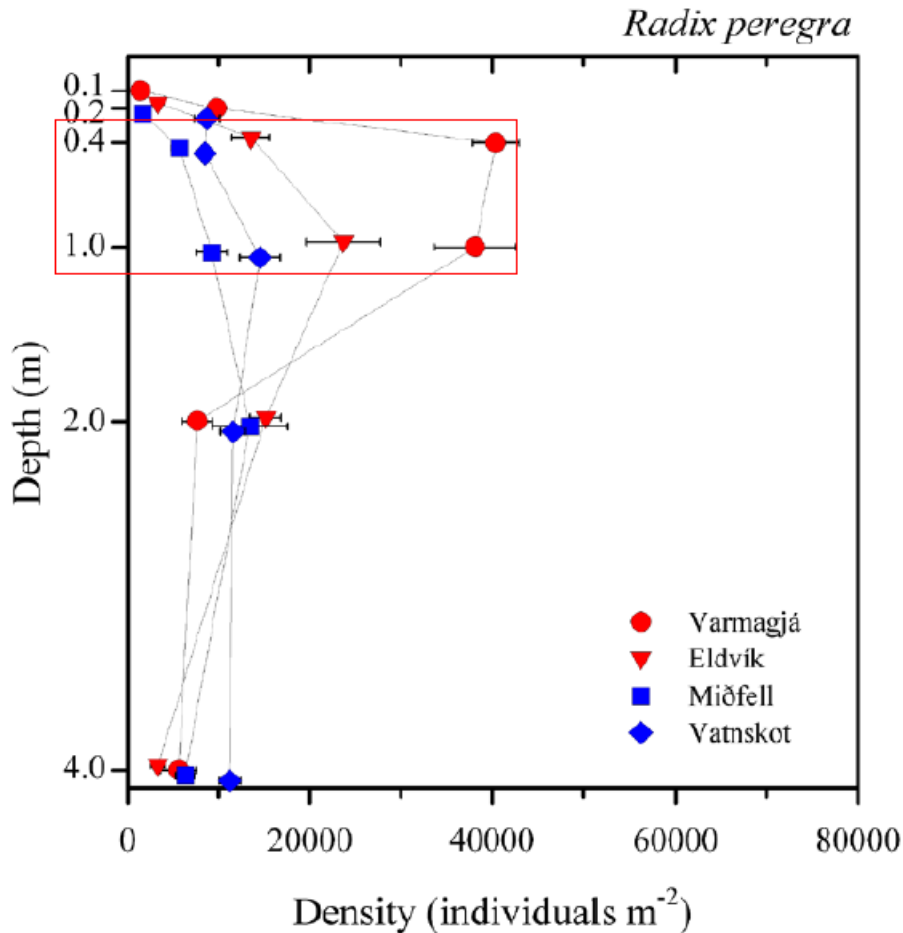
2003-2006 hækkaði meðalhiti í 28,6 °C.

Hitaáhrif enn til staðar 2016.

Staðbundin hitaáhrif á smádýr merkjanleg.

Lítill áhrif á lífríki vegna snefilefna.

Hitamengun í Þingvallavatni

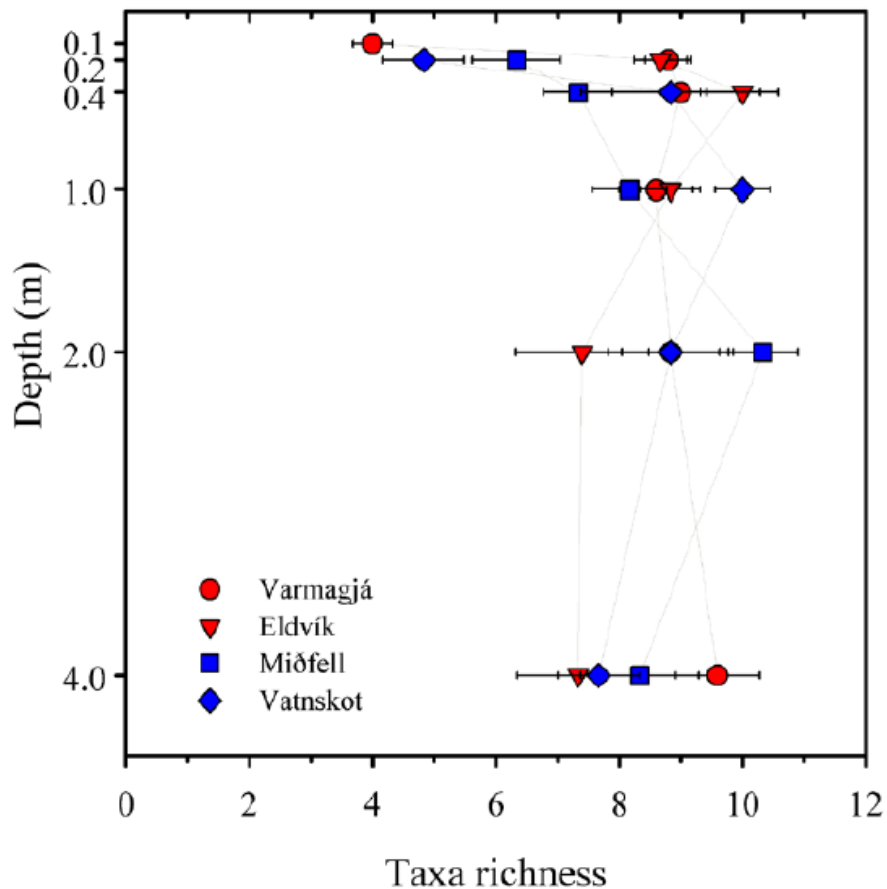


Þéttleiki vatnabobba á 0,4 m og 1,0 m dýpi var meiri á áhrifastöðunum Eldvík og Varmagjá en viðmiðunarstöðunum (Mann-Whitney; $p < .001$).

