



Heilnæmi og öryggi laugarvatns á náttúrulegum baðstöðum

Berglind Ósk Þ. Þórólfsdóttir



Líf- og umhverfisvísindadeild
Háskóli Íslands
2012

Heilnæmi og öryggi laugarvatns á náttúrulegum baðstöðum

Berglind Ósk Þ. Þórólfsdóttir

60 eininga ritgerð sem er hluti af
Magister Scientiarum gráðu í umhverfis- og auðlindafræði

Leiðbeinandi
Viggó Þór Marteinson

Prófdómari
Eva Benediktsdóttir

Líf- og umhverfisvísindadeild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Reykjavík, júní 2012

Heilnæmi og öryggi náttúrulegs laugarvatns
60 eininga ritgerð sem er hluti af *Magister Scientiarum* gráðu í umhverfis- og
auðlindafræði

Höfundarréttur © 2012 Berglind Ósk Þ. Þórólfsdóttir
Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvísindadeild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Sturlugata 7
107 Reykjavík

Sími: 525 4600

Skráningarupplýsingar:

Berglind Ósk Þ. Þórólfsdóttir, 2012, *Heilnæmi og öryggi laugarvatns á náttúrulegum
baðstöðum*, meistararitgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands, 96 bls.

Prentun: Háskólaprent
Reykjavík, júní 2012

Útdráttur

Náttúruleugar eru skilgreindar sem laugar með jarðhitavatni sem ekki er meðhöndlað með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun. Með aukningu ferðamanna á Íslandi verður aukið álag á vinsælustu náttúruleugar landsins, en það getur haft áhrif á heilnæmi þeirra og öryggi. Í dag gilda engar ákveðnar reglur um náttúruleugar, þar sem vatnið er ekki til neyslu og laugar eru ekki skilgreindar sem sundlaugar í rekstri. Lítið hefur því verið skoðað hvort að laugar séu í reynd eins heilnæmar og nú er talið. Í þessari rannsókn var gerð örverufræðileg greining í þremur ólíkum náttúruleugum á Íslandi; að Lýsuhóli, á Hveravöllum og í Landmannalaugum. Heildarbakteríufjöldi var rannsakaður með frumutalningu og með ræktun við 22°C, 37°C og 50°C. Skimað var fyrir *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* og Nóróveirum. Ræktaðar og óræktaðar bakteríur úr laugunum voru tegundagreindar með 16S rRNA gena raðgreiningu. Öryggisþættir náttúruleuga voru einnig metnir m.t.t. hætta og bornir saman við kröfur gerðar til sundlauga, ásamt því að ábyrgðarþáttur ferðaþjónustuaðila var metinn með könnun. Útkoman leiddi til skiptingu lauga upp í þrjá flokka. Niðurstöður rannsóknarinnar benda til þess að töluverð saurmengun verður í náttúruleugum ef rennsli er lítið og gestafjöldi er mikill. Þá er fjöldi *Pseudomonas* spp. mikill í náttúruleugum, og nokkrar tegundir flokkast til tækifærissýkla. Nóróveira greindist ekki í laugunum þremur. Örverufjölbreytileikinn sem greindist með 16S rRNA gena klónun og raðgreiningum var nokkuð fjölbreyttur og var ólíkur milli lauga. Öryggismálum er ábótavant við þær laugar sem falla í 3. flokk, en það eru þær laugar sem verða hugsanlega í rekstri og munu fylgja regluverki til fulls í framtíðinni.

Abstract

Natural thermal pools contain geothermal water that is not sterilized, irradiated or treated in any way. An increase of tourists in Iceland will lead to an increased burden on the most popular natural thermal pools, and that can in turn affect their safety. Today there is no legislation that complies with the natural pools, whereas the water is not for consumption and they are not defined as typical swimming pools. Little has been examined whether the pools are really as healthy as expected. This study conducted microbiological analysis in three different natural pools in Iceland; at Lýsuhóll, Hveravellir and Landmannalaugar. Total bacterial count was performed with a flow cytometry, and growth at 22°C, 37°C and 50°C. The occurrence of *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* and Norovirus was investigated. Cultured and uncultured bacteria from the pools were analyzed by 16S rRNA gene sequencing. Security features of the natural pools were also assessed for risk and compared to the requirements of swimming pools. Responsibility in the tourism industry was assessed with a survey. Three types of pool categories were determined. Findings indicate that there can be significant faecal contamination in the natural pools where water flow is low and guest count is high. The number of *Pseudomonas* spp. is high in the natural pools, and several species are classified as opportunistic pathogens. Norovirus was not detected in the three pools. Microbial diversity that was analyzed with 16S rRNA gene cloning and sequencing were quite varied and was different between the pools. Security is inadequate at the pools that fall into the third category, but these are the pools that have the potential to be operated and will fully follow regulation in the future.

Til Frikka.

Efnisyfirlit

Myndir	xii
Tölur	xv
Skammstafanir	xvii
Þakkir	xix
1 Inngangur	1
1.1 Tilskipun nr. 2006/7/EC	2
1.2 Eldri rannsóknir	3
1.3 Markmið og rannsóknarspurningar	6
2 Fræðilegur grunnur	7
2.1 Náttúrulegar á Íslandi	7
2.2 Flokkun náttúrulegra	10
2.2.1 Upptalning á náttúrulegum	14
2.3 Öryggisatriði baðvatna	16
2.3.1 Hættur baðvatna	16
2.3.2 Öryggiskröfur	18
2.4 Örverur og sníkjudýr í baðvatni	20
2.4.1 Sundlaugarvatn	21
2.4.2 Náttúrulegt vatn	23
2.4.3 Örverufræðilegar kröfur og umhverfismörk	26
2.4.4 Algengar bendibakteríur í baðvatni	29
2.4.5 Raðgreining 16S rRNA gena	31
3 Sýnatökustaðir	33
3.1 Hveravellir	33
3.2 Landmannalaugar	35
3.3 Lýsuhólslaug	37
4 Efni og aðferðir	39
4.1 Sýnataka	39
4.2 Örverugreiningar	39
4.2.1 Síunaraðferðir	40
4.2.2 Örverufjölbreytileiki greindur með klónun og 16S rRNA gena raðgreiningu	41
4.2.3 Greining á nóróveiru	44
4.3 Flokkun og öryggi	44
4.3.1 Flokkun	44
4.3.2 Öryggismál	44

5 Niðurstöður	47
5.1 Örverugreiningar	47
5.1.1 Ræktanir.....	47
5.1.2 Frumutalning.....	51
5.2 Öryggismál.....	67
5.2.1 Öryggismerkingar	68
5.2.2 Ferðapjónustuaðilar.....	72
5.3 Flokkun.....	74
5.3.1 Óhreyfðar jarðhitalaugar án stórra mannvirkja	74
5.3.2 Lítillega hreyfðar jarðhitalaugar með mannvirkjum.....	76
5.3.3 Jarðhitalaugar byggðar af mönnum	77
6 Umræður	79
6.1 Örverugreiningar	79
6.1.1 Frumutalning og ræktun.....	79
6.1.2 Örverufjölbreytileiki	81
6.2 Öryggisatriði.....	86
6.2.1 Öryggismerkingar	88
6.2.2 Tillögur að merkingum	90
6.2.3 Ferðapjónusta	93
6.3 Flokkun.....	94
6.4 Reglugerð um náttúrulega baðstaði	95
Heimildir	97
Viðauki A	107
Viðauki B	110
Viðauki C	112
Viðauki D	114

Myndir

Mynd 1.1 Grettislaug.....	1
Mynd 2.1 Dreifing lághitasvæða á Íslandi (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998).....	8
Mynd 2.2 Laugin í Reykjavíri í Arnarfirði er manngerð steipt laug.	9
Mynd 2.3 Pollurinn á Tálknafirði eru þrír steiptir pottar.....	9
Mynd 2.4 Hellulaug við Flókalund er að hluta til manngerð.	9
Mynd 2.5 Hitulaug norðan Gæsavatna er náttúruleg án allra mannvirkja (Jón G. Snæland, 2009).....	10
Mynd 2.6 Tengsl tíma við hitastig sem veldur óþægindum og bruna á húð (úr Lawrence og Bull, 1976).....	17
Mynd 2.7 Örverur sem geta fundist í sundlaugarvatni (WHO, 2006b).....	22
Mynd 2.8 Lífsferill fuglablóðögðunnar.	24
Mynd 3.1 Staðsetning sýnatökustaða.	33
Mynd 3.2 Laugin á Hveravöllum ásamt gamla skálanum.	34
Mynd 3.3 Vatn í laugina er veitt úr „Nýjahver“ með slöngu.	35
Mynd 3.4 Laugin í Landmannalaugum, „Laugalækurinn“, er stíflaður heitur lækur.....	36
Mynd 3.5 Baðgestir í Landmannalaugum.	36
Mynd 3.6 Lýsuhólslaug og heiti potturinn.	37
Mynd 5.1 Niðurstöður frá Lýsuhólslaug.	48
Mynd 5.2 Niðurstöður frá Hveravöllum. Magn <i>Pseudomonas</i> er á hægri ás.....	48
Mynd 5.3 Niðurstöður frá Landmannalaugum. Magn <i>Pseudomonas</i> er á hægri ás.	49
Mynd 5.4 Heildarbakteríufjöldi í sýnum úr Lýsuhólslaug (ræktun).	50
Mynd 5.5 Heildarbakteríufjöldi í sýnum frá Hveravöllum (ræktun).....	50

Mynd 5.6 Heildarbakteríufjöldi í sýnum frá Landmannalaugum (ræktun).....	51
Mynd 5.7 Frumutalning úr sýnum frá Lýsuhólslaug.....	52
Mynd 5.8 Frumutalning úr sýni 2 úr Lýsuhólslaug. Bakteríur (grænt), þörungar/stærri agnir (blátt) og bakgrunnsgildi (bleikt).....	52
Mynd 5.9 Frumutalning úr sýnum frá lauginni á Hveravöllum.	53
Mynd 5.10 Frumutalning úr sýni 1 úr lauginni á Hveravöllum. Bakteríur (grænt), þörungar/stærri agnir (blátt) og bakgrunnsgildi (bleikt).....	53
Mynd 5.11 Frumutalning úr sýnum frá Landmannalaugum.....	54
Mynd 5.12 Frumutalning úr sýni 3 úr laugalæknum, Landmannalaugum. Bakteríur (grænt) og þörungar/stærri agnir (blátt).....	54
Mynd 5.13 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum úr lífverum í Lýsuhólslaug.....	57
Mynd 5.14 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum úr lífverum í lauginni á Hveravöllum.	59
Mynd 5.15 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum úr lífverum í Laugalæknum í Landmannalaugum.	62
Mynd 5.16 Klón úr laugunum þremur í einu þróunarfræðilegu tréi.....	64
Mynd 5.17 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum (<i>Pseudomonas</i>).....	65
Mynd 5.18 Real time PCR sem sýnir flúrmögnun á jákvæðu sýni sem var notað sem viðmiðun (e. control).....	66
Mynd 5.19 Skilti við Lýsuhólslaug.	68
Mynd 5.20 Skilti við Lýsuhólslaug.	68
Mynd 5.21 Skilti á Hveravöllum.	69
Mynd 5.22 Skilti á Hveravöllum.	69
Mynd 5.23 Skilti við Landmannalaugar.	70
Mynd 5.24 Skilti við Landmannalaugar.	70
Mynd 5.25 Skilti við Landmannalaugar.	71
Mynd 5.26 Skilti við Landmannalaugar.	71

Mynd 5.27 Hlutfall þeirra ferðaþjónustuaðila sem láta ferðamenn vita af því að þeir baði sig í náttúruleaugum á eigin ábyrgð í þeirra ferðum.	72
Mynd 5.28 Hlutfall þeirra ferðaþjónustuaðila sem hafa orðið varir við það að ferðamenn (á þeirra vegum eða annarra) hafi orðið fyrir óþægindum.	73
Mynd 5.29 Hlutfall þeirra ferðaþjónustuaðila sem finnst að bæta megi merkingar við náttúruleaugar.	73
Mynd 6.1 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr Lýsuhólslaug.	80
Mynd 6.2 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr lauginni á Hveravöllum.	80
Mynd 6.3 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr laugalæknum, Landmannalaugum.	81
Mynd 6.4 Fjöldi bendibaktería eftir tíma í Lýsuhólslaug.	85
Mynd 6.5 Fjöldi bendibaktería eftir tíma á Hveravöllum.	85
Mynd 6.6 Fjöldi bendibaktería eftir tíma í Laugalæknum, Landmannalaugum.	86
Mynd 6.7 Tafla Vinnueftirlitsins til að meta áhættu.	87
Mynd 6.8 Varúðarskilti við Pollinn á Tálknafirði.	89
Mynd 6.9 Varúðarskilti við Víti í Öskju.	89
Mynd 6.10 Dæmi um leiðbeinandi skilti (boð og bönn) (Vatnajökulsþjóðgarður, Umhverfisstofnun, Þingvallabjórðgarður og Ferðamálastofa, 2011).	91
Mynd 6.11 Dæmi um leiðbeinandi skilti fyrir Landmannalaugar.	92
Mynd 6.12 Dæmi um leiðbeinandi skilti fyrir Hveravelli.	92
Mynd 6.13 Varúðar- og bannmerki sem gætu einnig átt við náttúruleaugar.	92
Mynd 6.14 Dæmi um skilti sem gefur til kynna gæði baðvatns („léleg“, „fullnægjandi“, „góð“ og „framúrskarandi“) (ROSPA, e.d.).	93

Töflur

Tafla 2.1 Laugar eftir landshlutum.....	15
Tafla 2.2 Sýkingar vegna böðunar á útivistarsvæðum í Bandaríkjunum á árunum 1989-2000 (Madigan og Martinko, 2006).	21
Tafla 2.3 Umhverfismörk fyrir saurkólbakteríur eða saurkokka í yfirborðsvatni vegna útivistar.....	27
Tafla 2.4 Örverufræðilegar kröfur sem gerðar eru til sund- og baðstaða.....	28
Tafla 2.5 Örverurannsóknir sem á að framkvæma á baðvötnum inn til landsins/við strendur og viðmiðunarmörk miðað við gæðaflokka samkvæmt tilskipun nr. 2006/7/EC.....	28
Tafla 2.6 Rannsóknarþáttur og viðmiðunarmörk sem vatn við strendur verða að uppfylla til þess að fá að flagga Bláfánanum.	29
Tafla 5.1 Fjöldi af <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus</i> spp. og <i>Pseudomonas aeruginosa</i> úr laugunum þremur, ásamt tíma, hitastigi, sýrustigi og fjölda gesta við sýnatöku.	47
Tafla 5.2 Heildarbakteríufjöldi við ræktun úr laugunum þremur.....	49
Tafla 5.3 Heildarfrumufjöldi úr laugunum þremur.	51
Tafla 5.4 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	55
Tafla 5.5 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	56
Tafla 5.6 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	58
Tafla 5.7 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	58
Tafla 5.8 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	60
Tafla 5.9 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.....	61
Tafla 5.10 Fjöldi klóna af hverri ættkvísl (eða flokk/ætt) raðað eftir laugum.....	63

Tafla 5.11 Næsti viðmiðunarstofn <i>Pseudomonas</i> sp. og samsvörun stofna við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.	65
Tafla 5.12 Niðurstöður úr nóróveirugreiningu.	66
Tafla 5.13 Öryggisatriði sem fjallað er um í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og Bláfánanum, og aðstaðan við náttúrulegarnar þrjár.....	67
Tafla 5.14 Laugar í 1. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavef já.is, e.d.).	74
Tafla 5.15 Laugar í 2. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavef já.is, e.d.).	76
Tafla 5.16 Laugar í 3. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavef já.is, e.d.).	77
Tafla 6.1 Þættir til að meta, áhættuflokkar og aðgerðir til úrbóta.	88
Tafla 6.2 Leturstærð og lestrarfjarlægð.	90
Tafla 6.3 Viðmiðunarmörk bendibaktería (cfu/100 ml) miðað við gæðaflokka náttúrulegs baðvatns.	96

Skammstafanir

BLAST	Basic local alignment search tool
bp	basapör
Bq/l	Becquerel í lítra
CE	Conformité Européenne
cfu	colony forming units
Cl	klóríð
cm	sentímetri
CO ₂ (T)	kolsýra
dH ₂ O	distilled water
DNA	Deoxyribonucleic acid
dNTP	Deoxynucleotide Triphosphate
EC	European Commission
F	flúor
FB	fosfat-buffer
Fe ^(II)	járn
FEE	Foundation for Environmental Education
ha	hektarar
H ₂ S	brennisteinsvetni
I	joð
kb	kílóbasi
klst	klukkustundir
mg/l	milligrömm í lítra
mín	mínútur
ml	millilítri
NaOH	natríumhýdroxíð
NCBI	National Center for Biotechnology Information
PCR	Polymerase chain reaction
pH	sýrustig
Rn	Radon
RNA	Ribonucleic acid
rRNA	Ribosomal RNA
rpm	revolutions per minute
sek	sekúndur
TDS	Total dissolved solids
UV	ultraviolet
WHO	World Health Organization
μl	míkrólítri
°C	gráður Celsius

Þakkir

Fyrst af öllum vil ég þakka Viggó Þór Marteinssyni leiðbeinanda mínum sérstaklega vel fyrir hjálpina og stuðningin við vinnslu verkefnisins og skrifin. Einnig vil ég þakka Matís fyrir rannsóknaraðstöðu og þá sér í lagi matvælaöryggi-, umhverfi- og erfðasviðinu. Jafnframt þakka ég Hjalta J. Guðmundssyni hjá Umhverfisstofnun fyrir innblástur og hjálpsemi, án hans hefði þetta verkefni aldrei orðið að veruleika. Kristín Elísa Guðmundsdóttir, Alexandra María Klonowski, Eyjólfur Reynisson, Sveinn Haukur Magnússon, Sólveig Katrín Ólafsdóttir ásamt aðrir starfsmenn líftækisviðs og örverumælinga Matís fá kærar þakkir fyrir leiðsögn og mikla hjálp.

Starfsmenn Lýsuhólslaugar, ferðapjónustunnar á Hveravöllum, Ferðafélags Íslands við Landmannalaugar ásamt Heilbrigðisfulltrúar og rekstraraðilar náttúrulega/sundlauga fá öll kærar þakkir fyrir veittar upplýsingar. Einnig vil ég þakka þeim ferðapjónustuaðilum sem svöruðu könnuninni sem send var út til þeirra. Upplýsingar um sundmannakláða í Landmannalaugum veitti Karl Skírnisson, og kann ég honum bestu þakkir fyrir það. Starfsmönnum Umhverfisstofnunar þakka ég fyrir veittar upplýsingar og hugmyndir, og afnot af gögnum sem ég þurfti á að halda.

Friðriki Rúnari Halldórssyni þakka ég innilega fyrir að sýna mér umburðarlyndi og hvatningu, og fyrir að vera stoð mín og stytta í öllu sem verður á vegi okkar. Ég vil líka þakka honum fyrir að vera bílstjóri og sérlegur aðstoðarmaður við sýnatöku í verkefninu!

Að lokum vil ég þakka fjölskyldu minni sérstaklega fyrir stuðningin á námsárum mínum.

1 Inngangur

Íslendingar hafa lengi unnið að því að markaðssetja ímynd landsins sem hið hreina og óspillta land þegar það kemur að ferðapjónustu, en til þess verðum við að þekkja heilnæmi okkar náttúru. Verkefnið snýr að því rannsaka vinsælt fyrirbæri í náttúru landsins, *náttúruleaugar*. Náttúruleaug er skilgreind sem laug með jarðhitavatni sem ekki er meðhöndlað með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun (Umhverfisstofnun, 2003). Laugarnar eru auðlind sem menn hafa lengi nýtt sér á Íslandi, en heita vatnið var lengi vel nýtt til baða og þvotta áður en það var notað til upphitunar húbýla (Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson, 2001). Minnst er á náttúruleaugar í fornum ritum, en þar má nefna Grettislaug í Grettis sögu og Snorrulaug í Landnámu, og víða má finna örnefni sem vísa í náttúruleaugar, t.d. Landmannalaugar, Laugafell, Laugarás, Laugarhóll o.fl. Það má því segja að náttúruleaugar eru mikilvægur hluti af menningu og sögu landsins. Margir Íslendingar þekkja það hversu góð tilfinning það er að láta líða úr sér í ylvogri laug hvort heldur



Mynd 1.1 Grettislaug.

sem er að sumri eða vetri til, en þær hafa einnig mikið aðdráttarafli fyrir erlenda ferðamenn. Erlendir ferðamenn á Íslandi árið 2011 voru um 540.000, en árið á undan voru þeir um 460.000 (Ferðamálastofa, 2011a). Árið 2010 komu 87% ferðamanna til Íslands í frí og í könnunum um ferðavenjur trónir náttúran efst yfir því sem að ferðamennirnir þóttu minnstæðast í ferð sinni til landsins (Rögvaldur Guðmundsson, 2010). Náttúrutengd afþreying á Íslandi er því vinsæl meðal erlendra ferðamanna, og um 62% þeirra sem svöruðu könnun Ferðamálastofu árið 2010 nýttu sér sundlaugar eða náttúruböð (Ferðamálastofa, 2011b). Árið 2011 voru það 80,9% erlendra ferðamanna sem svöruðu könnuninni sem höfðu nýtt sér heilsutengda afþreyingu á Íslandi (sund, náttúruböð, dekur og heilsumeðferðir) (Markaðs- og miðlarannsóknir, 2012). Það er því ljóst að það eru margir sem baða sig í vinsælustu náttúruleaugum landsins ár hvert.