Þéttleiki vatnabobba innst í Varmagjá, þar sem heitt vatn streymir inn ($\sim 25\text{--}32^\circ\text{C}$), var minnstur í samanburði við allar aðrar stöðvar (SNK post hoc test; $p < 0.05$).

Sigurður S. Snorrason o.fl. 2011.

Hitamengun í Þingvallavatni



Fæstar rykmýstegundir, aðeins 4 hið mesta, voru innst í Varmagjá, þar sem heitt vatn streymir inn (~25–32°C).

Á grunnslóð á báðum áhrifastöðum, einkum þó í Varmagjá, var ættkvíslin *Paratanytarsus* mjög áberandi. Innst í Varmagjá voru *Paratanytarsus* ásamt *Cricotopus sylvestris*, sem er kunn fyrir hitaþol, allsráðandi tegundir.

Paratanytarsus fannst í afar litlum mæli á viðmiðunarstöðunum tveimur. Þessi ættkvísl hefur ekki áður verið greind í Þingvallavatni.

Sigurður S. Snorrason o.fl. 2011.

Efnamengun í lífríki Þingvallavatns

Snefilefnamælingar (mg/kg) í lífríki 1989–2012.

		BOTNSET									
		As	Hg	Pb	Cr	Cu	Cd	Zn	Se	Fe	Mn
Viðmiðunarstaður	Meðaltal	1,17	0,014	10,6	56	55	0,18	152	2,5	39.394	548
	St.sk.	0,1	0,003	7,85	8	7	0,03	24	0,4	7.238	173
Áhrifastaður	Meðaltal	1,27	0,039	9,34	47	58	0,16	73	4,1	23.435	387
	St.sk.	0,28	0,021	6,68	6	5	0,02	14	0,6	4.144	118
p-gildi		0,757	0,014	0,909	0,376	0,687	0,354	0,009	0,04	0,072	0,465

Meira af Se (og Hg) á áhrifastað. Óvenjuhátt Hg mældist 2006 en lítið 2012.

Meira af Zn á viðmiðunarstað.

		SÍKJAMARI									
		As	Hg	Pb	Cr	Cu	Cd	Zn	Se	Fe	Mn
Viðmiðunarstaður	Meðaltal	2,13	0,04	37,45		20	0,144	53	2,15		688
	St.sk.	0,44	0,01	34,45		6	0,068	18	0,36		187
Áhrifastaður	Meðaltal	1,58	0,03	0,8		73	0,305	40	1,44		41
	St.sk.	0,69	0,01	0,22		23	0,046	11	0,39		17
p-gildi		0,341	0,476	0,269		0,088	0,073	0,574	0,222		0,006

Meira af Mn á viðmiðunarstað. Koparstyrkur mikill á áhrifastað skv. sænskum viðmiðum fyrir mosa. (Líklega staðbundin blýmengun á viðmiðunarstað).

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2013.

Efnamengun í lífríki Þingvallavatns

Snefilefnamælingar (mg/kg) í lífríki 1989–2012.

		VATNABOBBÍ									
		As	Hg	Pb	Cr	Cu	Cd	Zn	Se	Fe	Mn
Viðmiðunarstaður	Meðaltal	2,06	0,036	0,8		34	0,18	67	2,8		126
	St.sk.	0,36	0,012	0,33		8	0,03	15	0,4		18
Áhrifastaður	Meðaltal	3,27	0,087	0,35		63	0,96	46	2,3		45
	St.sk.	0,46	0,053	0,11		12	0,55	7	0,6		9
p-gildi		0,084	0,920	0,143		0,113	0,265	0,202	0,54		0,002

Meira af Mn á viðmiðunarstað.

		DVERGBLEIKJA									
		As	Hg	Pb	Cr	Cu	Cd	Zn	Se	Fe	Mn
Viðmiðunarstaður	Meðaltal	0,170	0,029	0,077	0,12	60	0,08	34,6	3,46		2,38
	St.sk.	0,016	0,008	0,026		10	0,01	1,7	0,38		0,43
Áhrifastaður	Meðaltal	0,364	0,023	0,041	0,06	223	0,07	38,8	4,04		1,66
	St.sk.	0,081	0,008	0,012		36	0,01	2,2	0,41		0,12
p-gildi		0,186	0,613	0,730		0,001	0,397	0,178	0,310		0,129
Reglugerð 265/2010:			0,500	0,300			0,05				

Meira af Cu í lifur dvergbleikju á áhrifastað (ath! fáir fiskar).
(Magn kadmíum yfir hámarksörkum í fiskholdi).

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2013.

Vatnsgæði í írennsli almennt góð

en T-P samt í ástandsflokki B og C

Stöð	Dags.	T °C	pH	Tot-P µg/l P	PO ₄ -P µg/l P	Tot-N µg/l N	NO ₃ -N µg/l N	SiO ₂ mg Si/l
Vellankatla–Vatnsvik og Flosagjá 1975 (n = 8)								
	Meðaltal	3,2	9,00	31	25	86	33	6,6
	Staðalskekkja	0,11	0,07	1,7	1,4	4,4	1,8	0,20
	Lágmark	2,8	8,70	24	20	70	29	5,8
	Hámark	3,6	9,30	39	30	109	42	7,7
Vellankatla og Silfra 2007–2015 (n = 20)								
	Meðaltal	3,1	9,3	26	21	80	51	7,2
	Staðalskekkja	0,07	0,02	0,7	0,9	12,1	2,5	0,06
	Lágmark	2,7	9,1	22	12	28	27	6,7
	Hámark	3,5	9,4	32	29	256	68	7,7
Ástandsflokkur A				<10	<300	Næringarefnasnautt		
Ástandsflokkur B				10–30	300–750	Næringarefnalítið		
Ástandsflokkur C				31–50	751–1.500	Næringarefnaríkt		
Ástandsflokkur D				51–100	1.500–2.500	Næringarefnaauðugt		
Ástandsflokkur E				>100	>2.500	Ofauðugt		

Gögn fyrir 1975: Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012; Jón Ólafsson 1992.
 Gögn fyrir 2007–2015: Eydís S. Eiríksdóttir og Sigurður R. Gíslason 2016.

...en marktækar breytingar... aukning í nítrati

Efnastyrkur í írennsli milli 1975 og 2007–2015 hefur breyst.

NO_3 aukist um $\sim 55\%$
33 í 51 $\mu\text{g/l}$ að meðaltali
(t-próf, $p < 0,001$)

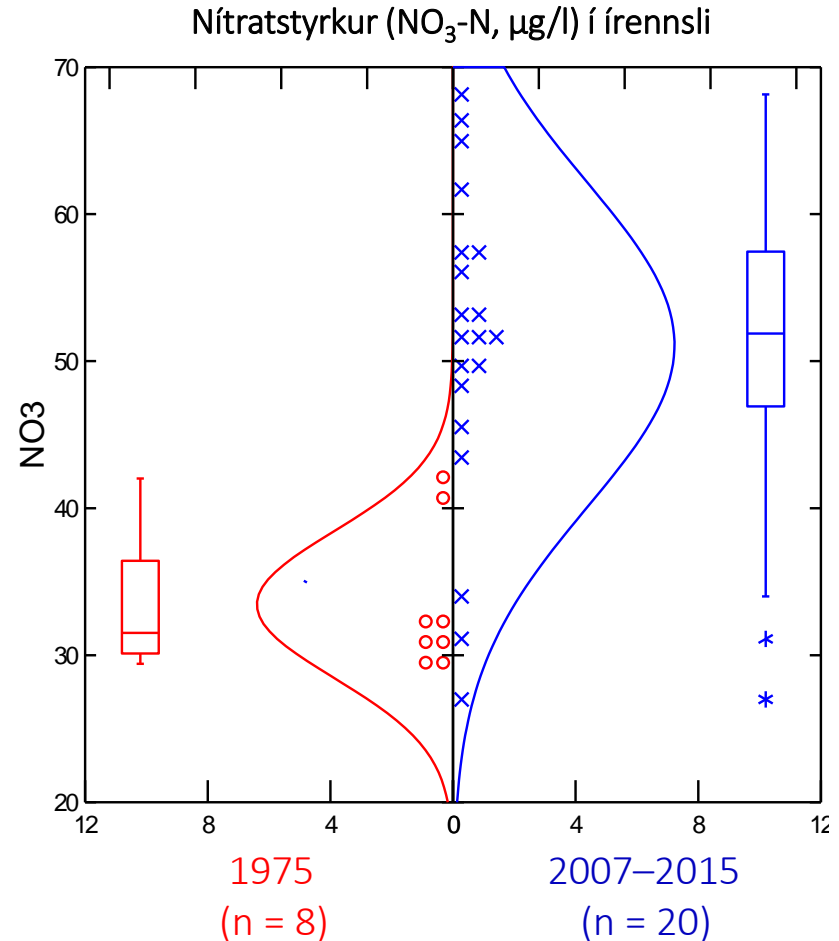
SiO_2 aukist $\sim 10\%$
(t-próf, $p = 0,003$)

T-P (og PO_4) minnkað $\sim 15\%$
(t-próf, $p = 0,001$)

Loftborin niturákoma allt að tvöfalt meiri á svæðinu nú en reiknað var með fyrir 2–3 áratugum

Gunnar St. Jónsson 2012.

Niturákoma í Evrópu og N-Ameríku óx með veldisvexti á seinni hluta 20. aldar. Dró úr henni 1990–2010 en er aftur spáð vexti fram til 2100.

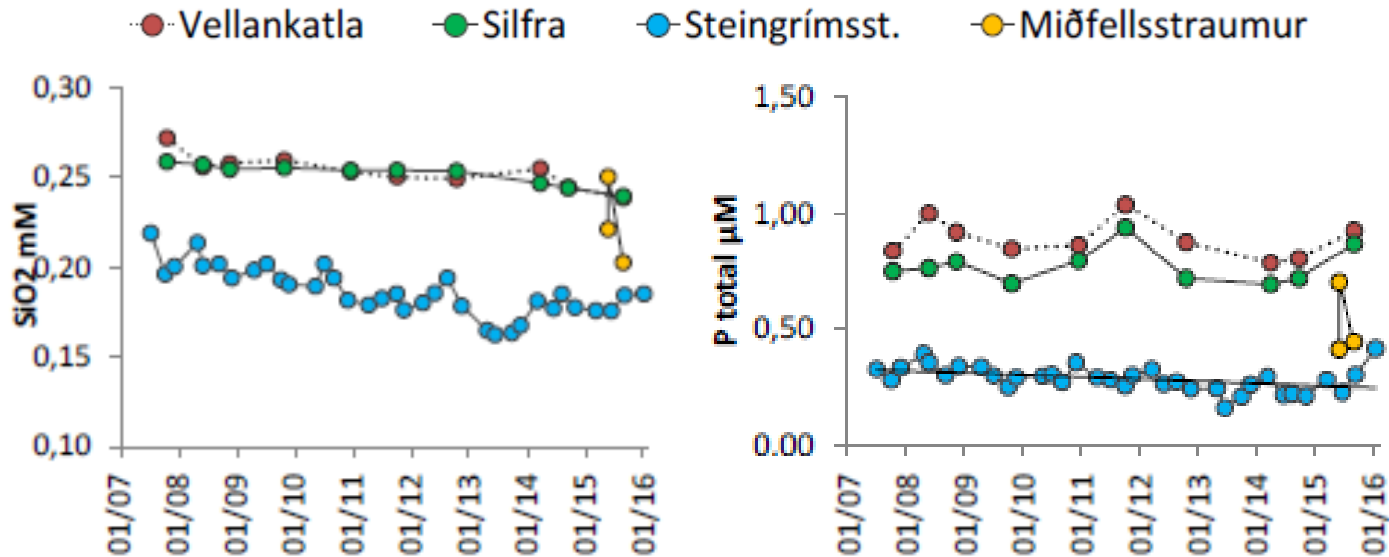


Gögn fyrir 1975: Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012; Jón Ólafsson 1992.
Gögn fyrir 2007–2015: Eydís S. Eiríksdóttir og Sigurður R. Gíslason 2016.