Náttúruleaugar eiga það sameiginlegt að ekki gilda um þær sömu reglur og á baðstöðum eins og sundlaugum, og baðar fólk sig því í dag í náttúruleaugum alfarið á eigin ábyrgð. Hér á landi eru um 165 sundlaugar í rekstri og þar af um 135 hitaðar með jarðhita (Árni Ragnarsson, 2006). Fyrir sundlaugar gilda reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010. Sú reglugerð gildir um *búnað, hreinlæti og þrif* á sund- og baðstöðum og í nánasta umhverfi þeirra, *hreinsun og sótthreinsun baðvatns, aðbúnað gesta, öryggi og mengunarvarnir*. Algengt er að sjúkdómsvaldandi örverur dreifist með óhreinu drykkjarvatni og vatni notað til matreiðslu, en þær geta einnig dreifst með sundlaugar- og baðvatni (Madigan og Martinko, 2005). Vatnið sem notað er í sundlaugar eiga því að uppfylla örverufræðilegar kröfur, en þegar vatnsgæði náttúruleaugar eru metin er þó ekki hægt að miða við þau örverugildi sem sett eru í reglugerð nr. 814/2010 þar sem sundlaugavatn skal ávallt hafa ákveðinn klórstyrk til sótthreinsunar. Til er reglugerð um

varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999, en þar er fjallað um yfirborðsvötn til útivistar og örverufræðilegar kröfur sem gerðar eru til þeirra. Hægt er að nota tilvist saurbaktería í umhverfinu sem mælikvarði á mengun (Matís, 2010) en hafa ber í huga að í sundlaugum, náttúrulaugum sem og í öðrum vötnum er ógrynni umhverfisbaktería. Heilnæmi lauga má því ákvarða m.a. af því hversu mikið af saurbakteríum eða „sýklum“ er í þeim yfir ákveðið tímabil.

1.1 Tilskipun nr. 2006/7/EC

Árið 2006 kom ný tilskipun frá Evrópusambandinu um gæði baðvatns (yfirborðsvötn og strendur). Hún tók í gildi að fullu árið 2008 en meðlimir Evrópusambandsins geta innleitt hana fram til ársins 2014. Árið 2010 höfðu tuttugu aðildarríki (Danmörk, Þýskaland, Grikkland, Spánn, Eistland, Frakkland, Ítalía, Kýpur, Lettland, Litháen, Lúxemborg, Ungverjaland, Malta, Holland, Austurríki, Portúgal, Slóvenía, Slóvakía, Finnland og Svíþjóð) ásamt vallónska hluta Belgíu innleitt tilskipunina og fylgst með baðsvæðum sínum í samræmi við kröfur hennar (EUROPA, 2011). Tilskipunin hefur í dag ekki verið innleidd sem reglugerð á Íslandi. Hún kemur í stað eldri baðvatnstilskipunar (nr. 1976/160/EC) og setur fram ákvæði um *vöktun og flokkun* á gæðum baðvatns, *stjórnun á gæðunum* og hvernig koma skal á framfæri til almennings *upplýsingum um heilnæmi og gæði baðvatns*. Tilskipunin gildir um hvers konar yfirborðsvatn þar sem lögbært yfirvald í hverju landi fyrir sig gerir ráð fyrir að mikill fjöldi fólks baðar sig, og þar sem ekki hefur verið sett neitt bann um það (tímabundið eða ótímabundið). Til dæmis er skilgreiningin í Svíþjóð miðuð við að yfir 200 manns baði sig í vatninu daglega yfir notkunartímabilið (Hansen og Carlander, 2009).

Tilskipunin nær ekki til sundlauga, afmarkaðra vatna sem notuð eru vegna heilsumerðferða eða lækninga, eða tilbúinna vatna sem eru aðskilin frá yfirborðsvatni og grunnvatni. Samkvæmt tilskipuninni þarf að skilgreina öll baðvötn á landinu, ákvarða notkunartímabil þeirra og útbúa skrá fyrir hvert baðvatn sem lýsir einkennum o.fl., s.k. baðvatnslýsing (e. *bathing water profile*). Taka þarf eitt örverusýni úr þessum baðvötnum fljótlega áður en notkunartímabil þeirra hefst, og ekki má taka færri en fjögur sýni yfir allt tímabilið. Hins vegar þarf bara að taka þrjú sýni ef notkunartímabilið er styttra en átta vikur, eða ef baðvatnið er illa staðsett landfræðilega. Sýnataka á að vera dreifð jöfn yfir notkunartímabilið, og ekki má líða lengur en mánuður á milli sýnataka. Ef einhvers konar mengunarslys verður í vatninu, þarf að taka eitt sýni aukalega. Greina á *Escherichia coli* og saurkokka (e. *intestinal enterococci*). Þessar bendibakteríur (e. *indicator bacteria*) komu í stað kólíabaktería (e. *fecal* og/eða *total coliforms*) í eldri tilskipuninni vegna þess að rannsóknir sýna að tilvist þeirra bendir frekar til saurmengunar (Mansilha, Coelho, Heitor, Amado, Martins og Gameiro, 2009).

Flokka á öll baðvötnin í fjóra flokka fyrir árið 2015 með tilliti til vatnsgæða: „framúrskarandi“, „góð“, „fullnægjandi“ og „léleg“ gæði. Miðað er við niðurstöður örverumælinga sem spannar fjögurra ára tímabil. Jafnframt eiga öll baðvötn a.m.k. að ná „fullnægjandi“ gæðum árið 2015.

1.2 Eldri rannsóknir

Árið 2002 gerði Ingibjörg Árnadóttir „Könnun á gerlamagni í nokkrum náttúrulegum“ fyrir Hollustuvernd ríkisins (nú Umhverfisstofnun). Þar áður hafði Kolbrún Haraldsdóttir gert könnun á örveruástandi bað- og neysluvatns á nokkrum ferðamannstöðum á hálendinu (Landmannalaugum og Hveravöllum) á árunum 1979 og 1980, og voru þær niðurstöður einnig birtar í skýrslu Ingibjargar. Í rannsókn Ingibjargar voru tekin sýni úr níu laugum: Hveravöllum í Austur-Húnavatnssýslu, Laugafelli í Norður-Múlasýslu, Landmannalaugum í Rangárvallasýslu, Víti í Dyngju fjöllum, Lýsuhólslaug á Snæfellsnesi, Grettislaug í Skagafirði, Kerinu á Húsavíkurhöfða, Bláa lóninu á Reykjanesi og Nauthólsvík í Reykjavík. Farnar voru þrjár ferðir til sýnatöku á flesta staði, tvær ferðir í Grettislaug og Lýsuhólslaug og ein ferð í Víti við Öskjuvatn. Gerðar voru bakteríumælingar á samtals 67 vatnssýnum frá ofangreindum stöðum. Vatnssýnin voru rannsökuð með tilliti til heildarbakteríufjölda í ræktun við 37°C, saurkólíabaktería, *Pseudomonas aeruginosa* og *Staphylococcus aureus*. Einnig var mælt sýrustig, leiðni og grugg. Niðurstöður könnunarinnar gáfu nokkrar vísbendingar um gæði vatns og umhverfi þeirra staða sem kannaðir voru. Munur var á milli staða eftir því hve fjölsóttir þeir voru og átti það bæði við um náttúrulegar í óbyggðum og staði sem sérstaklega eru tilbúnir fyrir ferðamenn og/eða til heilsubótar. Nokkuð magn saurkólíabaktería (800 cfu (e. colony forming units)/100 ml) mældist á einum stað og tímupunkti í Bláa lóninu, í Landmannalaugum (550) og í nokkrum sýnum frá Hveravöllum (570-1300). *Pseudomonas aeruginosa* mældist einnig í miklu magni við einstök tilfelli í Bláa lóninu (200), Laugafelli (300), Hveravöllum (20.000) og Landmannalaugum (500). Niðurstöðurnar gáfu til kynna að „til að fá marktæka mynd af ástandi náttúrulegra á Íslandi þarf að fylgjast reglulega með laugunum, þar sem ástand þeirra kann að vera breytilegt vegna breytileika í náttúrulegu umhverfi og af mannavöldum“ (Umhverfisstofnun, 2003, bls. 4). Dregin var sú ályktun að nauðsynlegt væri „að haldið verði áfram reglubundinni skoðun á ástandi náttúrulegra, sérstaklega á þeim stöðum þar sem umferð er mikil“ (Umhverfisstofnun, 2003, bls. 15).

Síðan þessi rannsókn var gerð hefur Bláa lónið og Nauthólsvík bæði fengið alþjóðlega umhverfismerkið Bláfánann árlega síðan árið 2003, en það merkir að rekstraraðilar leggja sig fram um að bæta gæði og þjónustu strandanna og stuðla að verndun umhverfis (Landvernd, e.d.a). Gestir geta þá verið vissir um að (Bláa lónið, e.d.):

- Ströndin sé snyrtileg og vel sé fylgst með ástandi hennar.
- Vatnið sé hreint og að á staðnum séu upplýsingar um vatnsgæðin.
- Til staðar sé haldgóður búnaður til að taka á móti flokkuðu sorpi, salernin snyrtileg og viðhald bygginga sé í góðu lagi.
- Til staðar sé búnaður fyrir skyndihjálp, björgunarbúnaður og sími til að kalla eftir aðstoð.
- Að boðið sé upp á fræðslu um umhverfi og náttúru.
- Að gestum sé bent á hvar eru viðkvæm og vernduð svæði.

Fylgst er með gæðum baðvatnsins í Bláa lóninu og reglulega eru tekin sýni sem send eru til greiningar á óháða rannsóknarstofu. Greindar eru saurkólíabakteríur, kólíabakteríur alls og saurkokkar. Niðurstöður eru birtar á heimasíðu Bláa lónsins u.þ.b. ár aftur í tímann, og

hafa þau öll verið undir þeim viðmiðunarmörkum sem Bláfáninn setur. Þar að auki hafa mælingar á örverufræðilegum gæðum baðvatnsins í Nauthólsvík verið framkvæmdar á hverju sumri á vegum Heilbrigðiseftirlits Reykjavíkur síðan árið 2000.

Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaganna hafa eftirlit með hollustuháttum í sundlaugum um allt land, en allar laugar sem selja aðgang eiga að vera með klórblöndun sem hindrar örveruvöxt. Sumar náttúrulegar laugar hafa fengið undanþágu frá sýnatökum og tekin eru sýni sjaldnar úr þeim, en engar undanþágur eru gefnar út vegna öryggismála, merkinga, innra eftirlits eða vegna hringrásar vatns, klórblöndunar og sýrustigs (Anton Helgason og Helgi Helgason, Heilbrigðiseftirlit Vestfjarða og Vesturlands, tölvupóstur, 22. febrúar 2012).

Árið 2008 var farið í eftirlitsverkefni á vegum Umhverfisstofnunar og Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaganna, þar sem könnuð voru öryggismál og heilnæmi vatns á 124 sundstöðum á landinu. Verkefnið tók aðeins til sundlauga sem þá starfaði undir reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 457/1998. Af þessum sundstöðum voru fimm laugar þar sem fyrrgreind reglugerð gildi ekki þar sem um náttúrulegar laugar var að ræða (laugar sem ekki eru í rekstri). Af fimm sýnum var aðeins eitt sýni undir viðmiðunargildum reglugerðarinnar fyrir heildarbakteríufjölda við 37°C. Fjögur sýni voru skoðuð með tilliti til *Pseudomonas aeruginosa* og fannst bakterían í öllum sýnunum (Umhverfisstofnun, 2009).

Efnafræði, ferðamennska og heilsufarsáhrif

Efnafræði jarðhitavatns hefur verið mikið rannsökuð hér á landi, bæði á há- og lághitasvæðum, t.d. á vegum Orkustofnunar, Íslenskra Orkurannsóknna, Orkuveitu Reykjavíkur, Landsvirkjunar, Samorku, Háskóla Íslands, Háskólans á Akureyri o.fl. Efnafræði jarðhitavatns er nokkuð mismunandi eftir því hvar það finnst. Sem dæmi um niðurstöður er að salt jarðhitavatn, brennisteinsríkt og flúoríðríkt er að finna í talsverðum mæli hér á landi. Jarðhitavatn á Íslandi inniheldur hins vegar svo til ekkert jodíð, og lítið er vitað um geislavirkni þess, því mælingar á radoni hafa ekki verið gerðar reglulega. Flest bendir þó til lágrar geislavirkni (Hrefna Kristmannsdóttir, Ólafur Grímur Björnsson, Steinunn Hauksdóttir, Helga Tulinius og Hannes Hjálmarsson, 2000). Rannsóknir á jarðhitavatni hafa aðallega verið gerðar til að meta tilvist jarðhitans, vegna nýtingu hans til virkjunar og upphitunar o.s.frv. og því verður ekki fjallað frekar um þær rannsóknir hér. Þegar vitað er hvernig efnasamsetning vatns á ákveðnu lághitasvæði er má gera ráð fyrir að vatnið sem rennur í laugarnar sé yfirleitt með svipaða samsetningu, þó hún geti breyst með tíð og tíma, t.d. vegna borunar, mikillar nýtingar eða yfirborðsmengunar. Niðurstöður efnagreininga frá árunum 1981, 2000 og 2005 úr laugunum þremur sem rannsakaðar voru í þessu verkefni má sjá í viðauka C.

Tilraun var gerð til þess að fá heildaryfirlit yfir heitar laugar á Íslandi árið 2004, en þá var farið af stað með rannsókn sem var stýrð frá Háskólasetrinu í Hveragerði. Rannsóknin var gerð í framhaldi af sambærilegri rannsókn á Vestfjörðum og Snæfellsnesi nokkrum árum áður. Tvenns konar upplýsingum var aflað. Annars vegar almenns eðlis um aðkomu, aðgengi, aðstöðu o.fl. og hins vegar um efnafræði og eiginleika vatnsins. Í tengslum við efnafræðina voru tekin sýni úr laugunum til frekari greiningar en á vettvangi voru skráðar upplýsingar um leiðni, sýrustig, hitastig o.fl. Allar þessar upplýsingar voru aðgengilegar á Hveravefsíðu Háskólasetursins í Hveragerði, en þar sem rannsóknin var ekki gefin út tapaðist heimasíðan, ásamt flestum gögnum rannsóknarinnar þegar Háskólasetrið í Hveragerði var lagt niður árið 2009 (Tryggvi Þórðarson, Umhverfisstofnun, samtal, 24.

maí 2011). Í tengslum við hluta rannsóknarinnar um ferðaþjónustu, „Viðhorf heimamanna til nýtingar á náttúrulegum baðlaugum“, söfnuðu Bergþóra Aradóttir og Sigurvin B. Sigurjónsson (2004) gögnum um 28 náttúrulegar baðlaugar sem voru heimsóttar sumarið 2004. Ferðamálaasetur Íslands gaf út skýrslu um þennan hluta verkefnisins þar sem niðurstöður spurningalista ásamt almennum upplýsingum um laugar komu fram.

Nokkuð hefur verið skrifað um heilsufarsáhrif heitavatsnotkunar á fólk ásamt heilsutengdri ferðaþjónustu í sambandi við náttúruböð. Hrefna Kristmannsdóttir prófessor hjá Háskólanum á Akureyri hefur m.a. skrifað mikið um jarðhitaauðlindir, efnafræði ásamt nýtingu til heilsubaða á síðustu árum.

Heitt vatn hefur mikil jákvæð áhrif á heilbrigði Íslendinga og er þar bæði um bein og óbein áhrif að ræða. Heita vatnið hefur áhrif á ræktun grænmetis sem er undirstaða í góðri næringu. Ekki síður hefur það áhrif í rekstri sundlauga um allt land sem fullyrða má að hafi meiri og betri áhrif á heilbrigði Íslendinga en margir átta sig í fljótu bragði á. Ekki aðeins vegna aukins hreinlætis barna og raunar allra aldurshópa sem þær sækja, heldur einnig vegna þess að heitu pottarnir hafa lengi verið „samkomuhús“ fjölda einstaklinga þar sem þeir sækja félagsskap, slökun og endurnýjun (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigríður Halldórsdóttir, 2008, bls. 21).

Niðurstöður rannsókna sýna að vatnsböð hafa merkjanleg og vel mælanleg áhrif á mannlíkamann (vatnsþrýstingur baðanna og hitastig). Þessi áhrif eru á stoðkerfi, hjarta- og æðakerfi, nýrnastarfsemi, lungnastarfsemi, tauga- og hormónastarfsemi, blóðfrumur og blóðstorknun og víðar (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Jón Þorsteinsson gigtarlæknir skrifaði áhugaverða grein í Læknablaðið árið 2005 þar sem hann rakti sögulegar heimildir um heitar laugar á Íslandi til forna og svokallaðan lækningamátt þeirra. Þar kemur m.a. fram að síðustu orð Egils Skallagrímssonar hafa verið „vil ek fara til laugar“. Svo fór hann og fól silfurkistur Aðalsteins konungs. Talið er að Egill Skallagrímsson hafi haft „Pagets sjúkdóm“, en með beinþykknuninni sem fylgir sjúkdómnum fylgja gigtarverkir og hefur Agli þótt gott að baða sig í heitri laug og notað laugarferðina sem yfirsýn þegar hann fól silfrið (Jón Þorsteinsson, 2005). Einnig segir frá því að Snorra Sturlusyni hafi þótt gott að sitja í Snorraaug. Snorri var oft haltur og sagan segir að hann hafi fengið ámusótt (bakteríusýking í húð) og þurft að ganga með stuðningi. Jón Þorsteinsson (2005, bls. 619) segir þá: „Hann hefur líklega haft þvagsýrugigt (l. *podagra*). Snorri var veisluglaður höfðingi sem hélt dýrlegar veislur og „jóladykki eftir norrænum sið“, og hann var kvennamaður mikill. Slíkir menn fá Podagra”.

Heilsulindir (e. *spa*)

Þekkt er að fólk baði sig í náttúrulegum víðar en á Íslandi, t.d. í Frakklandi, Þýskalandi, Austurríki, Tékklandi, Ungverjalandi og Japan. Minna er um náttúruböð á Norðurlöndunum, í Bandaríkjunum og Bretlandi. Baðmenning er ólík eftir löndum, og hún er oft ólíkari en gerð baðvatnsins í þessum löndum gefur tilefni til þess að halda. Mið-Evrópa er gamall sjávarbotn, engin virk eldfjöll eru þar lengur, og því er þar ekki mjög heitt eða mjög súrt vatn, gagnstætt því sem er í Japan og sunnarlega í Evrópu svo sem á Ítalíu (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000). Algengt er um allan heim að fólk baði sig í heilsulindum (e. *spa*), en þar er hreinlæti yfirleitt í hávegum haft.

1.3 Markmið og rannsóknarspurningar

Markmið rannsóknarinnar var að meta heilnæmi og öryggi náttúrulega á Íslandi. Skoðað var hvernig ástandið er núna, hvernig það ætti að vera miðað við opinberar kröfur og tillögur að úrbótum settar fram. Þá var leitast svara við eftirfarandi rannsóknarspurningum:

1. Hvernig er heilnæmi og öryggi almennt háttáð við þessar laugar og er því ábótavant?
 - Hvaða bakteríur greinast í náttúrulegum?
 - Hvernig er ástand náttúrulegs baðvatns á sólarhringsgrundvelli m.t.t. valdra bendibaktería?
 - Hvert er þá eðlilegt viðmiðunargildi fyrir þessar bendibakteríur í íslenskum náttúrulegum?
 - Hverjar eru hætturnar við baðstaði og hvernig er öryggi gesta sem best tryggt á náttúrulegum baðstöðum?
2. Hvernig er vænlegast að flokka þekktar náttúrulegar á Íslandi?