...og marktækar breytingar í útfalli vatnsins

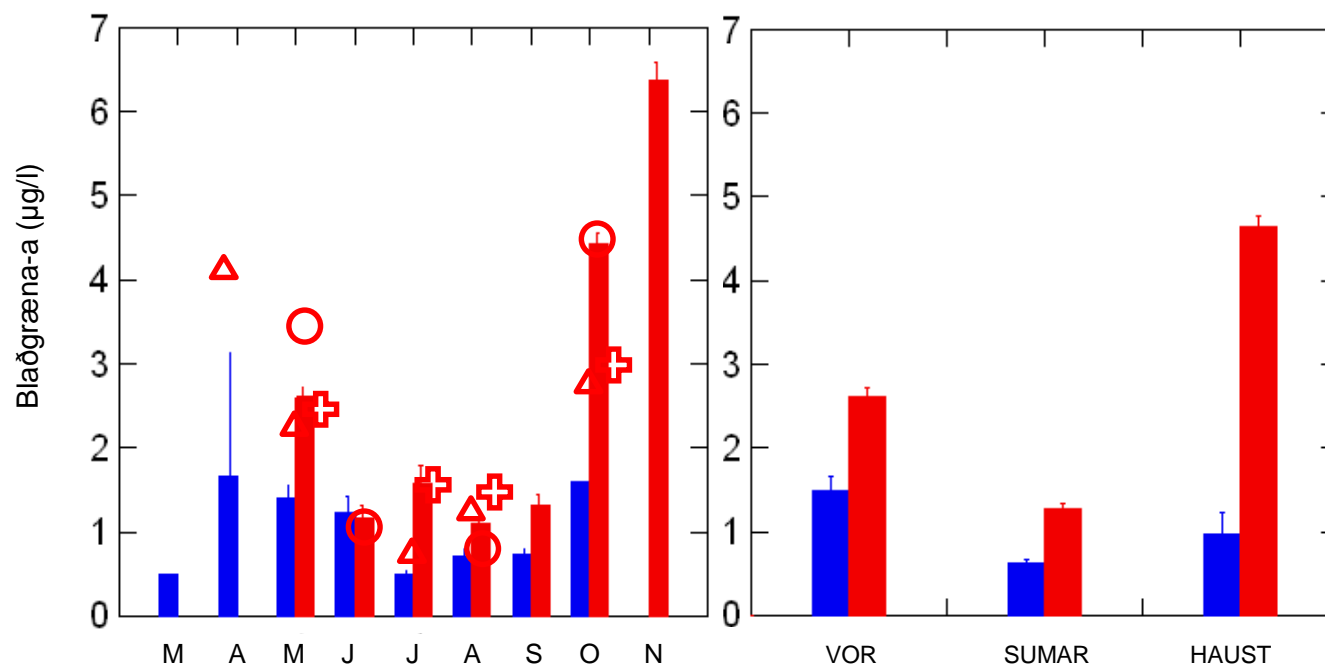
Mælingar 2007–2015.

Lækkun í styrk kísils (~15%) og fosfórs (~1%) í útfallinu við Steingrímsstöð. Endurspeglar mjög líklega aukna frumframleiðslu í vatninu (upptöku efna og botnfall).



Aukning í þörungum

Magn þörungasvifs (blaðgræna-a) marktækt meira nú (2007-11, rauðar súlur) en fyrir 3-4 áratugum (1979 og 1981-82, bláar súlur), 2-4 föld aukning, mest um haust



△ : 2012 + : 2013 ○ : 2014

Meðatalsgildi á stöð 2

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012.
Finnur Ingimarsson o.fl. 2013.
Haraldur R. Ingvason o.fl. 2014.
Haraldur R. Ingvason o.fl. 2015.

Aukning í þörungum

Vatnsgæðaflokkar m.t.t. blaðgrænu-a samkvæmt 796/1999

Ekkert sýni í C-flokki árin 1979, 1981-82

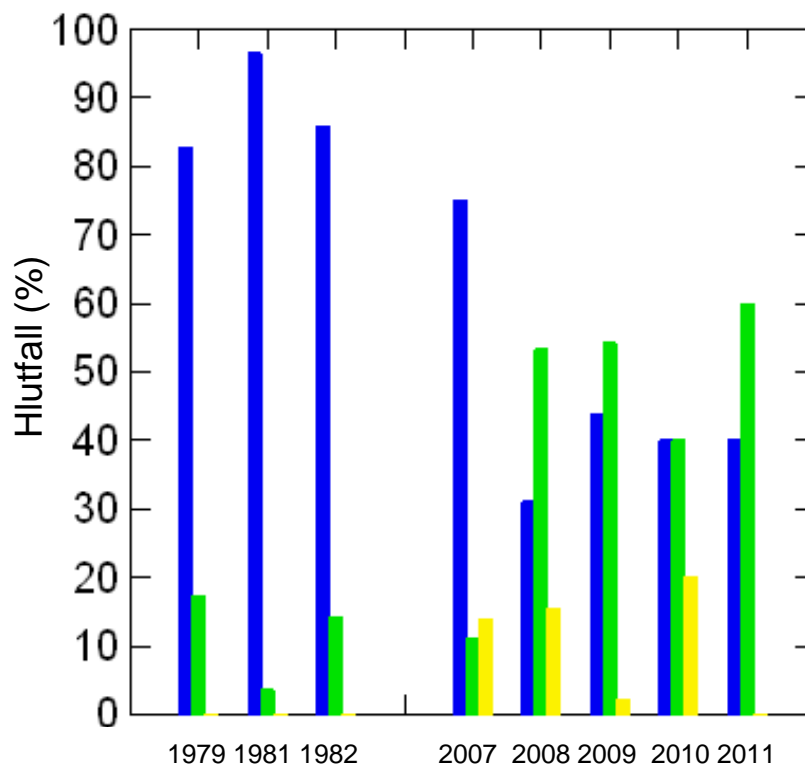
Allt að 60% tilfella í B-flokki árin 2007-11, 60% 2012 og 50% 2013

Allt að 20% tilfella í C-flokki árin 2007-11

A: <2 µg/l

B: 2–5 µg/l

C: 5–10 µg/l



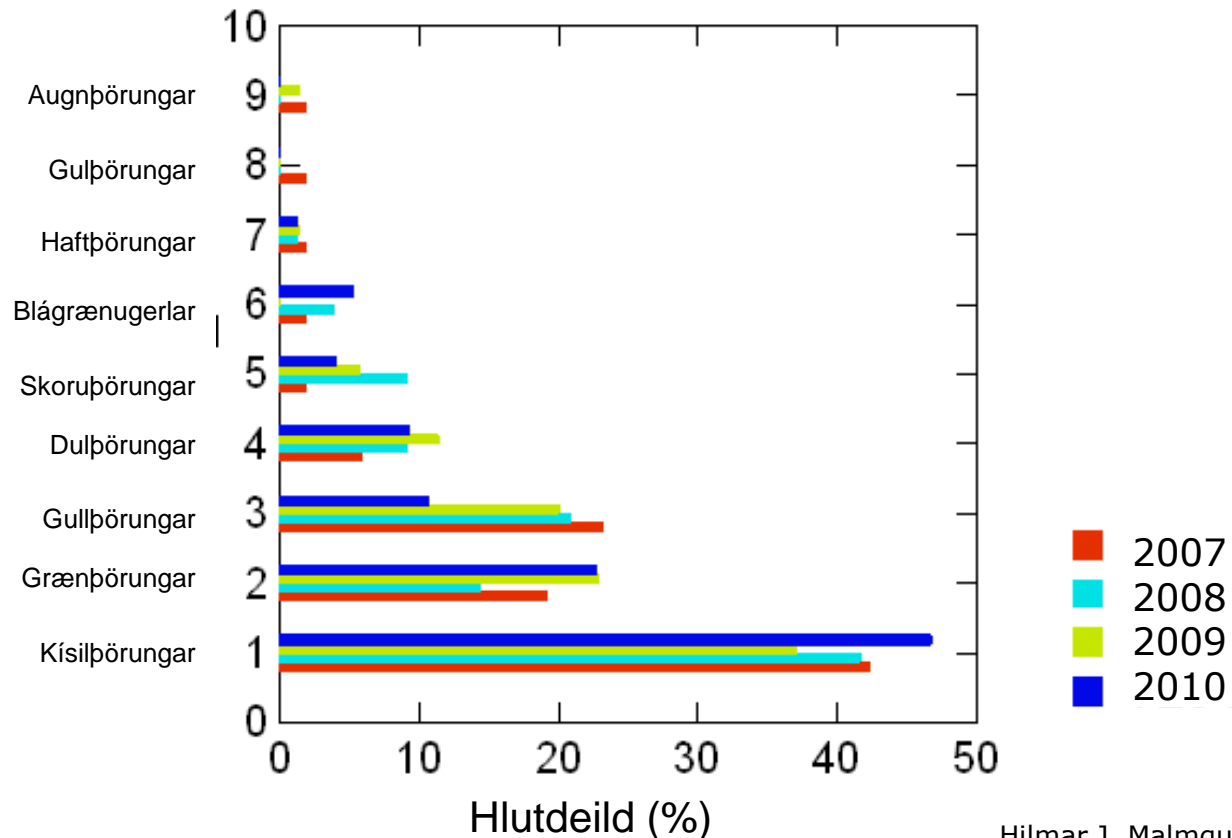
Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012.
Finnur Ingimarsson o.fl. 2013.
Haraldur R. Ingvason o.fl. 2014.

...en sömu tegundir og fyrir 120 árum!

122 tegundir og hópar í vatnsbol 2007–2010. Kísilpörungar eru ráðandi.

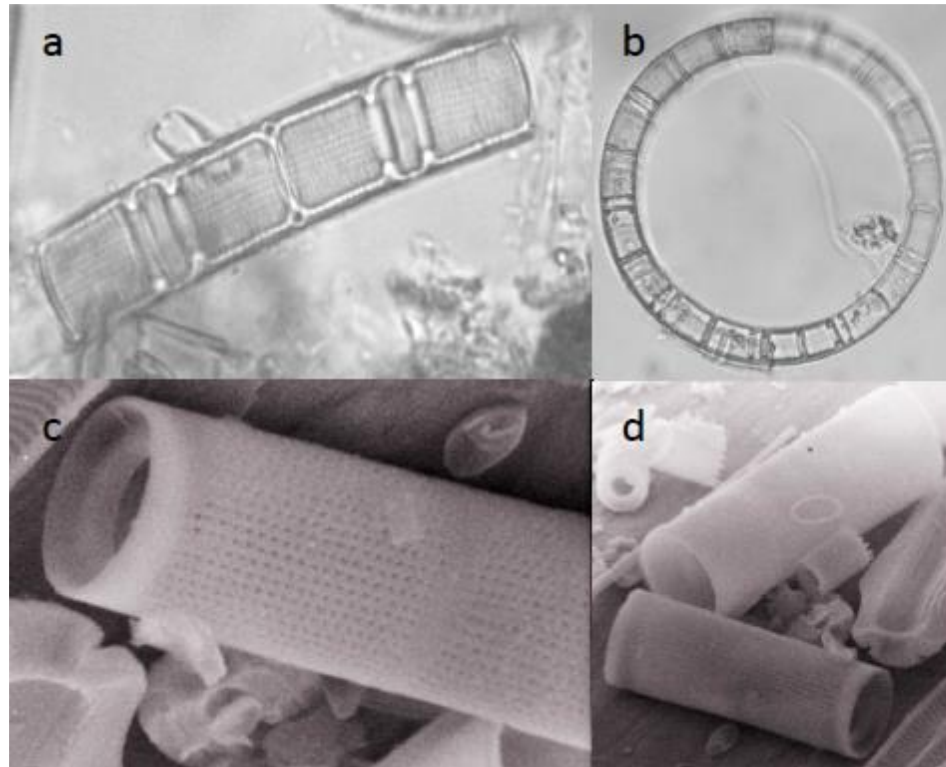
Einnkennistegundir eru sáldeskin *Aulacoseira islandica* f. *curvata*, *A. islandica* og *A. subarctica* (\equiv *A. italica*) ásamt stjarneskinu *Asterionella formosa*.