Verkefnið byggðist á því að annars vegar framkvæma verklegan þátt þar sem vatnssýni voru könnuð með hefðbundum örverugreiningum og erfðafræðilegum greiningaraðferðum, og hins vegar skipta helstu náttúrulegum landsins í viðeigandi flokka, ásamt því að leggja mat á öryggisatriði þeirra með tilliti til opinberra krafa.

Takmarkanir

Ljóst var að ekki var hægt að greina sýni úr öllum náttúrulegum á Íslandi og því var ákveðið að beina rannsókninni fyrst og fremst að þremur ólíkum laugum; á Hveravöllum, í Landmannalaugum og Lýsuhólslaug. Rökin fyrir val á laugunum eru að þær eru „í rekstri“ og fjölsóttar yfir sumartímann. Voru þær einnig valdar þannig að þær væru misjafnlega úr garði gerðar með tilliti til eðlisþátta eins og rennsli og uppbyggingu og var það byggt á þeim möguleika að það hefði e.t.v. áhrif á gerð þess lífríkis sem þar gæti þrífist og þannig fengjust upplýsingar um hugsanlegan mismun í lífríki milli náttúrulega eftir þessum eðlisþáttum. Þegar kom að flokkun og öryggismálum náttúrulega var hins vegar litið til fleiri lauga.

Uppbygging ritgerðar

Ritgerð þessi er skipt niður í sex hluta. Fyrsti hlutinn er inngangskafli þar sem stutt yfirlit er um náttúrulegar, sagt er frá tilskipun nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns og eldri rannsóknum á viðfangsefninu. Í lokin eru markmiðum og rannsóknarspurningum varpað fram. Annar hluti er fræðileg samantekt þar sem fjallað er um náttúrulegar og fjölbreytileika þeirra, tillögur sem settar hafa verið fram til flokkunar og 88 þekktar náttúrulegar á Íslandi listaðar upp. Fjallað er um öryggismál baðvatna og um bakteríur (sýkla) sem finna má í baðvatni og þær sem greindar verða, og þær lagalegu kröfur sem hafa verið gerðar til sund- og baðstaða á Íslandi. Þriðji hlutinn greinir frá þeim laugum sem urðu fyrir valinu til sýnatöku í rannsókn þessari. Fjórdi hlutinn tekur fyrir aðferðafræðina; sýnatökur, greiningar, könnun og mat. Niðurstöður verða kynntar í fimmta hluta en sjötti kafli er umræðukafli þar sem niðurstöðurnar verða ræddar og tillögur að úrbótum settar fram.

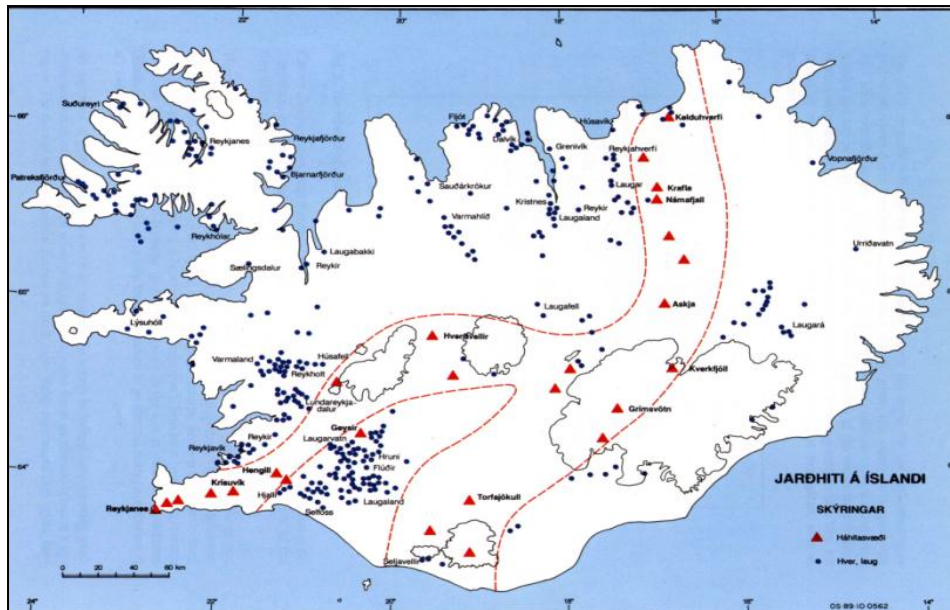
2 Fræðilegur grunnur

2.1 Náttúrulegar á Íslandi

Jarðhiti og hverir eru eitt af höfuðeinkennum Íslands, og talið er að samanlagt flatarmál jarðhitasvæða og útstreymi hita sé meira á Íslandi en í nokkru öðru landi. Vitað er um jarðhita á yfir 700 stöðum á landinu, en þá er ekki talið nema stærstu hverirnir á þeim svæðum þar sem jarðhiti er mikill (Björn Hróarsson og Sigurður Sveinn Jónsson, 1991).

Jarðhitasvæðum á Íslandi er yfirleitt skipt í tvo meginflokkka. Annars vegar er háhitasvæði sem eru innan gosbeltanna, en hiti í slíkum jarðhitakerfum er $>200^{\circ}\text{C}$ ofan 1000 m dýpis. Hins vegar eru það lághitasvæði, sem eru einkum utan gosbeltanna og því á eldri hlutum landsins. Hiti þeirra er yfirleitt innan við 150°C á 1000 m dýpi (Orkuveita Reykjavíkur, 2006). Minnstur hluti jarðhitakerfa er sýnilegur og sum eru dulin með öllu. Aðrennslið til þeirra er í flestum tilfellum lítt þekkt. Það á einkum við um lághitakerfin. Hverir og laugar sýna hvar jarðhitakerfi er undir og stundum sjást sprungurnar sem leiða vatnið til yfirborðs. Afrennsli kerfanna kemur stundum fram í laugum og volgrum (Jónas Ketilsson, Axel Björnsson, Árný Erla Sveinbjörnsdóttir, Bjarni Pálsson, Grímur Björnsson, Guðni Axelsson og Kristján Sæmundsson, 2010). Heita vatnið er að uppruna úrkoma, sem hefur náð að seytle djúpt niður í berggrunninn, þar sem það hefur hitnað við að leika um heitt bergið. Heitt vatn er léttara en kalt og leitar því upp á yfirborðið ef það finnur til þess leiðir (Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson, 2001).

Lághitasvæði landsins eru talin vera um 250 samtals og á þeim er að finna talsvert á sjöunda hundrað hvera og lauga (Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson, 2001). Minnstur er jarðhiti í elsta hluta landsins, yst á Austfjörðum og Vestfjörðum, fjærst varmauppstreymi gosbeltanna. Engir leir-, gufu- eða brennisteinshverir eru á lághitasvæðum og hiti vatnsins er frá rúmlega 100°C niður í fáeinar gráður (Björn Hróarsson og Sigurður Sveinn Jónsson, 1991). Á yfirborði jarðar einkennist jarðhiti á lághitasvæðum af lítilli eða engri ummyndun umhverfis þessa hvera og laugar, og nær gróður oft fram á bakkana (Orkuveita Reykjavíkur, 2006).



Mynd 2.1 Dreifing lághitasvæða á Íslandi (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998).

Á mörgum stöðum á landinu hagar svo til að heitt jarðvatn safnast fyrir þannig að hægt sé baða sig í því. Á öðrum stöðum hefur maðurinn komið til hjálpar og útbúið baðstaði úti í náttúrunni. Í seinni tíð hafa svo verið útbúnir fullkomnir baðstaðir bæði innan- og utandyra. Það getur því verið erfitt að skilgreina hvaða baðstaður er náttúruleg og hvaða ekki, en almennt er skilgreiningin sú að laugarnar séu með jarðhitavatni sem ekki er sótthreinsað með neinum hætti. Náttúrulegar eru mjög fjölbreyttar í útliti; ósnortnar eða manngerðar, allt frá litlum skollaugum til stórra steyptra lauga og því getur skilgreiningin átt við alla staði þar sem einn maður getur baðað sig með vatni úr jörðinni, hvort sem það er náttúrulega greyptur pyttur eða manngerð laug sem vatnið er veitt í með leiðslum eða slöngu.

Nútímalegust er sennilega Seljavallalaug sem er auðvitað komin til ára sinna og einnig laugin Brautartunga í Lundareykjadal. Það eru óskaplega fáar laugar sem eru hreinar „náttúrulegar“ í þeim skilningi því að yfirleitt hefur mannshöndin með einhverjum hætti komið að þeim, hlaðið í kringum þær eða sett í þær fiskikar eða eitthvað þvíúmlíkt. Það eru ekki nema örfáar sem við getum sagt að séu tilkomnar eingöngu af náttúrunnar hendi (Jón G. Snæland, 2009, 25. ágúst).

Myndir 2.2-2.5 sýna dæmi um fjölbreytileikann sem er fyrir hendi.



Mynd 2.2 Laugin í Reykjafirði í Arnarfirði er manngerð steipt laug.



Mynd 2.3 Pollurinn á Tálknafirði eru þrír steiptir pottar.



Mynd 2.4 Hellulaug við Flókalund er að hluta til manngerð.



Mynd 2.5 Hitulaug norðan Gæsavatna er náttúruleg án allra mannvirkja (Jón G. Snæland, 2009).

2.2 Flokkun náttúrulegra

Náttúrulegar hafa ekki verið flokkaðar og listaðar upp opinberlega, þó það hafi að einhverju leyti verið gert í verkefnum og rannsóknum á vegum hins opinbera. Hér verður tekið saman flokkanir á laugum og vatni sem gerðar hafa verið, eftir uppbyggingu og eðlisþáttum, efnainnihaldi, áhrif frá mannlegri starfsemi ásamt flokkun á sundlaugum.

Uppbygging og eðlisþættir

Árið 2002 lagði Kolbrún Haraldsdóttir hjá Hollustuvernd ríkisins (nú Umhverfisstofnun) til að flokkun íslenskra lauga yrði eftirfarandi:

- „Náttúrulegar þar sem engin eða fábrotin mannvirki eru á baðstað. Dæmi: Reykjarfjarðarlaug á Ströndum“.
- „Baðstaðir þar sem jarðvarmi er nýttur til baða, sérstök aðstaða er fyrir baðgesti og mannvirki henni tengd. Dæmi: Bláa lónið“.
- „Baðstrendur, vatns- eða sjávarstrendur þar sem aðstaða er fyrir hendi til að stunda böð og mannvirki henni tengd. Dæmi: Nauthólsvík“.

Í rannsókninni „Viðhorf heimamanna til nýtingar á náttúrulegum baðlaugum“ voru skilgreindir fjórir flokkar baðlauga (Bergþóra Aradóttir og Sigurvin B. Sigurjónsson, 2004, bls. 2) :

- „Hreinar náttúrulegar (e. *Pure natural hot springs*): Laugar eða afrennsli hvera, yfirleitt með hitastig á bilinu 28-48°C. Laugar þessar innihalda nægt vatnsmagn til að a.m.k. ein manneskja geti baðað sig, hvort sem það er við uppsprettuna sem myndar poll eða hluti af volgum læk. Þær eru ýmist að öllu leyti frá náttúrunnar hendi eða aðlagðar að mjög litlu leyti af mönnum, t.d. með grjóthleðslum“. Dæmi:

Hveravellir.

- „Náttúrulegar jarðhitalaugar/jarðhitaböð (e. *Natural geothermal bathing springs* eða *natural geothermal baths*): Baðlaugar að nokkru eða alveg gerðar af mönnum. Jarðhitavatnið er óklórað. Yfirleitt smáar ómannaðar sundlaugar eða setker með hitastig á bilinu 30-45°C og einhver aðstaða fyrir gesti. Í þessum laugum getur verið um náttúrulegt sjálfrennsli að ræða úr náttúrulegri uppsprettu (náttúrulegar jarðhitalaugar, e. *natural geothermal bathing springs*) og allt upp í það að jarðhitavatnið er tekið úr borholu og leitt í laugarnar með leiðslum, jafnvel úr jarðhitaveitu (náttúruleg jarðhitaböð, e. *natural geothermal baths*). Undir þennan flokk falla eimböð ef gufan er náttúruleg“. Dæmi: Grettislaug í Skagafirði.
- „Jarðhitaböð (e. *Geothermal pools and spas eða geothermal baths*): Manngerðar baðlaugar þar sem klórað jarðhitavatn er notað til baða. Fullkomin aðstaða er til að taka á móti gestum. Ýmist sundlaugar, busllaugar, setker, nuddker eða vaðlaugar. Hitastig yfirleitt á bilinu 30-45°C. Böðin [voru] starfrækt í samræmi við reglugerð nr. 457/1998 um hollustuhætti á sund- og baðstöðum. Undir þennan flokk falla eimböð ef gufan er mynduð með úðara jafnvel þótt í gufunna sé notað óklórað jarðhitavatn“.
- „Baðstaðir (e. *Pools and spas eða baths*): Sama og jarðhitaböð að öðru leyti en því að laugarnar hafa lokað hringrásarkerfi, þ.e. sama vatnið er notað aftur og aftur og hitað með jarðhitavatni með varmaskiptum eða á annan hátt“.

Í tveimur fyrrnefndu flokkunum falla þær laugar sem í rannsókninni voru kallaðar „náttúrulegar baðlaugar“ en í tveimur síðarnefndu „sundlaugar“.

Efnainnihald

Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. (2000) flokkuðu allt jarðhita- og ölkelduvatn á Íslandi sem til voru efnagreiningar á í gagnagrunni Orkustofnunar, í þeim tilgangi að leggja mat á ákjósanlegt vatn fyrir uppbyggingu heilsutengdrar ferðaþjónustu af einhverju tagi. Það var flokkað samkvæmt flokkunarkerfi þýska heilsuáðsambandsins (Deutscher Bäderkalender) og samkvæmt flokkun sem notuð er fyrir heilsuöð í Japan, þó eilítið aðlagð íslenskum aðstæðum.

Flokkarnir sem vatninu var raðað í voru sjö talsins (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000, bls. 4):

- „Ölkelduvatn: Vatn með yfir 300 mg/l af kolsýru (CO_2 (T)): Helstu svæði sem slíkt vatn finnst á eru á háhitasvæðunum í Torfajökli, Kröflu, Svartsengi og Krísuvík. Á Snæfellsnesi og í Borgarfirði er ölkelduvatn auk tveggja staða í A-Skaftafellssýslu. Einnig finnst slíkt vatn á jarðhitasvæðum í Öxarfirði, á hálendinu inn af Fljótsdal og Jökuldal og á Suðurlandi, m.a. í grennd við Geysissvæðið“.
- „Brennisteinsvetnisríkt vatn: Vatn með yfir 1 mg/l af brennisteinsvetni (H_2S), og a.m.k. baðheitt (~40°C): Helstu lághitasvæði af þessum toga eru Borgarfjörður, Árnassýsla og Kjósarsýsla. Öll háhitasvæði teljast jafnframt til þessa flokks“.

- „Efnaríkt vatn: Vatn með yfir 1000 mg/l af uppleystum efnum (TDS), og a.m.k. baðheitt (~40°C): Allt vatn, sem inniheldur mikið af uppleystum efnum flokkast í þennan flokk, og er þar mest áberandi salt vatn og kolsýruríkt vatn. Einu sýnin sem myndu falla í saltsýnaflokk eru sýni af jarðsjó á Reykjanesi og Svartsengi. Íslensku jarðhitavatni má skipta gróflega í þrjá flokka eftir magni klóríðs (Cl). Það eru sýni, sem innihalda undir 100 mg/l af klóríði, en þar sem magn uppleystra efna er einnig hátt er um að ræða háhita- eða ölkelduvatn með mikið magn rokgjarnra efna. Þetta eru m.a. háhitasvæðin Bjarnarflag, Krafla, Geysir, Torfajökull og Nesjavellir og ölkeldur á Snæfellsnesi. Annars vegar er það hópur sýna með klóríðmagn á bilinu 100 til 1000 mg/l, og er þar yfirleitt um sjómengun að ræða þar sem sjór kemst inn í jarðhitakerfið (Hrísey), eða kerfi sem innihalda gömul sjávarsetlög (Bakki í Ölfusi). Sýni sem innihalda meira en 1000 mg/l af klóríði eru nokkur; Hofstaðir við Stykkishólm, Seltjarnarnes, Húsavíkurhöfði og Miðkot í Þykkvabæ, en þar er einnig um að ræða sjómengun“.
- „Járnríkt vatn: Vatn með yfir 20 mg/l af járni (Fe^(II)), og a.m.k. baðheitt (~40°C): Finnst í sýnum einkum frá Snæfellsnesi, en eitt úr Ölfusi, auk þess sem einn hver á Torfajökulssvæðinu inniheldur járnríkt vatn“.
- „Flúorríkt vatn: Vatn með yfir 2 mg/l af flúor (F), og a.m.k. baðheitt (~40°C): Mikið af laugum og borholum á svæðinu frá Kjósarsýslu yfir í Borgarfjörð eru flúorrík og er það stærsta samfellda svæðið auk Biskupstungnahrepps og nágrennis í Árnassýslu. Svæði í Húnavatnssýslum og Eyjafirði eru einnig áberandi að þessu leyti. Auk þess eru nokkrir staðir á Snæfellsnesi og nágrenni, Vestfjörðum, í N-Múlasýslu, nokkrir í Skaftafellssýslum og Rangárvallasýslu. Þau háhitasvæði sem hér flokkast eru Bjarnarflag, Krafla, Torfajökull, Geysir og Nesjavellir“.
- „Jodíðvatn: Vatn með yfir 1 mg/l af jodí (I)“.
- „Geislavirkt vatn: Vatn með yfir 666 Bq/l af Radoni (Rn)“.

Niðurstaðan sýndi að allmikið er til af vatni sem fellur undir þessa flokkun heilsuvatns. Mest er af efnaríku (söltu) jarðhitavatni, brennisteinsríku og flúoríðríku vatni, og ölkelduvatn finnst á nokkrum stöðum á landinu. Hins vegar er ekkert um jodíðvatn og geislavirkt vatn. Allt háhitavatn fellur undir skilgreininguna efnaríkt jarðhitavatn. Á háhitasvæðum landsins er jafnframt möguleiki á að búa til vatn af mörgum mismunandi gerðum með íblöndun gufu. Þar eru einnig möguleikar á nýtingu jarðhitaútfellinga m.a. kísilútfellinga og vinnslu jarðhitaleirs. Jafnframt er til á Íslandi mikið af fersku jarðhitavatni sem ekki fellur undir neinn ofantaldra flokka og mun það vatn væntanlega henta vel til nota bæði á baðstöðum til afþreyingar og einnig á baðstöðum til afslöppunar og endurhæfingar.

Áhrif frá mannlegri starfsemi

Samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 eru yfirborðsvötn flokkuð í 9. gr. IV. kafla í fimm flokka eftir áhrifum frá mannlegri starfsemi:

- „A. Ósnortið vatn: Engar eða litlar vísbendingar eru um áhrif frá mannlegri starfsemi á lífríki eða á efna- og eðlisfræðilegt umhverfi þess. Lífríki og efna- og

eðlisfræðilegar breytur eru í samræmi við náttúrulegt ástand eða skilgreind bakgrunnsgildi“.

- „B. Lítið snortið vatn: Lítil og ekki skaðleg áhrif eru greinanleg á lífríki og efna- og eðlisfræðilegt umhverfi þess vegna mannlegrar starfsemi. Efna- og eðlisfræðilegar breytur víkja lítillaga frá skilgreindu bakgrunnsgildi, sbr. umhverfismörk í fylgiskjali með reglugerðinni“.
- „C. Nokkuð snortið vatn: Marktæk áhrif eru á lífríki og efna- og eðlisfræðilegt umhverfi þess vegna mannlegrar starfsemi. Lífríki víkur nokkuð frá þeirri gerð sem við mætti búast ef umhverfi væri óraskað. Efna- og eðlisfræðilegar breytur víkja nokkuð frá skilgreindu bakgrunnsgildi, sbr. umhverfismörk í fylgiskjali með reglugerðinni“.
- „D. Verulega snortið vatn: Veruleg og skaðleg áhrif á líffræðileg samfélög og efna- og eðlisfræðilegt umhverfi þeirra vegna mannlegrar starfsemi. Efna- og eðlisfræðilegar breytur víkja verulega frá skilgreindu bakgrunnsgildi, sbr. umhverfismörk í fylgiskjali með reglugerðinni“.
- „E. Ófullnægjandi vatn: Ófullnægjandi ástand vatns utan þynningarsvæða fyrir losun efna frá mengandi starfsemi“.

Þá eru gefin umhverfismörk (I-V) fyrir saurkólibakteríur, málma, næringarefni og lífræn efni.

Sundlaugar

Samkvæmt 3. gr. II. kafla reglugerðar um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 er laugum skipt í þrjár aðalgerðir; *sundlaugar*, *varmalaugar* og *setlaugar*, með tilliti til mismunandi ákvæða um hitastig. Þær eru svo flokkaðar frekar eftir gerð hreinsibúnaðar og miðlun á klór í þrjá flokka:

- „A flokkur: Laugar með opið eða lokað hringrásarkerfi, fullkominn hreinsibúnað, sjálfvirka stjórnun og gát á notkun hleypiefna, klórskömmun og sýrustigi, svo og siritun upplýsinga um klór og sýrustig. Endurnýjun vatns er fyrirfram ákvörðuð og ræðst af rúmmáli, hitastigi og gerð laugar. Laugarvatn er forhitað í laugum með lokuðu hringrásarkerfi áður en því er hleypt út í laugina. Yfirfleytirennur/-ristar skulu vera á a.m.k. tveimur þriðja hluta af ummáli nýrra og endurbyggðra lauga óháð lögun laugar“.
- „B flokkur: Laugar með opið hringrásarkerfi þar sem vatni er dælt í gegnum hreinsibúnað en hitastigi vatnsins er haldið við með því að bæta stöðugt við heitu vatni beint frá veitu eftir kælingu niður í a.m.k. 55°C. Umframvatni sem við það skapast er hleypt beint í útrennsli. Stjórnun klórmagns og sýrustigs er ónákvæm og siritun upplýsinga um klór og sýrustig er ekki til staðar“.
- „C flokkur: Laugar án hreinsibúnaðar. Vatn er tekið beint úr veitu eftir kælingu niður í a.m.k. 55°C og leitt í laug og þaðan í útrennsli. Stýring á klórmagni og sýrustigi er jafnan ekki með sjálfvirkum hætti. Fyrir laugar sem falla í þennan flokk er hægt að sækja um heimild til heilbrigðisnefndar um að nota ekki sóttthreinsiefni.“

Leyfi má veita að undangenginni rannsókn á örveruinnihaldi baðvatnsins. Þegar ekki er notaður klór skal vakín sérstök athygli á því í merkingum laugar“.

Nokkrar sundlaugar á landinu sem í daglegu tali hafa verið kallaðar náttúruleugar falla í „C flokk“, en þær eru þá með undanþágu frá viðkomandi heilbrigðisnefnd.

2.2.1 Upptalning á náttúruleugum

Í töflu 2.1 koma þær náttúruleugar fram sem flokkaðar verða í viðeigandi flokka. Þessi listi er ekki tæmandi, en hverir og laugar á Íslandi eru taldar vera á sjöunda hundrað. Ýmist hefur verið skifað um þessar laugar, og þær rannsakaðar á einn eða annan hátt. Sumar laugar bera fleiri en eitt nafn og eru þau aðgreind með skástriki þar sem við á.

Tafla 2.1 Laugar eftir landshlutum.

Hálendið

1. Hveravellir
2. Borholan í Kerlingafjöllum
3. Laugafell
4. Þórunnarlaug
5. Nautöldulaug/Ólafslaug
6. Landmannalaugar
7. Strútslaug
8. Vonarskarð/Snapadal/Lægðin
9. Hitulaug/Baldurslaug/Volgalaug
10. Laufrandarlaug/Hitulaug ytri
11. Grímsfjall
12. Hveragil
13. Víti
14. Guðlaug
15. Laug í Glúmsstaðarseli

Vesturland

16. Englandshverir
17. Krosslaug/Reykjalaug
18. Brautartunga
19. Snorralaug
20. Landbrotalaug
21. Rauðamelslaug/Sturlungalaug
/Guðmundarlaug
22. Lýsuhólslaug
23. Sigga
24. Stjáni
25. Hörðudalslaug
26. Grafarlaug/Reykjadalslaug
27. Pottur í Hvammsvík

Norðurland

28. Hveraborg/Síká
29. Grettislaug/Reykjalaug/Grettisker
30. Biskupalaug
31. Hörgárdalslaug
32. Hólsgærðislaug
33. Draflastaðir
34. Ostakarið/Kerið á Húsavíkurhöfða
35. Baðlaug við Kaldbak
36. Þeistareykjalaug
37. Stóragjá
38. Grjótagjá
39. Jarðböðin við Mývatn
40. Reykjavellir
41. Vogagjá
42. Presthvammslaug

Austurland

43. Laugarhús
44. Laugarfellslaug
45. Laugarvallalaug

Vestfirðir

46. Laugaland
 47. Vegavinnubaðið
 48. Hellulaug
 49. Krosslaug, Laugarnesi
 50. Mórudalslaug
 51. Brúarpotturinn
 52. Pollurinn
 53. Reykjafjarðarlaug (torflaug)
 54. Reykjafjarðarlaug (steipt laug)
 55. Dynjandislaug
 56. Galtahryggjarlaug/Heydalslaug
 57. Hörgshlíðarlaug
 58. Hörgshlíðarfjall
 59. Keldulaug
 60. Reykjanes
 61. Reykjanes (gamla laugin)
 62. Gjörvidalslaug/Gervidalslaug
 63. Nauteyrarlaug
 64. Nauteyrapottur
 65. Laugarás
 66. Hestvallalaug
 67. Krossneslaug
 68. Hákarlavogur
 69. Gvendarlaug (hlaðinn pottur)
 70. Aðallaugin að Laugarhóli (Klúku)/Gvendarlaug
 71. Drangnes
 72. Djúpadalslaug
 73. Þvottalaug í Hveravík
 74. Þaraböð Sjávarsmiðjunnar
- Suðurland**
75. Seljavallalaug
 76. Þjórsárdalslaug
 77. Hrunalaug
 78. Vígðalaug
 79. Kúalaug
 80. Marteinslaug
 81. Opnur
 82. Klambragil
 83. Rjúpnabrekkur og Varmá
 84. Reykjadalur
- Reykjanes**
85. Skátalaug
 86. Bláa lónið
 87. Nauthólsvík
 88. Kvika
-

2.3 Öryggisatriði baðvatna

Ábyrgð þeirra er byggja og reka baðstaði er mikil og miklu varðar að öryggi gesta sé sem best tryggt á hverjum tíma. Á sundstöðum landsins geta leynst margvíslegar hættur og er það lagaleg skylda eigenda og rekstraraðila þeirra að koma í veg fyrir þær. Á náttúrulegum baðstöðum geta einnig leynst hættur og þar sem engar almennar reglur ná yfir staðina í dag er það siðferðileg skylda rekstraraðila að draga úr þeim sem kostur er. Heilnæmi náttúrulegs baðvatns má ákvarða af því hvort að sýklar séu til staðar í ákveðnu magni í vatninu á ákveðnum tíma. Örverufræðilegt ástand baðvatna er því stór öryggisþáttur þar sem hætta er á sýkingum af völdum ýmissa örvera sem kunna að finnast í vatni (WHO, 2006b). Um örverur í baðvatni vísast nánar í kafla 2.4. Teknar voru saman aðrar hættur baðvatna, t.d. fall í brekku og/eða hálfu, drukknun eða nærdrukknun í vatninu, mænuskaði við dýfingar og húðbruni og blóðþrýstingsfall við miklar hitastigsbreytingar (Umhverfisstofnun, 2009). Einnig voru teknar saman öryggiskröfur sem fram koma í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og í skilyrðum Bláfánans.

2.3.1 Hættur baðvatna

Drukknun og nærdrukknun

Drukknun, sem getur verið skilgreind sem andlát vegna skerðingar á öndun í vatni, er algeng orsök dauða um allan heim (WHO, 2006a). Nærdrukknun er þegar manneskja sem fer í hjarta- og öndunarstopp er endurlífguð og lifir slysið af heilbrigð eða með skemmdir á heila sökum súrefnisskorts. Á árunum 1984-1993 drukknðu eða nærdrukknðu 48 börn á aldrinum 0-14 ára á Íslandi. Þessum slysum hafa fækkað um 55% frá 1994 til dagsins í dag, og er það talið vera vegna nýrra reglna fyrir sund- og baðstaði á þeim tíma. Drukknunum barna hefur fjölgað í öðrum Evrópulöndum á sama tíma (Lýðheilsustöð, 2004). Á Íslandi var drukknun meðan manneskjan var í sundlaug dánarorsök fjögurra manna á árunum 1996-2009, en ein manneskja lést í kjölfar þess að falla í sundlaug á þessum tíma. Á þessum sömu árum létust átta manns af drukknun í vatni eða sjó og átta manns létust í kjölfar þess að falla í ferskt vatn eða sjó (Hagstofa Íslands, e.d.).

Dýpi

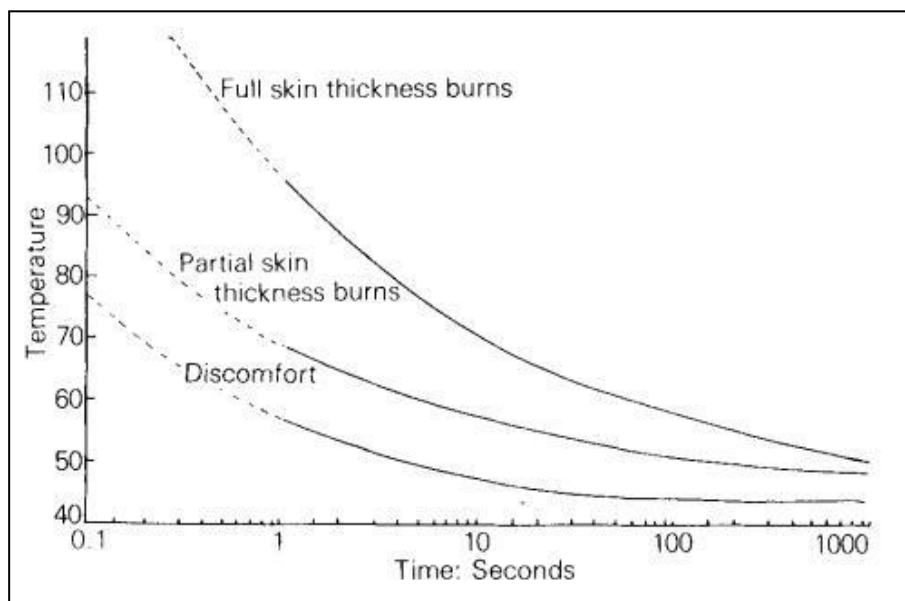
Það er ekki búið að mæla dýpt í öllum náttúrulegum landsins, en ljóst er að náttúrulegar eru misdjúpar, og eru mjög margar af ósnortnu/lítið snortnu laugunum undir 1 metri á dýpt. Það eru helst steiptu sundlaugarnar sem geta verið djúpar (um 2 m), en það getur vatn í gjáum einnig verið (Jón G. Snæland og Þóra Sigurðardóttir, 2009). Drukknun getur átt sér stað víða s.s. í sundlaug, baði, setlaug, ám, lækjum og ekki síst pollum. Ung börn geta hins vegar drukknad á innan við þremur mínútum í aðeins 2-5 cm djúpu vatni. Það getur gerst mjög skyndilega og hljóðlega án hrópa eða busls í vatninu (Lýðheilsustöð, 2004). Dýpt vatns hefur einnig afgerandi áhrif á hæfi þess til að stinga sér út í. Í Bandaríkjunum er áætlað að u.þ.b. 800 manns á ári hljóta mænuskaða af því að stinga sér í vatn. Um 75% slysa á sér stað í náttúrulegu umhverfi (t.d. vötnum, tjörnum og ám) og 25% í sundlaugum. Talið er að 90% þessara slysa verða í vatni sem er grynna en 6 fet (um 1,8 m) (New York State Department of Health, 2008). Á Íslandi hlutu 174 manns mænuskaða á árunum 1973-2006. Bílslys eru langalgengustu orsök mænuskaða hér á landi, eða um 44% en þar á eftir koma föll með um 28%. Dýfingar höfðu orsakað 0,05% slysa (8 slys)

(Vigdís Svava Gísladóttir, 2007). Samkvæmt 12. gr. V. kafla reglugerðar um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 skal vara við dýfingum þegar dýpi lauga er minna en 1,2 m en einnig setja upp merkingar ef laugin er yfir 3,0 m djúp.

Áhrif hita á baðgesti

Náttúrulegar eru misheitar, skráð hitastig getur verið allt frá 18,6 til 80°C (Jón G. Snæland og Þóra Sigurðardóttir, 2009). Fólk er misviðkvæmt fyrir hita, og getur eldra fólk, börn (0-4 ára), hreyfihamlað fólk og veikt fólk verið sérstaklega viðkvæmt (WHO, 2006a). Áhrif þess að baða sig í heitu vatni getur m.a. verið hærri líkamshiti, hærri púls, tíðari öndun og lægri blóðþrýsingur, og eru áhrifin meiri þegar farið er úr kaldari andrúmslofti í heitt vatn (t.d. úr 14°C í 42°C) (Kawahara, Nagata, Niimi, Miwa og Iwase, 2005). Menn verði líka að gæta að því að ef farið er beint eftir sjóbað í heitan pott, geti blóðþrýstingur lækkað skyndilega og menn fengið aðsvif. Dæmi er um það að menn sem fara í sjósund við ylströndina í Nauthólsvík hafa fengið aðsvif þar vegna of mikillar áreynslu á líkamann (Sjósundkappar fá oft aðsvif, 2012, 4. janúar). Sums staðar geta menn einnig orðið fyrir skyndilegri innspýtingu af heitu vatni úr berginu eða leiðslunni úr hvernum ef náttúruleugin er þannig búin, og þ.a.l. brennt sig.

Samkvæmt Hardy, Stolwijk, Hammel og Murgatroyd (1965) getum við fundið fyrir sársauka í húð við hitastig 37-41°C fyrst eftir að í vatn er komið, en getum svo vanist hitanum eftir 2-6 sek. Við hættum að venjast hitanum við 43-46°C. Í rannsókn Lawrence og Bull (1976) fundu rannsóknarþátttakendur fyrir óþægindum við 43°C. Það má því segja að sársaukaþröskuldur okkar í heitu baðvatni liggja á því bili.



Mynd 2.6 Tengsl tíma við hitastig sem veldur óþægindum og bruna á húð (úr Lawrence og Bull, 1976).

2.3.2 Öryggiskröfur

Í janúar 1993 skipaði menntamálaráðherra nefnd til þess að gera tillögur um öryggiskröfur og samræmdar starfsreglur á sundstöðum og við kennslulaugar. Í nefndina voru skipaðir fulltrúar frá Sambandi íslenskra sveitarfélaga, Vinnueftirliti ríkisins, Hollustuvernd ríkisins, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Slysavarnarfélagi Íslands og menntamálaráðuneytinu. Nefndin lauk störfum vorið 1994 og voru reglur gefnar út af menntamálaráðuneytinu og Sambandi íslenskra sveitarfélaga í júní sama ár. Tekið var fram við útgáfu reglnanna að þær skyldu endurskoðaðar fyrir árslok 1997. Við starf sitt að samningu reglnanna hafði nefndin náði samstarf við forstöðumenn fjölmargra sundstaða og fulltrúi þeirra starfaði með nefndinni. Í reglunum var vísað til gildandi reglugerða og laga um öryggi og hollustuhætti. Jafnframt var vísað til öryggismöppu sem starfsmenn allra sundstaða þurftu að hafa aðgang að. Í júlí 1998 gaf Umhverfisstofnun út reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 457/1998, sem sett var með stöð í 4. gr. laga um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998 (Samband íslenskra sveitarfélaga, Vinnueftirlit ríkisins, Hollustuvernd ríkisins, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Slysavarnarfélag Íslands og Menntamálaráðuneytið, 1999).

Reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010

Ný reglugerð fyrir sund- og baðstaði tók í gildi 1. janúar 2011. Á sama tíma féll úr gildi reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 457/1998. Fimmti kafli reglugerðarinnar fjallar um öryggi á sund- og baðstöðum.

Kafllinn sem fjallar sérstaklega um starfsfólk sundlauga kveður á um ýmsa þætti sem tengist skyldur starfsmanna og öryggi baðgesta. Allir sund- og baðstaðir skulu t.d. hafa laugargæslu með fullnægjandi búnað, en laugar í einkaeigu með takmarkaðan aðgang, svo sem laugar í eigu félagasamtaka sem aðeins félagsmenn hafa aðgang að, eru undanþegnar ákvæði um stöðuga laugargæslu. Starfsmenn sem sinna laugargæslu, sundkennarar og sundþjálfarar eiga að hafa náð 18 ára aldri og árlega standast hæfnispróf. Eiganda sund- og baðstaðarins er skylt að sjá til þess að starfsfólk fái starfsþjálfun á hverju ári, þ.m.t. þjálfun í sérhæfðri skyndihjálpar sem sérstaklega er ætluð sund- og baðstöðum og fræðslu um hreinlæti og hollustuhætti. Þeir starfsmenn sem vinna við meðferð tækja, þar með talin mælitæki, búnað og efni vegna hreinsunar baðvatnsins eiga að fá viðeigandi þjálfun í meðferð þeirra á hverju ári. Einnig þarf að vera til staðar neyðaráætlun, viðbragðsáætlun og öryggisreglur ásamt viðurkenndum búnaði til skyndihjálpar, ásamt því að haldin skal skrá yfir slys sem verða í eða við laugar sem á að vera aðgengileg fyrir viðkomandi heilbrigðiseftirlit.

Þegar fjallað er um eðlisþætti sundlauga kemur fram að í þeim laugum sem hafa sjálfvirka skömmtun á klór skal laugarvörður hafa stöðuga yfirsýn yfir klór, hita- og sýrustig. Vatnshiti í sturtum og handlaugum á ekki að vera hærra en 43°C og innstreymi í laugar á ekki að vera heitara en 55°C. Það á að vera tryggt með sjálfvirkum hitastýrðum blöndunartækjum og segulloka eða öðrum sambærilegum búnaði. Hitastig vatns í laug má ekki fara yfir 44°C. Búnaður með yfirhitavara fyrir of heitt vatn þarf þá að vera til staðar.

Ýmsar greinilegar merkingar þurfa að vera til staðar, s.s. hitastig í setlaugum ásamt öðrum þáttum varðandi öryggi og slyshættu (þegar dýpi lauga er minna en 1,2 m eða yfir 3,0 m, hættu við dýfingar, hálku á laugarbökkum o.fl. sem við á).

Greint er frá því að á sund- og baðstöðum skulu vera til láns eða leigu armkútar eða sundjakkar sem hæfa notendum og sundhettur, armbönd eða sambærileg auðkenni fyrir börn (CE merkt). Börnum yngri en 10 ára er óheimill aðgangur að sund- og baðstöðum nema í fylgd með syndum einstaklingi 15 ára eða eldri. Viðkomandi má þá ekki hafa fleiri en tvö börn með sér, nema um sé að ræða foreldri eða forráðamann barna. Þar sem hópar barna undir 10 ára aldri eru samankomnir mega ekki fleiri en 15 börn vera í umsjá hvers leiðbeinanda, sem er ábyrgur fyrir hópnum, og gæslumanna lauga. Aldurinn hefur verið hækkaður frá því í fyrri reglugerð, en þá voru börnum yngri en 8 ára óheimilaður aðgangur að sundstað nema í fylgd með syndum einstaklingi, 14 ára eða eldri.

Bláfáninn

Bláfáninn er alþjóðlegt umhverfismerki sem er rekið af Foundation for Environmental Education (FEE) í 46 löndum. Bláfáninn var stofnaður í Frakklandi árið 1985 og var fyrst kynntur til leiks á Íslandi árið 2003 þegar Stykkishólsmhöfn dró hann að húni. Á Íslandi eru það frjálstu félagasamtökin Landvernd sem fer með umsjón hans.

Baðstrendur og smábátahafnir geta sótt um Bláfánann, og kröfurnar sem gerðar eru til þeirra til þess að fá fánann koma frá FEE. Ákveðin nefnd ákveður á hverju ári hvaða hafnir og strendur fá fánann, og ef þær uppfylla ekki kröfurnar að ári liðnu missa þær hann.