Sömu tegundir og á áttunda áratugnum og einnig í sýnum sem Ostenfeld og Wesenberg-Lund greindu frá árunum 1902 og 1903!



...einkennistegundir eru sáldeski

Sáldeskin *Aulacoseira islandica* (O.Müller) Simonsen og *A. subarctica* (O. Müller) E.Y.Haworth 1990 hafa verið **skilgreindar sem nýjar tegundir fyrir vísindin**. Þingvallavatn er því tilvísunarstaður fyrir frumlýsingu beggja tegundanna.



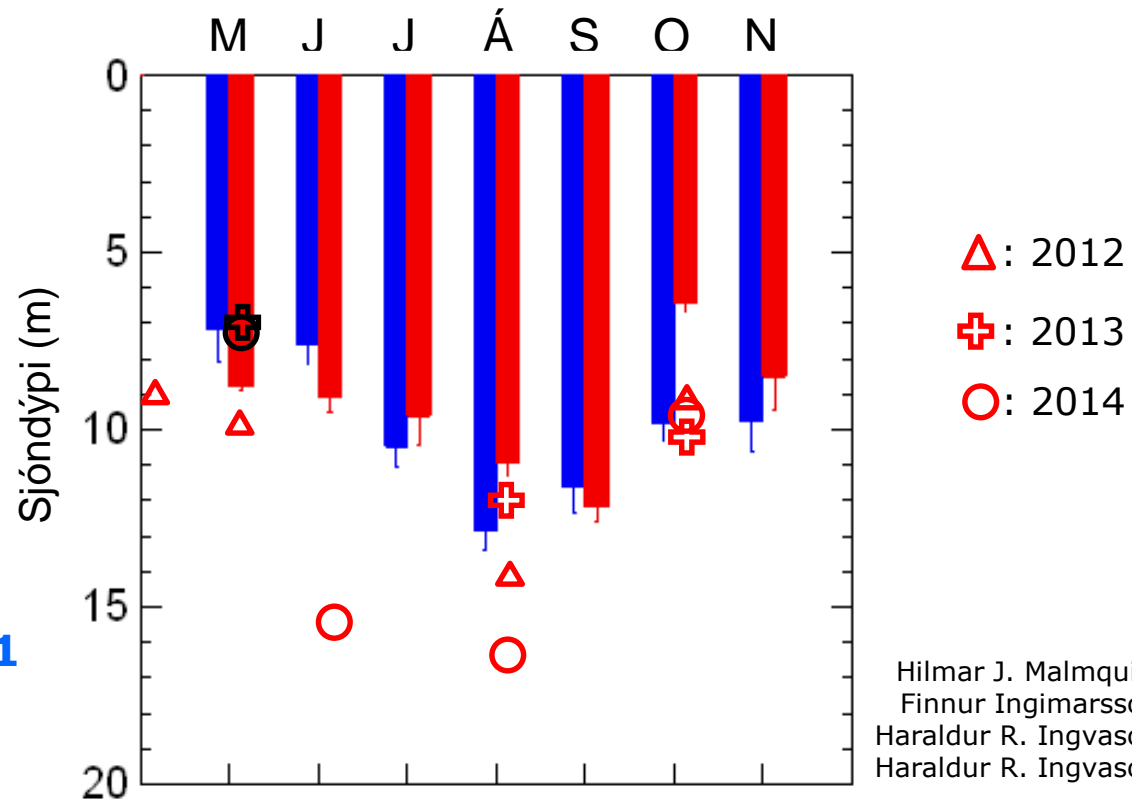
Sáldeski, *Aulacoseira islandica* (O.Müller) Simonsen í Þingvallavatni. Hæð fruma: 4 – 21 μm , þvermál: 7-27 μm . Frumurnar í mislöngum keðjum, flestar bognar, sumar beinar (Müller, 1906).

Breytingar á rýni?

Rýni (sjóndýpi) að hausti var minna 2007-2011 en 1975-1980

Í október 2007-2011 var rýnið að meðaltali 6,4 m en á fyrra tímabilinu 9,8 m
($t = 5,215$, $ft. = 30$, $P \ll 0,001$).