Á Bláfánaströnd þarf að vera nægilegur fjöldi öryggisvarða með viðurkennd réttindi og/eða fullnægjandi öryggisbúnaður til staðar (aðgengilegur björgunarbúnaður með leiðbeiningum og upplýsingar um hvar næsta síma má finna). Fyrsta hjálp verður einnig að vera aðgengileg. Vöktunarsvæðið skal vera afmarkað með korti eða fánum og merkingum. Til staðar skal vera kerfi sem varar við hættu þegar við á (t.d. fánar í ýmsum litum) og útskýringar á því. Einnig þarf að vera til staðar áhættumat/greining og viðbragðsáætlun fyrir ströndina.

Sveitarfélagið sem ströndin tilheyrir skal vera aðili að opinberri viðbragðsáætlun sem hönnuð er til að takast á við mengunarslys. Þar skal gera ráð fyrir hreinsunaraðgerðum, skilgreina hlutverk starfsfólks og tryggja að almenningur fái upplýsingar um mengunarslys. Björgunaræfing skal haldin á hverju ári.

Koma skal í veg fyrir hagsmunaátök á milli notenda strandarinnar (t.d. sjóípróttafólks og sundmanna) og vernda nærliggjandi náttúruleg svæði. Svæðið þarf að vera afmarkað, og ef viðkvæm náttúrufyrirbæri eru á því skulu þau njóta verndar.

Tryggja þarf öryggi notenda strandarinnar með viðeigandi aðbúnaði og aðstöðu (t.d. stigar úr timbri, tröppur, pallar og göngustígar). Að minnsta kosti ein af Bláfánaströndum viðkomandi sveitarfélags skal bjóða upp á aðgengi og aðstöðu fyrir fatlaða, þ.e. við aðkomu, gönguleiðir og salernisaðstaða. Hreint drykkjarvatn þarf að vera á staðnum, og a.m.k. ein vatnsuppspretta, sem varin er fyrir dýrum (FEE Norway, 2011; Landvernd, e.d.b).

2.4 Örverur og sníkjudýr í baðvatni

Mikill fjölbreytileiki örvera má finna í sundlaugum og öðrum vötnum sem eru notuð til útivistar og afþreyingar, sem komast þangað á ýmsan hátt. Sjúkdómar, sumir mjög alvarlegir, geta borist með baðvatni ef ekki er hugsað nægjanlega vel um sóttþreinsun baðvatnsins. Í mörgum tilvikum hefur sýkingarhætta verið tengd við saurmengun vatnsins. Saurmengunin getur komið úr saur baðgesta, úr vatnsuppsprettunni sjálfri eða úr dýrasaur (t.d. fugla og smádýra). Líkamsvessar aðrir en saur (t.d. uppköst, slím, munnvatn) og húðflögur eru einnig hugsanlegar uppsprettur sjúkdómsvaldandi baktería. Það eru því skiptar skoðanir á því hver sé besta leiðin til að meta heilnæmi baðvatns, og hvaða bakteríur megi nota sem bendibakteríur. Sumir rannsóknarmenn leggja áherslu á að örverufræðileg gæði sundlaugarvatns sé best metin með tilliti til saurbaktería (saurkólínbaktería og saurkokka), sem gefa til kynna ákveðið hreinlætisástand (Martins, Sato, Alves, Stoppe, Prado og Sanchez, 1995). Þessar örverur eru yfirleitt ekki sjúkdómsvaldandi heldur bendir tilvist þeirra til þess að það gætu verið aðrar sjúkdómsvaldandi bakteríur í vatninu sem dreifast með saur. Ef saurkólínbakteríur eru til staðar í miklu magni er meiri hætta á að það séu sýklar í vatninu sem fólk getur veikst af ef það kyngir vatninu. Hættan á sýkingu tengist samt sem áður einnig örverum frá húð, slímhúð, augum, eyrum, þvagfærum og efri öndunarvegi baðgesta (Niewolak og Opieka, 2000). Það er því alveg ljóst að gott sé að greina bæði bakteríur sem koma frá saur og bakteríur sem eru ekki úr saur. Hafa ber þó í huga að ekki stafa öll sjúkdómstilfelli af bakteríum úr baðvatninu sjálfu, sýkingar geta komið fram af völdum náttúrulegrar flóru líkamans sem nýta sér minnkun mótstöðuafls líkamans við böðun og kælingu, s.k. tækifærissýklar (Leoni, Legnani, Sabbatini og Right, 2001).

Dreifing sýkla á baðstöðum getur farið fram með beinni snertingu (á húð og í gegnum sprungur og smásár í húð), úr loftinu í gegnum öndunarfæri eða beint úr vatninu í meltingarfæri í gegnum munn. Rannsóknir hafa sýnt að í meðalsundferð (81 mín) gleypa börn að meðaltali 0,63 ml/mín af sundlaugarvatni, fullorðnir karlmenn 0,50 ml/mín og konur 0,34 ml/mín (Schets, Schijven og de Roda Husman, 2011).

Tafla 2.2 greinir frá því hvernig sýkingar hafa verið að greinast í tengslum við böð á útivistarsvæðum í Bandaríkjunum á árunum 1989-2000. Að meðaltali eru það um 13 sýkingar á ári sem eru skráðar og um helmingur þeirra er sýking í meltingarfærum sem veldur niðurgangi. Einnig eru þó sýkingar í húð, öndunarfærum o.fl. þekktar (Madigan og Martinko, 2006). Það má þó áætla að flest tilfelli sýkinga í tengslum við náttúruböð séu ekki skráð.

Tafla 2.2 Sýkingar vegna böðunar á útivistarsvæðum í Bandaríkjunum á árunum 1989-2000 (Madigan og Martinko, 2006).

Sýking	Fjöldi tilfella	Hlutfall
Iðrabólga/niðurgangur ¹	74	46,8%
Húðsýking ²	50	31,6%
Heilabólga ³	22	13,9%
Annað ⁴	12	7,6%

¹Flest tilfelli voru af völdum *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli* og Nóróveiru.

²Flest tilfelli voru af völdum *Pseudomonas aeruginosa*.

³Af völdum amöbunnar *Naegleria fowleri*.

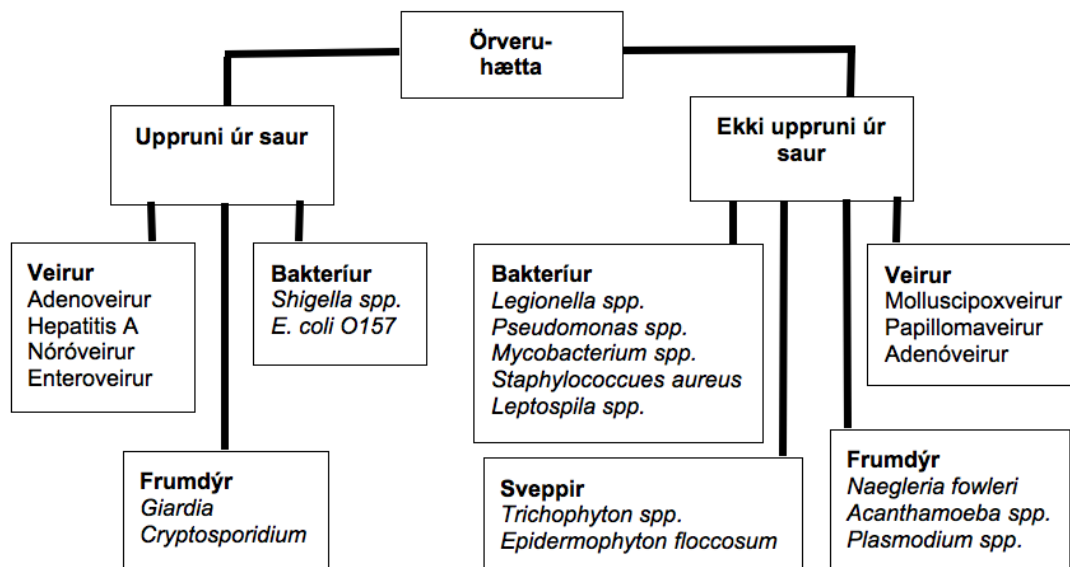
⁴Aðrir sjúkdómar, m. a. leptóspírósis af völdum *Leptospira interrogans*, hermannaþveiki af völdum *Legionella* og bráða-öndunarsýkingar af óþekktum völdum.

Rannsóknir sem hafa verið gerðar á baðvatni skiptist allajafna í rannsóknir á:

- Sundlaugarvatni (hreinsað með klór, 27-29°C)
- Náttúrulegu vatni (til útivista, t.d. baðstrendur og stöðuvötn, óhreinsað, 15-25°C)
- Náttúrulegu jarðhitavatni (óhreinsað, 25-70°C)

2.4.1 Sundlaugarvatn

Margar rannsóknir hafa verið gerðar erlendis til að meta gæði sundlaugarvatns með tilliti til örvera, enda er víða strangari kröfur gerðar til sundstaða í rekstri heldur en til þeirra sem eru „náttúrulegar“ og án rekstraraðila. Meðal sjúkdómsvaldandi baktería sem greinst hafa í sundlaugarvatni víðs vegar um heiminn eru *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila*, *Legionella* spp., *Leuconostoc* spp., *Chryseobacterium indologenes*, *Ochrobactrum anthropi*, *Enterobacter cloacae* og *Klebsiella pneumoniae* (Leoni, Legnani, Guberti og Masotti, 1999; Leoni o.fl., 2001; Papadopoulou, Economou, Sakkas, Gousia, Giannakopoulos, Dontorou, Filioussis, Gessouli, Karanis og Leveidiotou, 2008; Martins o.fl., 1995). Þessar bakteríur eru fyrst og fremst hættulegar fólki með skert ónæmi. Alþjóðaheilbrigðisstofnunin hefur listað upp dæmi um örverur sem má finna í sundlaugarvatni (sjá mynd 2.7).



Mynd 2.7 Örverur sem geta fundist í sundlaugarvatni (WHO, 2006b).

Veirur geta einnig smitast í baðvatni og í sundlaugarumhverfi, t.d. Hepatitis A, verruca, echo-, adeno-, noro- og astroveirur, og þekktar eru hópsýkingar af völdum þeirra í sundlaugum (Mahoney, Farley, Kelso, Wilson, Horan og McFarland, 1992; Gentles og Evans, 1973; Faustini, Fano, Muscillo, Zaniratti, La Rosa, Tribuzi og Perucci, 2006; Papapetropoulou og Vantarakis, 1998; Maunula, Kalso, Bonsdorff og Pönkä, 2004). Fótsveppur (l. *tinea pedis*) af völdum *Trichophyton*-tegunda getur einnig smitast í sundlaugum (Gentles og Evans, 1973) ásamt *Candida*-sveppategundum (Papadopoulou o.fl., 2008).

Oftast er marktæk neikvæð fylgni á milli klórs í sundlaugunum og magns örvera, sem bendir til þess að klór er góður rekstrarvísir þegar kemur að gæðastjórnun sundlaugarvatns (Martins o.fl., 1995), en þó getur *Pseudomonas aeruginosa* lifað í sundlaugum og heitum pottum þar sem styrkur frís klórs er jafnvel vel yfir viðmiðunarmörkum (2-5 mg/l) (Lutz og Lee, 2011). Til að mynda hefur fjölbreytt örveruflóra greinst í örveruþekjum sundlauga á Reykjavíkursvæðinu (Viggó Þór Marteinnsson, Mátis, samtal, 21. febrúar 2012). Það hefur einnig verið lengi þekkt að klórstyrkur sem drepur kólíabakteríur drepur einnig *Salmonellu* og *Shigellu*, en ekki *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus salivarius* og margar veirur (Favero, Drake og Randall, 1964).

Í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 er ætlast til þess að mælt sé heildarbakteríufjöldi við 37°C, saurkólíabakteríur og *Pseudomonas aeruginosa* til að meta gæði baðvatnsins, og styrkur klórs ákvarðast af flokki sundlaugar (A, B eða C). Í eftirlitsverkefni Umhverfisstofnunar og Heilbrigðiseftirlita sveitarfélaganna á sundlaugum frá árinu 2009 voru örverusýni skoðuð frá níu heilbrigðissvæðum. Heildarbakteríufjöldi við 37°C var mældur (til að fá vísbendingu um mengun af völdum sjúkdómsvaldandi örvera) ásamt *Pseudomonas aeruginosa* í u.þ.b. helming sýnanna. Niðurstöðurnar sýndu greinilegan mun á heilnæmi vatns eftir flokki lauga. Vatn í laugum í A flokki var heilnæmast (10% sýna >1000 cfu/100 ml), en þar er til staðar fullkominn hreinsibúnaður og sjálfvirk stjórn á klór og sýrustigi. Vatn í laugum í B flokki var nokkuð lakara (19%

sýna >1000 cfu/100 ml). Þar er klór- og sýrustigsstjórnun ónákvæmari en í laugum í A flokki. Vatn í laugum í C flokki var lakast (33% sýna >1000 cfu/100 ml), enda er þar ekki hreinsikerfi og stýring á klórmagni og sýrustigi lítil og ónákvæm. Þar er oftast um stöðugt gegnumrennsli vatns að ræða. Tilgangurinn með mælingu á *P. aeruginosa* var að skoða hvort þessi baktería næði að fjölga sér í sundlaugum þrátt fyrir að klórstyrkur vatnsins væri ofan við neðri mörk í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010. Í sjö sýnum þar sem klórstyrkur mældist 0,5 ppm eða hærrí náði *P. aeruginosa* að vaxa, en 0,5 ppm er lágmarks klórstyrkur í sundlaugavatni (27-29°C) samkvæmt II. viðauka reglugerðarinnar. Talið var þó erfitt að draga miklar ályktanir af þessu þar sem um fá sýni voru að ræða. Í miklum fjölda sýna úr laugum í A flokki var frír klór ekki í samræmi við reglugerð þó þar væri sjálfvirk klór-og sýrustigsstjórnun. Sýrustig vatnsins skiptir miklu máli því virkni klórs til að drepa örverur er mest við sýrustig á bilinu pH 7,2-7,6. Það er því mikilvægt að halda sýrustiginu á þessu bili. Leyfileg mörk fyrir sýrustig í reglugerð er pH 7,0-7,8 fyrir laugar í A flokki (Umhverfisstofnun, 2009).

Eitt dæmi er þekkt hér á landi um hóp-sýkingu sem talin var tengjast sundstað. Var sú sýking af völdum *P. aeruginosa* sem olli eyrnabólgu í börnum. Yfirleitt er þó talið að einungis 10% þess háttar sýkinga séu skráðar (Umhverfisstofnun, 2009).

2.4.2 Náttúrulegt vatn

Baðstrendur hafa verið mikið vaktáðar með tilliti til sýkla á síðustu árum, en sýni voru tekin á um 14.700 baðströndum í Evrópu sumarið 2010 (European Environment Agency, 2011). Þar sem tilskipun 2006/7/EC um gæði baðvatns hefur verið innleidd er gerð krafa um að *Escherichia coli* og saurkokkar séu mældir reglulega. Sumir hafa þó gengið skrefinu lengra og skimað fyrir *Staphylococcus aureus* og *Pseudomonas aeruginosa* á baðströndum (Prieto, Lopez, Juanes, Revilla, Llorca og Delgado-Rodríguez, 2001) ásamt *Candida albicans*, *Salmonella* spp. (Efstratiou og Tsirtsis, 2009) og *Clostridium perfringens* (Garrido-Pérez, Anfusó, Acevedo og Perales-Vargas-Machuca, 2008). Áhyggjur af sýkingum vegna saurmengunar á baðströndum í Evrópu stafar fyrst og fremst af mengun frá skólpleiðslum út í sjó eða í nærliggjandi ám (WHO, 2006a). Sams konar sýni og á baðströndum voru tekin úr um 6.300 náttúrulegum vötnum inn til landsins í Evrópu sumarið 2010 (European Environment Agency, 2011). Þá eru bendibakteríurnar *Escherichia coli* og saurkokkar einnig notaðar.

Aðrar rannsóknir á vötnum inn til landsins, t.d. víða í Evrópu, hafa helst verið á sviði fiska- og vatnalíffræði frekar en að beinast að sýkingum í mönnum sem baða sig í þeim. Mun færri rannsóknir hafa verið gerðar á örverusamsetningu náttúrulegra baðvatna með jarðhitavatni eins og við höfum hér á landi, enda eru þess konar heitar laugar ekki á hverju strái. Þegar ákveðinn fjöldi manna hefur baðað sig í náttúrulegum er ljóst að fjöldi sýkla er mun meiri í þeim heldur en í sundlaugum, vegna þess að enginn hreinsunarbúnaður (klór) er til staðar. Þessi fjöldi ætti svo að aukast enn frekar eftir því hversu margir baða sig í einu. Í Japan og Taívan eru til s.k. „heilsubaðstaðir“ (e. *hot spring recreation areas*) en þar hefur *Legionella* verið greind nokkuð og þá sérstaklega *Legionella pneumophila* sem veldur lungnasýkingu (Hsu, Chen, Wan og Cheng, 2006; Huang, Hsu, Wu, Fan, Shih, Lin og Ji, 2010; Kuroki, Ishihara, Ito og Kura, 2009). Þetta eru þó aðallega vandamál í tilbúnum heitum pottum, sundlaugum og heilsulindum (e. *spa*) sem hafa hringrásarkerfi. Mohamed (2008) greindi blágræna þörungur (cyanobakteríur) í náttúrulegum heitum laugum sem almenningur baðar sig í í Saudi Arabíu. Margar tegundir blágræna þörungur

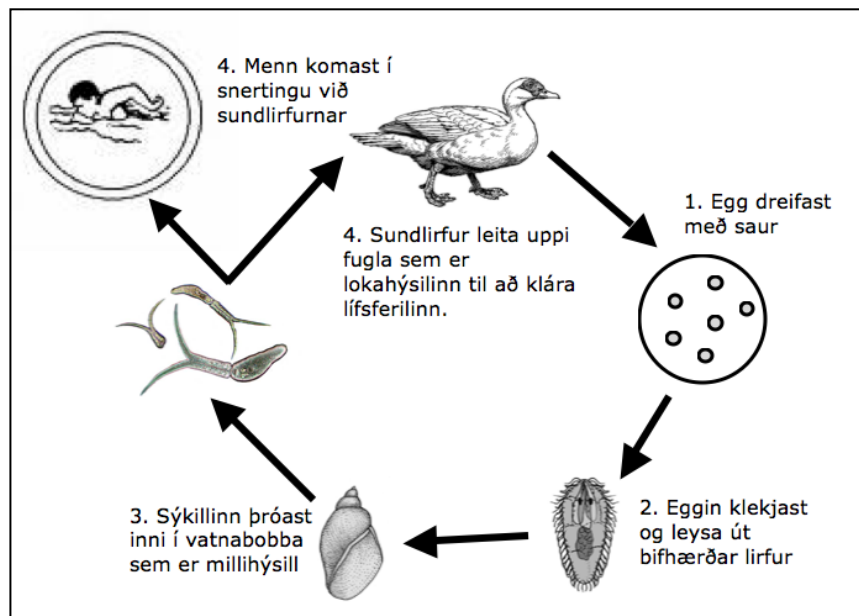
framleiða eitur og eru þeir flokkaðir eftir því. Áhrifin geta verið allt frá ofnæmisviðbrögðum til lifrabilunar. Eftir þá rannsókn var lagt til að blágrænir þörungar yrðu mældir og greindir í heitum laugum í öllum löndum, þar sem þeir þrífast vel í heitum vötnum þar sem pH er hærra en 6 og hitastig lægri en 72°C.

Ýmis konar vatnaumhverfi er einnig þekkt fyrir það að vera hentug heimkynni fyrir amöbur (e. *pathogenic free-living amoebae*) um allan heim, og sýkjandi amöbur hafa verið staðfestar bæði í útisundlaugum (Górník og Kuźna-Grygiel, 2004) og náttúrulegum heitum laugum (Lekkla, Sutthikornchai, Bovornkitti og Sukthana, 2005).

Sundmannakláði í Landmannalaugum

Vitað er að sundlaugargestir í Landmannalaugum fengu sundmannakláða af völdum sundlirfa fuglasníkjudyra af ættinni *Schistosomatidae* á árunum 2003-2010 (Karl Skírnisson og Kolářová, 2005; Karl Skírnisson, 2010).

Fuglablökkjur eru sníkjudýr sem tilheyra flatormum (Digenea). Þau hafa flókinn lífsferil. Á fullorðinsstigi lifa blökkjur inni í bláæðum eða í nærliggjandi vefjum fugla, annaðhvort við aftasta hluta meltingarvegar (iðraögður) eða í nefholi (nasaögður). Í lífsferlinum eru tvö skammlíf en vel hreyfanleg lirfustig. Annað er bifhærð lirfa (*miracidia*) sem leitar uppi vatnasnigil sem er millihýsill í lífsferlinum. Eftir að hafa borað sig inn í hann umbreytist hún í móðurgróhirslu sem framleiðir mikinn fjölda af dótturgróhirslum. Í þeim verða sundlirfurnar (*cercariae*) til, hitt hreyfanlega stigið. Þær geta synt um í vatni í einn til tvo daga og hafa það hlutverk að leita uppi fuglinn, sem er lokahýsill viðkomandi tegundar, rjúfa sér leið inn í hann og umbreytast í ormlaga flökkustig (*schistosomulae*) sem þroskast á nokkrum vikum í kynþroska blökkju (Karl Skírnisson, 2010, bls. 125).



Mynd 2.8 Lífsferill fuglablökkjunnar.

Þegar að sundlirfustig blóðöggðunnar losnar úr millihýslinum gerir það ekki greinarmun á húð fugla og spendýra og fer inn í bæði (Horák og Kolářová, 2001). Í fuglum þroskast lirfan eðlilega, en þroskatími ormlaga flökkustigsins í fuglum tekur oftast tvær til þrjár vikur. Ormar iðrablóðagða berast á áfangastað eftir blóðrás en ormar nasablóðagða ferðast frá sýkingarstaðnum, oftast fótum, eftir taugum fuglsins. Fyrst ferðast þær eftir úttaugum í átt að mænunni (2.-15. dag eftir sýkingu), síðan eftir henni upp í heila og að lokum fara þær þvert í gegnum heilann á leið sinni til nefholsins (12.-18. dag eftir sýkingu). Á þessari leið éta lirfurnar taugavefinn, stækka og þroskast, og hýsillinn verður fyrir taugaskemmdum (Hráðková og Horák, 2002). Í mönnum nær ónæmiskerfi líkamans oft að stöðva innrás lirfanna og drepa hana, og þá myndast kláðabóla (sundmannakláði). Þegar engin útbrot myndast hefur ónæmiskerfinu ekki tekist að stöðva lirfurnar sem náðu að breyta sér í flökkustigið, sem þó þroskast óeðlilega í spendýrum og drepast oftast innan fárra klukkustunda eða daga (Horák og Kolářová, 2001; Blažová og Horák, 2005).

Lirfur fuglablóðagða fundust í fyrsta sinn á Íslandi árið 1997. Þær voru þá í miklum mæli í vatni tjarnar í Fjölskyldu- og húsdýragarðinum í Reykjavík. Læknir greindi þá kláðabólur á fótum barna sem höfðu vaðað í tjörninni það sumar (Karl Skírnisson og Kolářová, 2002).

Sumarið 2003 kom stök stökkandarkolla upp fimm ungunum við baðstaðinn á Landmannalaugum (Laugalæknum) sem voru skotnir í rannsóknarskyni. Allir þessir ungar voru með nasaögðuna, svo smitið magnaðist upp í vatnasniglunum þannig að mjög mikil aukning varð á fjölda sundlirfa í vatninu þegar kom fram í ágúst. Fyrstu upplýsingar um sundmannakláða í Landmannalaugum bárust frá foreldrum barna sem höfðu baðað sig í Laugalæknum í ágúst 2003. Fjöldi manns fengu einkenni það sumar. Vorið 2004 verptu líklega tvær kollur í Landmannalaugum og voru með samtals níu unga þar. Þrír ungar úr einum hópi og tveir úr öðrum voru felldir í rannsóknarskyni það ár, en talið er að um helmingur baðgesta fengu einkenni árið 2004 (Karl Skírnisson og Kolářová, 2005). Lítið var svo fylgst með sundmannakláða í Landmannalaugum á árunum 2005-2009 (Karl Skírnisson, Háskóli Íslands, samtal, 16. september 2011).

Sumarið 2009 ólu svo tvær stökkendur upp unga við baðstaðinn. Þessir ungar voru felldir og sendir til rannsókna að Keldum. Allir reyndust vera með gífurlegt nasaögðusmit auk annarra sýkinga sem ollu því að þeir voru mjög veikir (Karl Skírnisson, 2010). Ákveðið var að fella kollur í nánd við Laugalækinn í Landmannalaugum og koma þannig í veg fyrir að ungar yrðu aldir þar upp sumarið 2010. Engir ungar né fullorðnir fuglar voru því á Laugalæknum frá því í byrjun júlí 2010. Árangurinn varð ótvíræður; kláðatilvikum sem landverðir fregnuðu um fór strax fækkandi þegar leið á júlí og þeir sem fengu útbrot voru einungis með fáar bólur. Frá miðjum ágúst fram í lok október 2010 (tímann sem sundmannakláðinn hefur valdið hvað mestum usla á liðnum árum), var einungis vitað um eitt tilvik sundmannakláða í Landmannalaugum (Karl Skírnisson, Háskóli Íslands, samtal, 16. september 2011).

Leitað hefur verið að sundlirfum fuglablóðagða í vatnabobbanum *Radix peregra* í 17 vötnum eða tjörnum á Íslandi á árunum 1997–2007. Þær hafa fundist í níu þeirra; Fjölskyldugarðinum í Reykjavík, Reykjavíkurtjörn, Sýkinu neðan Deildartungu (Borgarfirði), Hrísatjörn við Dalvík, Mývatni, Víkingavatni (Kelduhverfi), Óslandstjörn (Hornafirði), Landmannalaugum og Botnsvatni við Húsavík (Karl Skírnisson, 2010).

Eina leiðin til þess að hindra það að þúsundir baðgesta í Landmannalaugum verði fyrir lírfum fuglابلóðagða er að fella kollur á svæðinu og hindra það að þær nái að ala upp unga þar (Karl Skírnisson, Háskóli Íslands, samtal, 16. september 2011). Gildir það sjálfsagt um aðra baðstaði þar sem stökkendur hafa búsetu.

Rannsóknir á sundmannakláða eru viðamestu rannsóknirnar sem hafa verið gerðar hér á landi á sníkjudýrum í náttúrulegu baðvatni og hýslum þeirra. Það er því ljóst að tiltölulega lítið er vitað í dag um heilnæmi náttúrulega og hvort að annars konar sýklar séu að herja á baðgesti þeirra.

Hitakærar bakteríur

Á Íslandi hefur verið unnið að rannsóknum á lífríki hvera á Íslandi, hitakærum bakteríum og ensímum þeirra allt frá árinu 1980 og mikil sérfræðipækking hefur byggst upp á sviði hveralíffræði (Jakob K. Kristjánsson og Guðni Á. Alfreðsson, 1986). Dæmi um svæði sem hafa verið rannsökuð á Íslandi eru Hengilssvæðið, Torfajökulssvæðið, Krísuvík, Krafla/Námajall, Vonarskarð, Þeistareykir og Gjástykki (Sólveig K. Pétursdóttir, Snædís H. Björnsdóttir, Guðmundur Óli Hreggviðsson og Sólveig Ólafsdóttir, 2010). Rannsóknir á hverum tvo síðastliðna áratugi, hafa leitt í ljós að hverir Íslands hafa að geyma fjölbreytt samfélög hitakærra örvera (Viggó Þór Marteinsson, Sigurbjörg Hauksdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Jakob K. Kristjánsson, 2001). Jarðhitavatnið á háhitasvæðum er eins og gefur að skilja of heitt til böðunar (65-121°C) nema því sé leitt í laug og kælt með kaldari vatni, t.d. úr á. Örverur sem þrífast við svona háan hita geta ekki lifað við líkamshita manna, og eru því ekki hættulegar (Stetter, Jakob Kristjánsson og Aguilar, 1992, 30. ágúst).

2.4.3 Örverufræðilegar kröfur og umhverfismörk

Engin lög eða reglugerð liggur fyrir hér á landi sem fjallar beint um fyrirbærið „náttúrulegar“ og örverufræðilegar kröfur til þeirra. Liggur því beinast við að flokka náttúrulegarnar til „yfirborðsvatna til útivistar“ en fyrir þau gilda reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999. Um sundlaugar í rekstri gilda reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010. Hér verða tekin saman þau örverufræðilegu mörk sem gefin eru í þeim reglugerðum, ásamt mörk tilskipunarinnar um gæði baðvatns og Bláfánans.

Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999

Reglugerðin gildir um varnir gegn mengun vatns, flokkun vatns, gæðamarkmið og umhverfismörk fyrir vatn. Einnig gildir hún um losunarmörk vegna losunar ýmissa hættulegra og óæskilegra efna og efnasambanda í vatn. Reglugerðin tekur til hvers konar atvinnurekstrar hér á landi og í mengunarlögsögunni og athafna einstaklinga eftir því sem við á. Markmið reglugerðarinnar er að koma í veg fyrir og draga úr mengun vatns og umhverfis þess af mannavöldum. Einnig er það markmið að takmarka afleiðingar mengunar sem þegar hefur orðið á vatni og að flokkun vatns lúti tilteknum reglum, ásamt því að stuðla að almennri verndun vatns.

Í fylgiskjali reglugerðarinnar kemur fram umhverfismörk fyrir:

- Örverumengun í yfirborðsvatni vegna útivistar
- Málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki

- Málma í sjávarseti hér við land
- Næringarefni og lífræn efni í vatni til verndar lífríki

Einnig eru viðaukar með listum yfir flokka efna og efnasambanda, losunarmörk og gæðamarkmið vegna losunar efna ásamt sérákvæðum um ýmis eiturefni.

Tafla 2.3 Umhverfismörk fyrir saurkólínbakteríur eða saurkokka í yfirborðsvatni vegna útvistar.

Umhverfismörk	I	II	III	IV	V
Tegund/fjöldi per 100 ml					
Saurkólínbakteríur eða saurkokkar	<14 ^(*)	14-100	100-200	200-1000	>1000

^(*) Saurbakteríur mega í 10% tilvika fara upp í 43/100 ml

Umhverfismörk I: Mjög lítil eða engin saurmengun.

Umhverfismörk II: Lítil saurmengun.

Umhverfismörk III: Nokkur saurmengun.

Umhverfismörk IV: Mikil saurmengun.

Umhverfismörk V: Ófullnægjandi ástand vatns/þynningarsvæði.

Reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010

Reglugerðin gildir um búnað, hreinlæti og þrif á sund- og baðstöðum og í nánasta umhverfi þeirra, hreinsun og sótthreinsun baðvatns, aðbúnað gesta, öryggi og mengunarvarnir. Ákvæði reglugerðarinnar gilda um alla sund- og baðstaði sem almenningur hefur aðgang að. Reglugerðin gildir einnig um baðstofur og setlaugar sem reknar eru í tengslum við annan atvinnurekstur sem er eftirlitsskyldur samkvæmt lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998. *Reglugerðin gildir ekki um sjóböð og náttúruleugar.* Heilbrigðisnefnd á hverjum stað undir yfirumsjón Umhverfisstofnunar hefur eftirlit með því að farið sé að ákvæðum reglugerðarinnar. Undanskilin ákvæðum reglugerðarinnar eru sundlaugar og setlaugar við eða í heimahúsum og frístundahúsum, sem eingöngu eru ætlaðar til einkanota.

Eins og segir í kafla 2.2. er laugum skipt í þrjár aðalgerðir samkvæmt reglugerðinni; *sundlaugar, varmalaugar og setlaugar*, með tilliti til mismunandi ákvæða um hitastig. Þær eru svo flokkaðar frekar eftir gerð hreinsibúnaðar og miðlun á klór í þrjá flokka, A, B og C.

Sund- og baðstaðir þurfa að hafa starfsleyfi viðkomandi heilbrigðisnefndar og þar á að vera gerð krafa um innra eftirlit. Í innra eftirliti á að skrá, eftir því sem við á, frían og bundinn klór, sýrustig, niðurstöður örveru- og efnamælinga, hitastig vatns í laugum, bakskolun, tæmingu og hreinsun lauga. Einnig á að skrá efnanotkun, endurstillingar á mælitækjum og aðrar viðhaldsaðgerðir. Sérstakir kaflar í reglugerðinni fjalla svo um húsakynni, öryggismál og heilnæmi baðvatnsins. Í viðaukum eru kröfur um afkastagetu og hreinsun lauga, hæfnispróf starfsmanna sem sinna laugargæslu, vatnsrennibrautir og önnur leiktæki ásamt gæðakröfur um örveruinnihald í laugavatni. Fyrir laugar sem falla í C flokk er hægt að sækja um heimild til heilbrigðisnefndar um að nota ekki sótthreinsiefni. Leyfi má veita að undangenginni rannsókn á örveruinnihaldi baðvatnsins sbr. I. viðauka reglugerðarinnar. Þegar ekki er notaður klór þarf að vekja sérstaka athygli á því í merkingum laugar. Taka

skal þá 10 sýni úr hverri laug meðan þær eru í rekstri, tvö sýni í senn á mismunandi stöðum úr laug. Sýnin eru rannsökuð hvert um sig og þurfa að standast gæðakröfur í töflu 2.4. Í sýnunum má ekki mælast klór. Ef 90% sýna reynast nothæf getur heilbrigðisnefnd heimilað að ekki þurfi að nota sóttþreinsiefni. Ef minna en 90% sýna reynast nothæf skal fara fram á viðeigandi úrbætur eða aukin vatnsskipti og endurtekna rannsókn. Ef hvorugt er gert og ekki er hægt að sýna fram á að örveruinnihald baðvatns standist gæðakröfurnar má ekki veita heimild til að nota ekki sóttþreinsiefni.

Tafla 2.4 Örverufræðilegar kröfur sem gerðar eru til sund- og baðstaða.

Mælingar	Eining	Viðmiðunargildi	Hámark	Til athugunar
Bakteríufjöldi v/37°C	pr. 100 ml	0 – 500	1000	Reglubundin rannsókn
Saurkólfbakteríur	pr. 100 ml	< 1	< 10	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	pr. 100 ml	0	< 1	

Tilskipun nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns

Ábyrgðar/rekstraraðilar þurfa að taka eitt örverusýni úr skilgreindum baðvötnum fljótlega áður en notkunartímabil þeirra hefst, og ekki má taka færri en fjögur sýni yfir allt tímabilið. Hins vegar þarf bara að taka þrjú sýni ef notkunartímabilið er styttra en átta vikur, eða ef baðvatnið er illa staðsett landfræðilega. Sýnataka á að vera dreifð jöfn yfir notkunartímabilið, og ekki má líða lengur en mánuður á milli sýnataka. Ef einhvers konar mengunarslys verður í vatninu, þarf að taka eitt sýni aukalega. Tafla 2.5 sýnir hver mörkin eru fyrir bendibakteríurnar, og þá í hvaða flokk laugin fellur á fjögurra ára tímabili.

Tafla 2.5 Örverurannsóknir sem á að framkvæma á baðvötnum inn til landsins/við strendur og viðmiðunarmörk miðað við gæðaflokka samkvæmt tilskipun nr. 2006/7/EC.

Rannsóknarþáttur	Framúrskarandi gæði	Góð gæði	Fullnægjandi gæði	Greiningaraðferð (tilvísun)
Intestinal enterococci (cfu/100 ml)	200 (*)	400 (*)	300 (**)	ISO 7899-1 eða ISO 7899-2
Escherichia coli (cfu/100 ml)	500 (*)	1000 (*)	900 (**)	ISO 9308-3 eða ISO 9308-1

(*) Byggt á 95% mati á fjögurra ára tímabili.

(**) Byggt á 90% mati á fjögurra ára tímabili.

Bláfáninn

Árið 2010 komu nýjar kröfur vegna vatnsgæðis fyrir Bláfánann sem gilda í öllum löndum sem flagga honum. Þessar kröfur, sem eiga að vera uppfylltar í seinasta lagi árið 2012, eru mótaðar af tilskipun nr. 2006/7/EC, en allt baðvatn á að uppfylla mörk sem sett eru fyrir vatn við *strendur* (sjá töflu 2.6). Til þess að mega sækja um fánann verður baðvatnið að falla undir flokkinn „framúrskarandi gæði“ í tilskipuninni. Gæði baðvatnsins er metið út frá sýnum tekin á fjögurra ára tímabili. Nýir baðstaðir sem sækja um fánann verða að vera búin að taka a.m.k. 20 sýni áður (a.m.k. fimm sýni á meðan á háannatímabili stendur) (FEE Norway, 2010).

Tafla 2.6 Rannsóknarþáttur og viðmiðunarmörk sem vatn við strendur verða að uppfylla til þess að fá að flagga Bláfánanum.

Rannsóknarþáttur	Viðmiðunarmörk
Escherichia coli ^(*)	250 cfu/100 ml
Intestinal enterococci ^(*)	100 cfu/100 ml

(*) Byggt á 95% mati.

2.4.4 Algengar bendibakteríur í baðvatni

Misjafnt er hvaða sýklar menn greina og nota sem bendibakteríur þegar það kemur að því að ákvarða heilnæmi baðvatns, en hér á eftir verður þeim ættkvíslum lýst sem skimað var fyrir í náttúrulegunum þremur í rannsókn þessari; *Escherichia*, *Enterococcus* og *Pseudomonas*, ásamt Nóróveiru.

Escherichia

Escherichia coli og skyldar Gram-neikvæðar kólbakteríur eru ríkjandi á meðal loftháðra baktería í náttúrulegri iðraflóru manna og dýra. *E. coli* samanstendur af mjög fjölbreyttum stofnum, bæði skaðlausum og skaðlegum. Bakteríurnar eru víða í umhverfinu, og berast þær þangað með saur manna og dýra. Þær lifa ekki vel fyrir utan líkama manna og dýra og þar sem *E. coli* þrífst aðeins í skamman tíma í umhverfinu, bendir tilvist þeirra í vatni og matvælum ótvírætt til nýlegrar mengunar úr skólpi eða dýrasaur. Við slíkar aðstæður aukast líkur á að aðrar sjúkdómsvaldandi bakteríur og veirur séu til staðar (Lewis, 1997).

E. coli er viðmiðunarstofn ættkvíslarinnar en fleiri tegundir hafa verið lýstar. *E. coli* stofnar eru yfirleitt hreyfanlegir og sumir, sérstaklega úr þarmasýkingum, mynda fjölsykruhjúp. Þær vaxa vel á margvíslegu æti, mynda sléttar, litarlaugar kólóníur sem eru 2-3 mm í þvermál eftir 18 klst á næringaræti (e. *Nutrient agar*), og stórar rauðar kólóníur á MacConkey agar. Það getur orðið blóðlýsa á blóðagar. Þær vaxa við hitastig á bilinu 15-45°C. Sumir stofnar eru hitaþolnari en aðrar tegundir iðraættarinnar og lifa af 60°C í 15 mín eða 55°C í 60 mín. Flestir stofnar gerja laktósa og mynda þá sýru og gas innan 24-48 klst, en aðrir gera það einungis eftir langa rækt eða alls ekki. Mörg einkennandi líffræðileg efnahvörf gerast við 44°C jafn vel og við 37°C (Lewis, 1997). Þær geta vaxið við u.þ.b. pH 4-9, en kjörsýrustig til vaxtar er um pH 7 (Presser, Ratkowsky og Ross, 1997).

E. coli er lang algengasta orsök bráðrar þvaggfærasýkingar sem smitast utan sjúkrahúsa, en er einnig orsök blóðsýkinga í þvaggfærum sem smitast innan sjúkrahúsa. Hún veldur líka heilahimnubólgu og blóðeitrun í nýburum, blóðsýkingu í skurðsárum og ígerð í ýmsum líffærum. Þvaggfærasýking er miklu algengari hjá konum en körlum þar sem að styttri, breiðari þvagrás þeirra virðast síður koma í veg fyrir að bakteríur komist í þvaggblöðruna. Samfarir er undirliggjandi þáttur. Há tíðni hjá þunguðum konum má rekja til minna þvaggflæðis, að hluta til vegna hormónabreytinga og að hluta til vegna þrýstings á þvaggfæri. Hjá körlum er stækkun á blöðruhálskirtli algengasti undirliggjandi þátturinn. Þar sem flestar þvaggfærasýkingar eru taldar vera af völdum örvera sem eru upprunnar úr eigin þörmum sjúklings, er hvert sýkingartilfelli almennt talið tilfallandi. Hins vegar er tíðni ýmissa sermisgerða *E. coli* í þvaggfærasýkingum breytileg eftir landfræðilegri staðsetningu, og það passar vel við þá tilgátu að *E. coli* sem veldur slíkum sýkingum eru sérstakir þvaggfærasýklar. Sjúkdómsvaldandi stofnar, hugsanlega úr menguðum matvælum, geta

vaxið í þörmum, og valdið þvagfærasýkingu hjá fólki með undirliggjandi sjúkdóma/þætti. Tíðni sýkinga af völdum tiltekins stofns getur því aukist um tíma á ákveðnum stað (Lewis, 1997).