Virðist hafa gengið til baka á síðustu árum



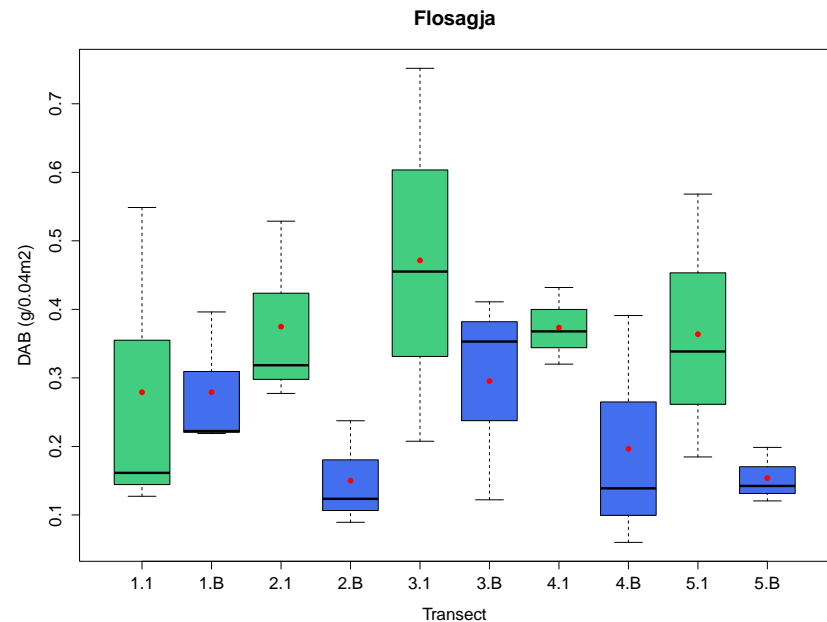
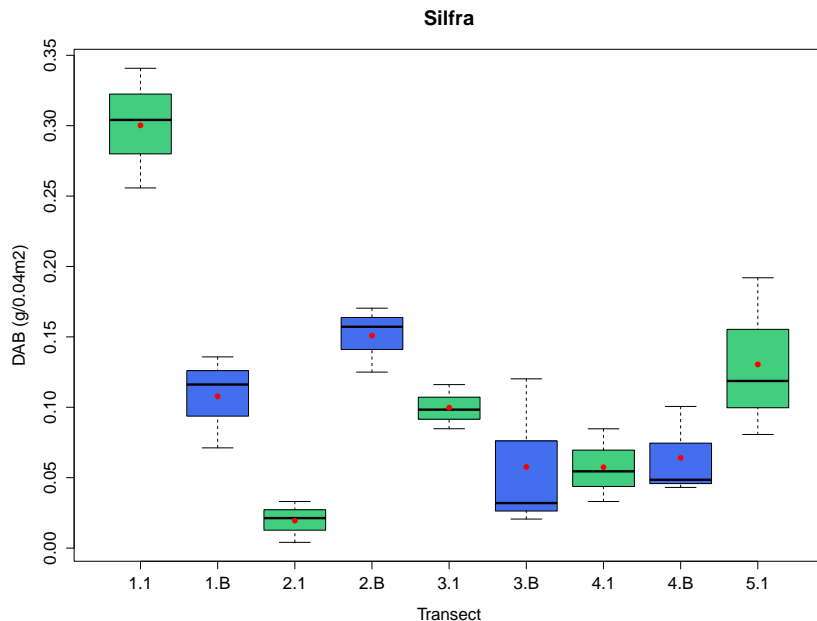
Silfra – kafarar og hálfkafarar

Áhrif kafara og hálfkafara á lífríki Silfru.

20.000 gestir í Silfru árið 2014 –
50.000 gestir árið 2016!

Lífþyngd þörungamottu marktækt minni í
Silfru en Flosagjá. Þörungamottan losnar
og set á botni þýrlast upp.

Að jafnaði 81 rask/kafara.



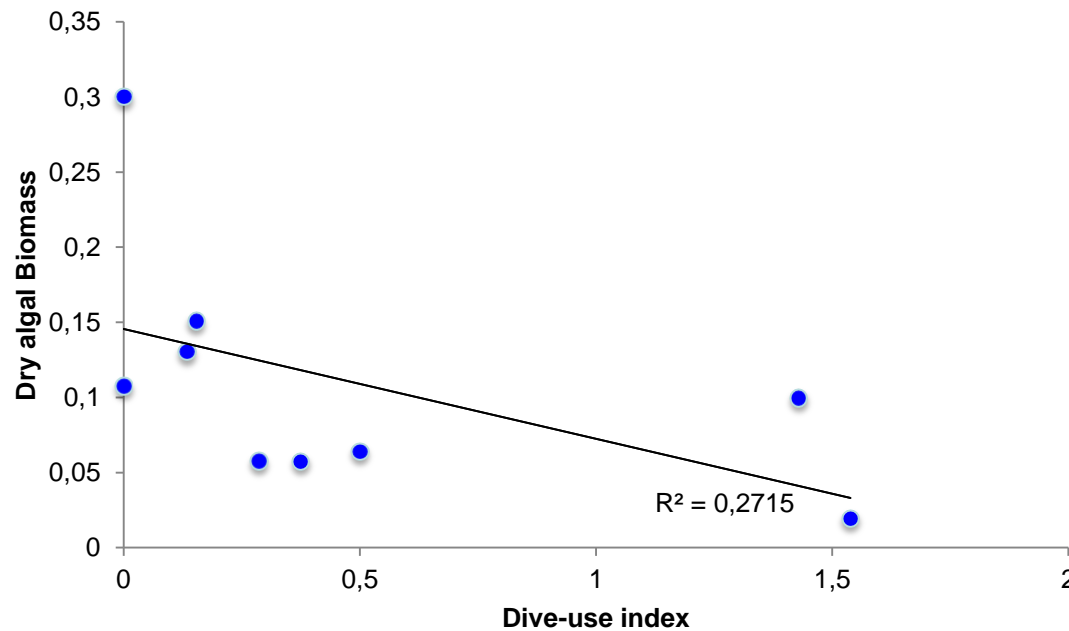
Grænir kassar: 3 sýni af grjóttvegg á 1 m dýpi. Bláir kassar: 3 sýni af grjóttbotni.

Jóhann Garðar Þorbjörnsson 2015. Impacts of scuba divers in the Silfra groundwater fissure: Ecological disturbance and management. MSC-thesis. Hólar University College. 83 pp.