E. coli getur einnig valdið bráðri þarmabólgu og niðurgangi í ungum dýrum, þar á meðal í ungbörnum, smágrísam, kálfum og lömbum, en einnig hjá mönnum á öllum aldri, aðallega í hitabeltinu. Þá getur hún valdið niðurgangi hjá ferðalöngum (e. *travellers diarrhoea*), sem er sjúkdómur sem hefur áhrif á menn á öllum aldri og lýsir sér í blóðugum niðurgangi. Stofnar sem valda niðurgangi falla í a.m.k. fjóra hópa sem hafa allir mismunandi leiðir til að sýkja: Enteropathogenic *E. coli* (EPEC), Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), Enteroinvasive *E. coli* (EIEC) og Vero cytotoxin-producing *E. coli* (VTEC) (Lewis, 1997).

Enterococcus

Enterococcus er ættkvísl mjólkursýrubaktería, gram-jákvæðar kúlulaga bakteríur sem eru oft í þörmum (e. *diplococci*) eða stuttum keðjum. Erfitt er að greina *Enterococcus* frá streptókokkum með tilliti til eðliseiginleika, en ættkvíslin tilheyrði áður *Streptococcus* (Gilmore, 2002). *Enterococcus* eru val-loftháðar, katalasa-neikvæðar og mynda ekki gró. Heimkynni þeirra er meltingarvegur manna ásamt því að þær finnast víða í umhverfi og frá dýrum. Þær þola þónokkuð áreiti (eru harðgerðari en streptókokkar) og ýmsar umhverfisaðstæður, þ.á m. hitastig á bilinu 5-65°C, pH 4,5-10 og háan saltstyrk (þ.a.l. gallsölt). Þol þeirra fyrir sýklalyfjum hefur einnig aukist á síðustu árum (Fisher og Phillips, 2009).

Margar tegundanna eru normalflóra í saur, en þekktastar eru *E. faecalis* (90-95%) og *E. faecium* (5-10%). Aðrar sýkjandi tegundir eru m.a. *E. casseliflavus*, *E. gallinarum*, og *E. raffinosus* (Gilmore, 2002).

Enterococcus getur valdið sýkingum á borð við þvagfærasýkingar, blóðsýkingu í lifur (e. *hepatobiliary sepsis*), hjartabælsbólgu, sýkingar í skurðsárum, blóðsýkingar og aðrar sýkingar (e. *bacteraemia and neonatal sepsis*) (Poh, Oh og Tan, 2006). *Enterococcus* er mun harðgerðari og lifir lengur en saurkólíabakteríur, og ef þeir greinast í sýni gæti það þá bent til eldri saurmengunar.

Pseudomonas

Pseudomonas-hópurinn er mjög stór og mikilvægur hópur Gram-neikvæðra baktería. Þær eru að finna í verulegu magni sem rotverur í jarðvegi, fersku vatni, sjávarumhverfi, og í mörgum öðrum náttúrulegum efnum (Starr, Stolp, Truper, Balows og Schlegel, 1986). Fjöldi *Pseudomonas* eru sjúkdómsvaldandi. Meðal flúrljómandi *Pseudomonas* er það tegundin *Pseudomonas aeruginosa* sem oft veldur sýkingum í mönnum (Madigan og Martinko, 2005).

Pseudomonas aeruginosa er bein eða bogin staflaga baktería, 0,5-1,0x1,5-4,0 µm. Hún myndar ekki gró, og getur haft eina eða fleiri svipur. Bakterían er loftháð, hún gerjar aldrei þó hún geti myndað lítið magn af síru úr sykrum loftháð. Hún vex við fjölbreytt hitastig (4-43°C) en kjörhitastig er um 37°C (Madigan og Martinko, 2005).

Pseudomonas aeruginosa getur valdið þvag- og öndunarærasýkingum í mönnum. Hún getur einnig valdið sýkingum í húð sjúklinga sem eru í meðferð á sjúkrahúsi vegna

alvarlegra brunasára eða annarra áverka á húð, ásamt því að valda sýkingum hjá fólki sem er með slímseigjusjúkdóm (e. *cystic fibrosis*) (Madigan og Martinko, 2005). Alvarlegustu sýkingarnar sem bakterían getur valdið eru m.a. eyrnabólga, augnknattarbólga, hjartabolsbólga, heilahimnubólga, lungnabólga og blóðsýkingar (Bodey, Bolivar, Fainstein og Jadeja, 1983). *P. aeruginosa* er ekki alháður sýkill (e. *obligate parasite*) heldur er hún tækifærissýkill, sem sýkir sérstaklega einstaklinga með lélegt ónæmi. Bakterían er ónæm fyrir mörgum af þeim sýklalyfjum sem notuð eru í dag, svo lyfjameðferð getur oft verið erfið (Madigan og Martinko, 2005).

Nóróveira

Veiru-ættin *Caliciviridae* samanstendur af fjórum ættkvíslum; *Nóróveira*, *Sapoveira*, *Lagoveira* og *Vesuveira*. Einnig hefur fimmtu ættkvíslinni, *Neboveira*, verið bætt við, ásamt því að stungið hefur verið upp á flokkun fleiri ættkvísla.

Áætlað er að nóróveiran valdi ríflega 90% af farsóttar-iðrasýkingum sem eru ekki af völdum baktería, um allan heim (Hansman, Jiang og Green, 2010). Nóróveirusýking í mönnum er þekkt sem „vetrar-ælupestin“ (e. *winter vomiting disease*), vegna þess að faraldrar fylgja mynstri árstímabundinnar sveiflu: faraldrar á norðurhveli jarðar eru mun algengari á tímabilinu nóvember-mars (Siebenga, Duizer og Koopmans, 2010). Þegar viðmiðunarstofninn (sem þá var kallaður Norwalk veira), var klónaður og raðgreindur árið 1990, var stigið tímamótaskref sem leiddi til þróunar á sameindalíffræðilegum aðferðum til að rannsaka faraldsfræði nóróveirunnar. Síðan þá hafa margar rannsóknir sýnt fram á mikilvægi nóróveirunnar sem sjúkdómsvaldur í mönnum á öllum aldri (Siebenga, Duizer og Koopmans, 2010).

Nóróveirur eru víða í umhverfinu og getur fólk smitast með því að borða mat eða drekka vökva sem er mengaður af veirunni, snerta yfirborð eða hluti sem er mengað og stinga síðan höndinni í munninn og vera í snertingu við annan einstakling sem er sýktur og með einkenni. Algengasta leiðin til að smitast er með því að vera í beinni snertingu við annan einstakling sem er sýktur (35%), dreifing með menguðum mat og vatni er næst (30%), en oft er smitleiðin óútskýrð (30%) (Goodgame, 2006).

Einkenni nóróveirusýkinga eru oftast ógleði, uppköst, niðurgangur og stundum magakrampar. Sumir fá einnig vægan hita, hroll, höfuðverk, vöðvaverki og þreytu. Veikindin byrja skyndilega og vara stutt, yfirleitt í 1-2 daga. Almennt fá börn meiri uppköst en fullorðnir en flestir sem sýkjast fá bæði uppköst og niðurgang. Algengast er að einkenni komi fram 24-48 klst eftir smitun. Er fólk þá smitandi og yfirleitt í 3 daga eftir að einkenni hætta (Landlæknisembættið, 2008).

2.4.5 Raðgreining 16S rRNA gena

Tvær meiriháttar uppgötvanir gjörbyltu örveruvistfræði og flokkunarfræði dreifkjörnunga á níunda áratug síðustu aldar: sú staðreynd að þróunarfræðileg tengsl örvera má lesa út úr sameindaröð (Woese, 1987) og getan til að velja og magna örlítið magn af kjarnsýru fengin úr umhverfissýnum með PCR-aðferð (e. *Polymerase Chain Reaction*) (Saiki, Gelfand, Stoffel, Scharf, Higuchi, Horn, Mullis og Erlich, 1988). Nýjustu aðferðirnar sem notaðar eru til tegundagreininga lífvera byggja á erfðafræðilegum aðferðum. Mikilvægi slíkra aðferða hefur sannað sig í sýkla- og faraldsfræðinni (Clarridge, 2004) en einnig við skoðun á örverufjölbreytileika í mörgum vistkerfum (Amann, Ludwig og Schleifer, 1995).

Jafnvel með þeim ræktunaraðferðum sem þekkjast í dag er ekki enn hægt að rækta flestar bakteríutegundir á rannsóknarstofu beint úr umhverfissýnum (Colwell og Grimes, 2000) og talið er að aðeins mjög lágt hlutfall örvera sem finnast í náttúrunni séu ræktanlegar (Amann o.fl., 1995; Pace, 2008). Styrkleiki aðferðarinnar felst í því að ekki er þörf á ræktun örveranna heldur er erfðaefni þeirra tekið úr þeim lífmassa sem er safnað saman við sýnatöku og skimað eftir 16S rRNA genum úr DNA (Viggó Þór Marteinson, Sólveig K. Pétursdóttir og Steinunn Magnúsdóttir, 2004).

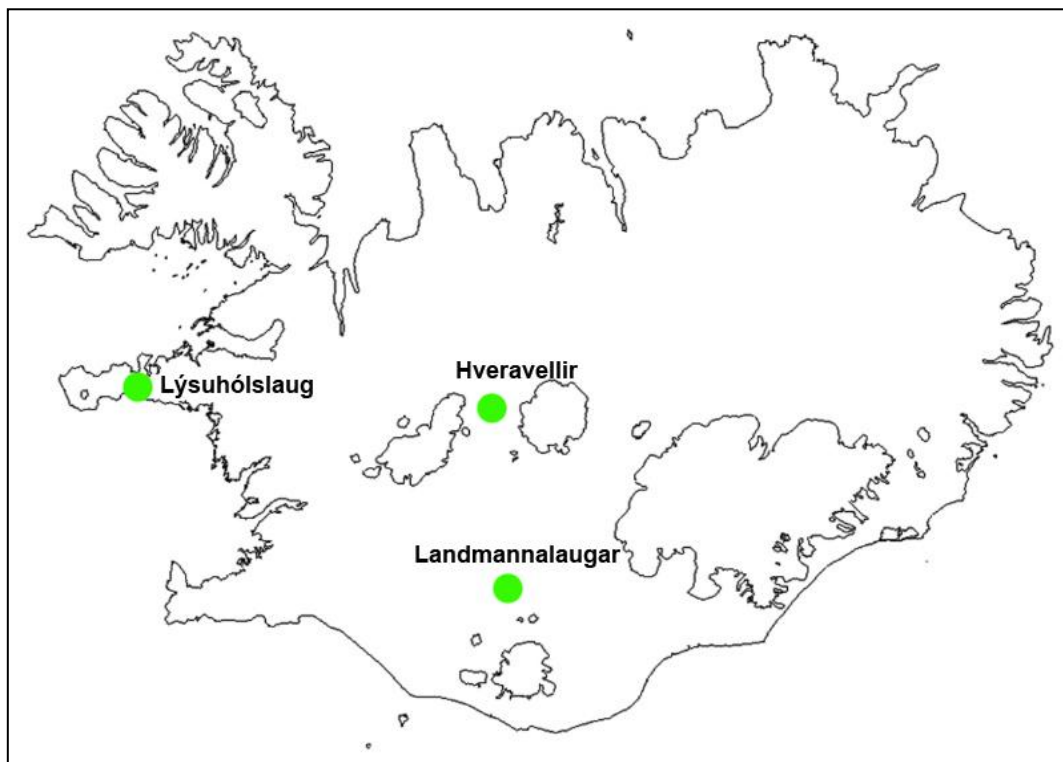
16S rRNA genið er mjög hentugur sameindafræðilegur vísir (e. *molecular marker*) (Woese, 1987). Genið er til staðar í öllum dreifkjörnungum, og ríbósómál RNA-gen eru mjög varðveitt vegna mikilvægs hlutverks ríbósóma við nýmyndun próteina. Genið er nægilega langt (1,5 kb), með almennt og stöðugt hlutverk sem kom fram á fyrri stigum þróunar og verða ekki fyrir áhrifum ef breytingar verða í umhverfi lífverunnar (vel varðveitt) (Janda og Abbott, 2007). Þetta eru stórar sameindir sem innihalda töluverðar erfðafræðilegar upplýsingar, og þess vegna hafa þær verið valdar sem sameindaerfðafræðilegur grunnur fyrir rannsóknir á þróunarfræðilegum tengslum dreifkjörnunga (Rosselló-Mora og Amann, 2001).

Stackebrandt og Goebel (1994) lögðu til að líkindi 16S rRNA gena upp á 97% ætti að vera tegundamörkin fyrir dreifkjörnunga. Þau mörk voru viðurkennd meðal fræðimanna þangað til að nýlega Stackebrandt og Ebers (2006) birtu endurskoðuð mörk upp á 98,7-99%, eftir að hafa farið yfir mikið magn af nýútgefnum greinum á fræðasviðinu. Í dag eru aðgengilegir stórir gagnagrunnar á internetinu með 16S rRNA genaröðum til að bera stofna saman við viðmiðunarstofna í gagnagrunnunum. Dæmi um gagnabanka er GenBank®, haldinn úti af Miðstöð lífupplýsinga við Heilbrigðisstofnun Bandaríkjanna (National Center for Biotechnology Information).

Helsti ókostur aðferðarinnar er að hún greinir best þær örverur sem eru í miklum fjölda og eru yfirgnæfandi í vistkerfinu, en aðrar tegundir sem eru í miklu færri eintökum verða að öllum líkindum ekki greindar. Engu síður er þetta sú aðferð sem sýnir lang best náttúrulegan fjölbreytileika í vistkerfum (Viggó Þór Marteinson o.fl., 2004) og því opnar notkun aðferðarinnar nýjar leiðir til að afla upplýsinga um örverusamsetningar sem ekki voru aðgengilegar áður. Mjög algengt er að við eftirlit með sundstöðum sé leitað að saurkólínbakteríum og *Pseudomonas aeruginosa* sem eru þá notaðar sem bendibakteríur fyrir hugsanlega sýkla. Erfðarannsóknir geta hins vegar sýnt allt aðra og ítarlegri mynd af lífríkinu.

3 Sýnatökustaðir

Sýnatökustaðir voru laugar á Hveravöllum í Austur-Húnavatnssýslu, í Landmannalaugum í Rangárvallasýslu og á Lýsuhóli í Snæfellsbæ. Þessar laugar hafa allar einhvers konar rekstur í kringum sig og eru mjög fjölsóttar yfir sumartímann.



Mynd 3.1 Staðsetning sýnatökustaða.

3.1 Hveravellir

Hveravellir eru á miðju vesturhálendi Íslands milli Langjökuls og Hofsjökuls. Hveravellir liggja við Kjalveg, sem liggur þvert yfir miðhálendi Íslands frá Gullfossi á Suðurlandi til Blöndudals á Norðurlandi. Landslag á Kili er mjög mótað af jöklum ísaldar en henni lauk fyrir um 10.000 árum. Öll fjöll á Kili eru eldfjöll að uppruna og ber mest á móbergsstöpum og dyngjum sem myndast hafa við langvarandi flæðigos. Móbergsstaparnir, t.d. Hrútfell, hafa orðið til við gos undir jökli. Nokkru eftir ísaldarlok varð til gosdyngjan Kjalhraun. Í kvos norðan undir henni er háhitasvæðið Hveravellir í 630 metrum yfir sjávarmáli. Grunnvatn stendur fremur hátt á Hveravöllum og því eru þar aðallega vatnshverir. Mikið magn uppleystra efna er í hveravatni, einkum á háhitasvæðum. Þegar hveravatnið stígur til yfirborðs kólnar það og efni falla út og mynda hverahrúður. Hverahrúður á Hveravöllum er einkum úr kísli og er hverahrúðursmyndun óvenjumikil og litfögur (Umhverfisstofnun, e.d.a).

Náttúruleugin á Hveravöllum stendur í læk neðan við gamla skálann. Laugin er byggð úr steypu og grjóti og er um 6x3,5 m og með klapparbotni. Mesta dýpi er 1,35 m, svo það eru um 21.000 lítrar í lauginni. Vatn úr hvernem „Nýjihver“ í u.þ.b. 150 m fjarlægð er leitt í gegnum plaströr í laugina og skála. Hitinn í hvernem er 96,4°C og áætlað rennsli er um 2 l/sek (Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson, 2005). Vatn í laugina er einnig leitt úr köldum læknum um tvö önnur plaströr og rennslið í laugina er um 0,9 l/sek þar sem rörið úr hvernem fóðrast að innan af kísilnum. Ekkert gruggast upp af botninum en vatnið er lítað af þeim uppleystu efnum sem eru í hveravatninu (Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009). Hitastig laugarinnar er breytilegt, þar sem hitinn í inntaksröriinu er um 80-90°C en vatnið sem veitt er úr læknum er kalt. Baðgestir geta þá stillt hitastigið með því að færa rörin til. Hitastigið verður þá um 18-42°C. Laugin rúmar nokkra tugi manna en engin búningaástaða er við laugina. Sturta er á svæðinu sem er í notkun kl. 9-11 á morgnana. Hún er aðallega fyrir næturgesti, en sundlaugargestir þvo sér ekki fyrir bað í lauginni. Laugin er reglulega tæmd með dælu, og hún háprýstipvegin og skrúbbuð. Á Hveravöllum er sjálfvirk veðurstöð.



Mynd 3.2 Laugin á Hveravöllum ásamt gamla skálanum.

Hveravellir var friðlýst sem náttúruvætti árið 1960 og var friðlýsingin endurskoðuð árið 1975. Ástæður voru m.a. hversu einstakt hverasvæðið þótti vera og álitu margir að á Hveravöllum væri að finna fegurstu vatnshveru Íslands, jafnt vegna þess hversu tært og fagurlitað vatn þeirra er ásamt fagurlituðu mynstri sem er að finna við hverina. Stærð náttúruvættisins er 534 hektarar og hefur Umhverfisstofnun umsjón með svæðinu (Umhverfisstofnun, e.d.a).

Á Hveravelli komu um 10.000 manns sumarið 2004 (Bergþóra Aradóttir og Sigurvin B. Sigurjónsson, 2004), en umferð ferðamanna um Kjöl hefur aukist verulega undanfarin ár, og er nú talið að fjöldi gesta á Hveravöllum sé allt að 30.000-40.000 á sumri (Ferðamálastofa, 2010). Gera má ráð fyrir að rúmlega helmingur gesta sem koma á Hveravelli baði sig í lauginni (Anna Dóra Sæþórsdóttir og Þorkell Stefánsson, 2009). Húnavatnshreppur á fyrirtækið Hveravallafélagið ehf. og sumarið 2011 störfuðu þrír starfsmenn yfir sumarið á Hveravöllum. Enginn landvörður var á Hveravöllum sumarið 2011.

Árið 2010 tók Umhverfisstofnun að beiðni umhverfisráðuneytisins saman lista yfir þau svæði sem að mati stofnunarinnar þurfi sérstakrar athygli við og að hlúa þurfi sérstaklega að, og er Hveravellir þar á rauðum lista (undir miklu álagi sem bregðast þurfi við strax) (Umhverfisstofnun, 2010).



Mynd 3.3 Vatn í laugina er veitt úr „Nýjahver“ með slöngu.

3.2 Landmannalaugar

Aðkomuleiðir að Landmannalaugum að norðan og vestan liggja um Fjallabaksleið nyrðri (Sigölduleið), veg F208, sem liggur frá hálendisstöðinni í Hrauneyjum í Landmannalaugar, eða um Landmannaleið (Dómadalsleið), veg F225. Að austan liggur leiðin um Fjallabaksleið nyrðri úr Skaftafellssýslum. Landmannalaugar liggja innan Friðlandsins að Fjallabaki. Friðlandið er 44.633 hektarar og er allt ofan 500 metra hæðar yfir sjó. Landið er fjöllótt, mótað af eldvirkni og jarðhita, þakið hraunum og söndum, ám og vötnum. Friðland að Fjallabaki var friðlýst árið 1979. Fjölbreytt landslag, sérstakt en viðkvæmt lífríki, öræfaauðn og kyrrð eru megineinkenni Friðlands að Fjallabaki (Umhverfisstofnun, e.d.a).