Silfra – kafarar og hálfkafarar

Innan Silfru má einnig greina mismunandi áhrif vegna köfunar og hálfköfunar:

Lífbyngd þörungamottu minnkaði marktækt eftir því sem köfunarálag (Dive-use index) jókst í gjánni.



SAMANTEKT

- ✓ Náttúra Þingvallavatns og vatnasviðsins er sérstök og einstæð – jafnt jarðfræði, vatnafræði og líffræði.
Skal njóta verndar sk.v. landslögum og ákvæðum UNESCO um heimsminjar.
- ✓ Vatnsgæði m.t.t. 796/1999 og 650/2006 eru almennt mjög góð nema fyrir blaðgrænu-a.
- ✓ Þingvallavatn hefur hlýnað, nitur (og kísill) líklega aukist í írennsli/ákomu (fosfór minnkað) Í kjölfarið hefur blaðgræna-a aukist.
- ✓ Hita- og efnamengun vegna affallsvatns frá Nesjavallavirkjun.
- ✓ Breytingarnar v. hnattrænna og staðbundinna þátta.
- ✓ Tegundasamsetning þörungna- og dýrasvifs ekki breyst (og murtan söm við sig að því er virðist).
- ✓ Ef hlýnar áfram og niturákoma vex er hætt við að allt vistkerfið breytist – bláminn hverfur, tærleikinn minnkar, lífríkið breytist og rýrnar.
- ✓ Viðbrögð: Stíga léttar til jarðar,
Draga úr CO₂- og NO_x-losun,
Taka á fráveitumálum,
Grípa til viðeigandi ráðstafana vegna affallsvatns,
...og ???

HEIMILDIR

Aagot V. Ólafsdóttir o.fl. 2013. Náttúruvernd. Hvítbók um löggjöf til verndar náttúru Íslands. Nefnd um endurskoðun náttúruverndarlaganna. Umhverfissráðuneytið, Reykjavík. 477 bls. (einkum kaflar)

Árni Hjartarson & Sigurður G. Kristinsson 2011. Grunnvatn við Nesjavallavirkjun. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/074. 39 bls.

Bjarni K. Kristjánsson & Jörundur Svavarsson 2007. Grunnvatnsmarflær á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 76. 22-28.

Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson, Þóra Hrafnisdóttir & Hilmar J. Malmquist 2013. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2012. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr.4-13. 19 bls. (English summary).

Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 2011. Groundwater inflow. Bls. 124–139. Í: Þingvallavatn. A unique world evolving (ritstj. Pétur M. Jónasson & Páll Hersteinsson). Bókaútgáfan Opna, Reykjavík.

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson, Þóra Hrafnisdóttir & Hilmar J. Malmquist 2014. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2013. Fjölrit nr. 2-14. 25 bls. (English summary).

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnisdóttir 2015. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2014. Fjölrit nr. 1-2015. 25 bls. (English summary).

Hákon Aðalsteinsson og Pétur M. Jónasson 2002. Svifið og forsendur lífs í vatnsbolnum. Bls. 146–158. Í: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun (ritstj. Pétur M. Jónasson & Páll Hersteinsson). Mál og menning, Reykjavík.

Hákon Aðalsteinsson, Pétur M. Jónasson og Sigurjón Rist 1992. Physical characteristics of Thingvallavatn, Iceland. *Oikos*, 64, 121-135.

Gunnar Steinn Jónsson 2016. Þingvallavatn - ákoma og afrennsli. Umhverfissráðuneytið. 31 bls.

Gunnar Steinn Jónsson 2015. Kísilþörungarnir *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen og *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) E.Y. Haworth og rannsóknir í Þingvallavatni. *Náttúrufræðingurinn* 85 (3-4), bls. 134-139.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnisdóttir 2012. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Yfirlit yfir fimm fyrstu vöktunarárin 2007–2011 og samanburður við eldri gögn. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 3-2012. 67 bls.

Hilmar J. Malmquist, Hrönn Ólína Jörundsdóttir, Natasa Desnica, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Helga Gunnlaugsdóttir 2013. Vöktun á snefilefnum í Þingvallavatni vegna Nesjavallavirkjunar. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 2-2013. 24 bls.

Hilmar J. Malmquist, H.J., Antonsson, Th., Guðbergsson, G., Skúlason, S. & Snorrason, S.S. 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 121-127.

Jón Ólafsson 1992. Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. *Oikos* 64: 151-161.

Kornobis, E., Snæbjörn Pálsson, Bjarni K. Kristjánsson & Jörundur Svavarsson 2010. Molecular evidence of the survival of subterranean amphipods (Arthropoda) during Ice Age underneath glaciers in Iceland. *Molecular Ecology* 19. 2516-2530.

Sigurður S. Snorrason, Hilmar J. Malmquist, Hrefna B. Ingólfssdóttir, Þórey Ingimundardóttir & Jón S. Ólafsson 2011. Effects of geothermal effluents on macrobenthic communities in a pristine sub-arctic lake. *Inland Waters* 1: 146-157 (DOI: 10.5268/IW-1.3.363).

Sigurður S. Snorrason, Hilmar J. Malmquist og Skúli Skúlason 2002. Bleikjan. Í: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun (Pétur M. Jónason & Páll Hersteinsson, ritstj.). Bls. 179-196. Mál & Menning, Reykjavík. 303 bls.

Skúli Skúlason, Hilmar J. Malmquist og Sigurður S. Snorrason 2002. Þróun fiska í Þingvallavatni. Í: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun (Pétur M. Jónason & Páll Hersteinsson, ritstj.). Bls. 207-211. Mál & Menning, Reykjavík. 303 bls.

Trausti Jónsson 2016. <http://www.vedur.is/loftslag/loftslag/fra1800/hitafar/bigimg/728?ListID=0>

A group of rainbow trout swimming in a stream over a rocky riverbed. The fish are illuminated from above, highlighting their silvery sides and yellow-orange bellies. The water is dark, and the rocks are brown and textured.

ÞAKKIR!

© Karl Gunnarsson

46