Náttúruleigin í Landmannalaugum er mjög vinsæl meðal ferðalanga og ein helsta sérstaða staðarins. Vatn í laugina kemur undan Laugarhrauni og er rennsli áætlað um 50-75 l/sek (Haukur Jóhannesson, tölvupóstur, 20. september 2011). Það eru vatnsmiklir lækir, heitir og kaldir, sem hafa verið stíflaðir til að búa til laugina, og kallast baðstaðurinn því oft „Laugalækurinn“. Hitastigið í lauginni er á bilinu 34-46°C. Laugin er mjög stór, um 20x10 m, og er dýpið 80 cm, svo laugin er um 160.000 l. Margir tugir manna geta því baðað sig í henni í einu. Engin búningaþstaða er við laugina en hægt er að hafa fataskipti og leggja fót og annan búnað frá sér á stórum timburpalli, sem er rétt við hana. Mikill timburgöngustígur liggur frá lauginni heim að skála Ferðafélags Íslands og stóru hreinlætishúsi þar sem hægt er að fara í sturtu eftir baðferðina (Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009). Í hreinlætishúsinu eru 6 sturtur og 13 salerni. Ferðafélag Íslands sér um rekstur svæðisins á sumrin, og eru starfmennirnir fjórir. Tveir landverðir á vegum Umhverfisstofnunar störfuðu við Landmannalaugar sumarið 2011, og var hálendisgæslan á svæðinu 24. júní-15. ágúst.



Mynd 3.4 Laugin í Landmannalaugum, „Laugalækurinn“, er stíflaður heitur lækur.

Gestafjöldi í Landmannalaugum er um 100.000 yfir sumartímann (Bergþóra Aradóttir, 2003) og þaðar meirihluti gesta sig í lauginum (Anna Dóra Sæþórsdóttir, 2003). Hún er því vafalaust sú laug sem mest er sótt af bæði innlendum og erlendum ferðamönnum á Íslandi. Einhver afföll hafa þó verið síðustu ár vegna hættu á sundmannakláða við það. Samkvæmt starfsmanni Ferðafélags Íslands geta 80 manns gisti í skálanum og 200 á tjaldstæðinu. Þegar mikið er að gera koma um 1000 manns á svæðið á dag, í 4-5 rútum og á einkabílum.



Mynd 3.5 Baðgestir í Landmannalaugum.

3.3 Lýsuhólslaug

Lýsuhólsskóli og Lýsuhólslaug eru í Staðarsveit á Snæfellsnesi, sem nú tilheyrir Snæfellsbæ. Lýsuhólsskóli er nýttur sem félagsheimili og við annan enda hans er Lýsuhólslaug. Snæfellsbær á sundlaugina en staðarhaldarar á Lýsuhóli (ferðapjónusta) reka hana yfir sumartímann. Laugin er hvað þekktust fyrir það að í hana rennur heitt ölkelduvatn sem ekki er blandað klór, og fellur hún í „C flokk“ reglugerðar um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010. Hún er því rekin með undanþágu frá Heilbrigðisnefnd Vesturlands. Laugin fær vatn sitt úr borholu frá Laugarholti (48-56°C) og er innrennslið frá þremur stöðum (um 3,8 l/sek) (Helgi Helgason, Heilbrigðisefirlit Vesturlands, tölvupóstur, 22. febrúar 2012). Hún er að öðru leyti sambærileg við hefðbundnar almenningslaugar; þar eru búningsklefar fyrir bæði kynin og sturtur, en skylda er að gestir þvoi sér áður en farið er út í laugina. Við Lýsuhólslaug er einnig heitur pottur (um 39-40°C) og gufubað. Laugin er opin frá 13.00-20.00 alla daga yfir sumartímann. Tveir starfsmenn eru alltaf á vakt í einu, en alls eru starfsmennirnir fjórir. Yfir sumarið eru gestir á milli 4000-5000. Að meðaltali eru þeir um 50 á dag, en hefur mest farið upp í 240 manns á einum degi (Íðunn Hauksdóttir, starfsmaður Lýsuhólslaugar, samtal, 17. júlí 2011). Laugin er 16,66 m löng og 8 m breið. Hún er 0,9-1,4 m djúp, svo hún er um 153.000 lítrar. Þó nokkuð af þörungagróðri er í lauginni sem er klædd vínýldúk, en hún er tæmd og hreinsuð á 7-10 daga fresti og þá smúluð með háþrýstidælu. Forveri Lýsuhólslaugarinnar var í suðurjaðri Lýsuhóls niður við bakka árinna Lýsu. Sú laug var grjóthlaðin og notuð fram til ársins 1980 þegar flóð í Lýsu tóku laugina að mestu leyti (Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009).



Mynd 3.6 Lýsuhólslaug og heiti potturinn.

4 Efni og aðferðir

4.1 Sýnataka

Sýni úr Lýsuhólslaug voru tekin 17. júlí 2011. 79 gestir komu í laugina þann dag (55 fullorðnir og 24 börn) Daginn áður var gestafjöldinn 144. Dauðhreinsaðir 5 lítra plastbrúsar voru notaðir og sýni voru tekin á um 20 cm dýpi við vesturenda laugarinnar. Tekin voru fimm sýni á sjö klukkustunda tímabili (kl. 13:00-20:00). Einnig var hitastig baðvatnsins, sýrustig og fjöldi gesta í lauginni við sýnatöku skráð. Sýnin voru geymd í kæliboxi yfir daginn og í 4°C kæli yfir nótt áður en farið var að vinna með þau. Veðurgögn frá Veðurstofu Íslands fyrir svæðið þann 17. júlí 2011 má sjá í viðauka B.

Sýni úr lauginni á Hveravöllum voru tekin 14. ágúst 2011. Gestir í laugina voru um 100 manns (gestafjöldi er ekki skráður á Hveravöllum). Dauðhreinsaðir 5 lítra plastbrúsar voru notaðir og sýni voru tekin á um 15 cm dýpi við austurenda laugarinnar. Tekin voru fimm sýni á 13 klukkustunda tímabili (kl. 08:00-21:00). Einnig var hitastig baðvatnsins, sýrustig og fjöldi gesta í lauginni við sýnatöku skráð. Sýnin voru geymd í kæliboxi yfir daginn og í 4°C kæli yfir nótt áður en farið var að vinna með þau. Á Hveravöllum er sjálfvirk veðurstöð, og veðurgögn frá henni þann 14. ágúst 2011 má sjá í viðauka B.

Sýni úr Landmannalaugum voru tekin 24. ágúst 2011. Gestir í laugina voru um 200 manns (gestafjöldi er ekki skráður í Landmannalaugum). Dauðhreinsaðir 5 lítra plastbrúsar voru notaðir og sýni voru tekin á um 15 cm dýpi við austurenda laugarlæksins (við tréfallinn sem notaður er til fataskipta). Tekin voru fimm sýni á 10 klukkustunda tímabili (kl. 10:00-20:00). Einnig var hitastig baðvatnsins, sýrustig og fjöldi gesta í lauginni við sýnatöku skráð. Sýnin voru geymd í kæliboxi yfir daginn og í 4°C kæli yfir nótt áður en farið var að vinna með þau. Veðurgögn frá Veðurstofu Íslands fyrir svæðið þann 24. ágúst 2011 má sjá í viðauka B.

4.2 Örverugreiningar

Örverugreiningar fóru fram hjá Matís frá júlí til desember 2011. Greiningaraðferðir voru heildarfrumutalning án ræktunar, síunaraðferðir til að ákvarða heildarfjölda baktería við 22°C, 37°C og 50°C, magn saurkólínbaktería, magn saurkokka og magn *Pseudomonas* spp., nóróveirugreining og klónun og 16S rRNA gena raðgreining.

Ræktunaræti

Ræktunarætin voru útbúin á petri-skálar eða í glös. Sjá uppskriftir í viðauka A.

R ₂ A:	alhliða æti til talningar á heildarbakteríufjölda og til ræktunar.
Nutrient agar:	alhliða æti til talningar á heildarbakteríufjölda og til ræktunar.
mFC:	til ákvörðunar á saurkólínbakteríum.
S&B:	til ákvörðunar á enterokokkum.

BA:	til staðfestingar á enterokokkum.
Lactose broth:	til staðfestingar á kólí- og saurkólíbakteríum.
CNA:	til ákvörðunar á <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .
Acetamide broth:	til staðfestingar á <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .

Frumutalning

5 ml af fersku sýni og 120 μ l af 5% glútaraldehyð voru sett í glös sem voru svo geymd í -80°C þangað til að farið var að vinna með þau. Þá var 3 μ l af SyberGreen lit (þynntur 1/100) á móti 300 μ l af sýni sett í glös og látið standa við herbergishita í 20 mín. 25 μ l af Counting Beads (talningakúlum) var svo bætt út í hvert sýni, áður en þau fóru í gegnum örverufrumutalningavél (flow cytometry), BD FACARIA™ II cell sorter.

4.2.1 Síunaraðferðir

Síað var til greiningar á heildarbakteríufjölda, saurkólíbakteríum, saurkokkum og *Pseudomonas aeruginosa* innan 24 klst frá því að sýnið var tekið. Síað var til að fá frumumassa fyrir DNA og RNA einangrun eftir u.þ.b. 48 klst frá því að sýnið var tekið. Vatnssýni voru ætíð geymd í 4°C þess á milli.

Síunaraðferð og staðfesting saurkólíbaktería og enterókokka

100 ml og 10 ml af sýni var síað og 0,22 μ l síupappír sett á petri-skálar með valæti; mFC (*E. coli*) og S&B (enterókokkar). Saurkólí var ræktað í 24 klst við 44°C og enterókokkar voru ræktaðir í 48 klst við 37°C .

Þegar saurkólíbakteríur höfðu verið í 24 tíma í ræktun voru þær teknar út og kólóníur taldar og skráð niður. Valdar kólóníur voru svo settar í Lactose vökvaæti (e. *broth*) til staðfestingar. Það var geymt í vatnsbaði við 44°C í 24 klst. Staðfesting á saurkólí er þegar að gasmyndun (loftbóla) verður inni í glerflöskunni. Loftbólur voru taldar og skráðar.

Þegar enterókokkar höfðu verið í 48 tíma ræktun var síupappírinn tekinn af S&B ætinu og sett á BA æti-skálar til staðfestingar. Það var geymt í 2 klst við 44°C . Staðfesting á enterókokkum er þegar málmútfelling myndast við kólóníurnar. Þær voru taldar og skráðar niður.

Síunaraðferð og staðfesting *Pseudomonas aeruginosa*

100 ml, 10 ml, 1 ml og 0,1 ml af sýni var síað á 0,45 μ l síupappír sem var svo sett á petri-skálar með valætinu Cetrinide-Nalidixinsýru-Agar (CNA). Það var ræktað við 37°C í 48 klst. Myndun á pyocyanin litarefni (grænt) er talin nægileg staðfesting fyrir því að um *Pseudomonas aeruginosa* sé að ræða. Kólóníur sem eru flúoriserandi eða eru rauðbrúnar þarf að staðfesta frekar. Ef kólóníur eru rauðbrúnar er athuguð oxidasa-svörun, og eru oxidasa-jákvæðar bakteríur prófaðar fyrir myndun á flúoriserandi efnum og myndun á ammoníaki úr acetamide. Kólóníur sem voru flúoriserandi á CN agar voru strikaðar á Nutrient agar og ræktaðar við 37°C í 24 klst. Þær voru svo prófaðar til að athuga hvort ammoníak myndaðist úr acetamide. Ræktað var við 37°C í 24 klst. 1-2 dropar af Nessler reagent var svo sett út í til að kanna myndun á ammoníaki. Svörun var jákvæð ef gulur eða rauður litur myndaðist.

Síunaraðferð fyrir heildarbakteríufjölda

100 ml, 10 ml, 1 ml og 0,1 ml af sýni var síað á 0,22 µl síupappír sem var settur á petri-skálar með R₂A (alhliða æti). Fosfat-buffer (FB) var notað til þynningar þegar síað var minna magn (10, 1 og 0,1 ml). Ræktað var við þrenns konar hitastig (22°C, 37°C og 50°C) í 48 klst. Kolóníur voru svo taldar og skráðar.

Síunaraðferð fyrir DNA einangrun

1 lítri af sýni var síað á 0,45 µl síupappír og bakteríurnar svo hreinsaðar af með pípettu og eimuðu vatni og vökvinn settur í tvö 2 ml eppendorf glös. Sýnið var svo spunnið niður á 13.000 rpm í 10 mín. Affalsvökvi var tekinn af frumunum (pallettunum) og þær geymdar í -80°C frosti þangað til að kæmi að því að einangra DNA úr þeim.

Síunaraðferð fyrir RNA úr nóróveirum

Affalsvatnið úr DNA síun (1 lítri) var síað aftur á 0,45 µl veiruhelda síu (e. *Electropositive Membrane Filter*) sem var sett á petri-skál. 3 ml af Glycine NaOH buffer var sett á skálina og hún höfð á hristiplötu í 20 mín. Síupappírinn var svo hreinsaður og sýnið sett í þar til gert glas með síu innan í (Amicon Ultra Centrifugal Filters Ultracel 100 k). Sýnið var spunnið niður á 2500 rpm þangað til að u.þ.b. 140 µl var eftir í glasinu. Vökvinn var svo tekinn úr og sett í eppendorf glas sem var geymt í -20°C frosti þangað til að kæmi að því að einangra RNA úr honum til nóróveiru greininga.

4.2.2 Örverufjölbreytileiki greindur með klónun og 16S rRNA gena raðgreiningu

Úr síuðum vatnssýnum (með klónun)

DNA einangrun

DNA einangrun fór fram með KingFisher aðferð. Frumumassarnir (pallettur) voru leystir upp í Lysis-buffer í 1 klst. Í 96 holu bakka voru settar seguljárnkúlar í efstu röð, saltvatn, alkóhól, sýni og eimað vatn í raðirnar fyrir neðan. Bakkinn var í KingFisher vél í u.þ.b. 1 klst. Tilbúið einangrað DNA (í neðstu röð bakkans) var svo flutt í annan 96 holu bakka og geymt í frosti við -20°C þangað til að kæmi að því að gera PCR.

PCR

16S rRNA genið var magnað með Taq pólýmerasa og vísunum 341F (5'-CGCCCGCCGCGCCCGCGCCCGTCCCGCCGCCCCCGCCCG-3') og 1046R (5'-GCCTTGCCAGCCCGCTCAG CGACAGCCATGCANACCT-3'). 2 µl af einangruðu DNA voru notaðir í 23 µl af hvarfblöndu (Buffer GC, enhancer, dNTP (10mM), 341F, 1046R, enzyme (Taq pólýmerasi) og dH₂O). Hvarfið var þá sett við 95°C í 5 mín, 35 hringi af 95°C í 30 sek, 50°C í 40 sek, 68°C í 1 mín og að lokum í 5 mín við 68°C.

Rafdráttur

PCR afurðin ásamt 5 µl af keyrslu buffer var svo rafdrengin á 1% agarósa geli, sem innihélt ethidíum brómíð við 100V-150V spennu eftir stærð keyrslugels. Gel var skoðað undir UV ljósi og þau DNA-bönd sem klóna átti voru klippt úr gelinu undir UV ljósi og geymd í eppendorf glasi.

Klónun og raðgreining

Áður en hægt var að klóna varð að hreinsa PCR afurðina úr gelinu. Hún fór fram með GFX™ aðferð. 600 µl af capture buffer var sett í eppendorf glasið sem innihélt gelbútinn. Það var sett á hristiplötu í 60°C í 15-20 mín (þar til gelbúturinn var uppleystur). Sýnið var svo flutt í GFX súlu og látið standa við herbergishita í 1 mín. Það var svo spunnið niður í 30 sek á 13.000 rpm. Affallinu var fleygt og 600 µl af þvottabuffer (e. *wash buffer*) var bætt í súluna og sýnið aftur spunnið í skilvindu í 30 sek á 13.000 rpm. Þá var affallinu hellt af og spunnið aftur í 15 sek og affallinu hellt aftur af. Að lokum var súlan sett í nýtt eppendorf glas og 20 µl af eimuðu vatni sett ofan í súluna og látið bíða í 1 mín áður en það var spunnið niður. Súlunni var hent og það sem varð eftir í eppendorf glasinu var hin hreinsaða PCR afurð (GFX afurð).

Því næst varð að bæta adenín á 3' enda PCR afurðar fyrir klónun til að auka líkurnar á því að PCR afurðin límdist inn í vektorinn við klónunina. 10 µl af GFX afurðinni var blandað saman við 5 µl af hvarfblöndu (dNTP, buffer, Teq pólýmerasi og dH₂O). 15 ml hvarf var sett í PCR prógramm, við 72°C í 10 mín, s.k. „AD72“.

Klónun á PCR afurðum fór fram með topovektor klónunarkerfi. Búin var til hvarflausn (límingarlausn) í eppendorf glasi sem samanstóð af 1 µl saltlausn, 4 µl af sýni og 0,8 µl topo vektor (honum var blandað varlega saman með pípettuoddinum). Það var látið standa við herbergishita í 30 mín. Því næst var 3,5 µl af límingarlausninni blandað varlega saman við top10 frumur og látið vera á ís í 30 mín. Þá voru glösin sett í 42°C í 30 sek og svo aftur á ís. 200 µl S.O.C. Medium (við stofuhita) var þá sett út í hvert frumuglas. Það var sett á hristing (800 rpm) við 37°C í 1 klst. Vökvanum var þá dreift á LB/AMP skálar með kúlum og ræktað yfir nótt í 37°C. Næsta dag voru kólóniurnar svo pikkaðar af og settar í 96 holu ELISA-bakka með 100 µl L-æti. Bakkinn var geymdur við 37°C yfir nótt.

Til þess að athuga hvort klónarnir innihéldu 16S rRNA gen þurfti að magna afurðina upp með PCR. 16S rRNA genið var magnað með Teq pólýmerasa og vísnum M13F ((-20) 5'-GTAAAACGACGGCCAG-3') og M13R (5'-GTAAAACGACGGCCAG-3'). 30 µl af hvarfblöndunni (dNTP, 10x buffer, M13F, M13R, Teq pólýmerasi og dH₂O) var sett í 96 holu bakka og svo var klónunum sáð með naglabakka ofan í holurnar (tvisvar). Hvarfið var sett í PCR prógramm, s.k. „KLONAR“, við 94°C í 2 mín, 30 hringi af 94°C í 40 sek, 50°C í 40 sek, 72°C í 1,5 mín og að lokum 7 mín við 72°C.

5 µl af sýninu ásamt 2 µl af keyrslu buffer var svo raðregið til að sjá hvort DNA væri til staðar.

Afurðir voru þá meðhöndlaðar með ExoSapIt™ (Amersham Biosciences). 4 µl af ExoSapIt-laun og 2,5 µl af sýni var sett í 96 holu bakka og sett í PCR prógramm, s.k. „HREINSA“, við 37°C í 25 mín og 80°C í 15 mín. Annarri hvarfblöndu var svo bætt út í 96 holu bakkann (með ExoSapIt-hvarfi) (1046R (3,5 mM), Big Dye, 5x buffer og dH₂O) og sett í PCR prógramm, s.k. „CYCLE“, við 96°C í 30 sek, 25 hringi af 50°C í 15 sek og í lokin í 4 mín við 60°C. Klónar með 16S rRNA gen voru því næst raðgreindir á Applied Biosystems 3730 DNA Analyzer raðgreini með 1046R vísi.

Samanburður DNA raða (BLAST)

Genaraðir klónanna voru skoðaðar í forritinu „Sequencher“, útgáfa 4.0.5. frá Gene Code Corporation. Sambærilegum röðum voru raðaðar saman í forritinu „BioEdit“, útgáfa 7.1.3. og á þann hátt útbúnir hópar samsvarandi raða. Í framhaldinu var unnið með raðirnar handvirkt til lagfæringar á þeim röðum sem við átti í forritinu „MEGA“, útgáfa 5.0.5. Því næst var gerð leit að samstofna röðum í 16S rDNA genabanka með BLAST aðferð frá National Center for Biotechnology Information (NCBI) í gegnum internetið. Raðir voru svo bornar saman með tilliti til skyldleika og fundin var sú röð eða örverutegund (ræktuð eða óræktuð) sem var líkust raðgreindu röðinni í klóni. Ættartré var svo byggt í forritinu MEGA.

16S rRNA gena raðgreining úr hreinræktuðum stofnum

Ákveðið var að raðgreina gen úr fjórum stofnum af *Pseudomonas* spp. til staðfestingar og til að ákvarða tegund. Fimm stofnar frá Hveravöllum og fjórir frá Landmannalaugum höfðu verið geymdir í fljótandi köfnunarefni (-196°C) í u.þ.b. sjö vikur og voru síðar teknir upp og ræktaðir aftur á R₂A agar. Endurstrikað var fjórum sinnum og svo ákveðið að raðgreina fjóra stofna sem höfðu mismunandi útlit kólónía, tveir frá Hveravöllum og tveir frá Landmannalaugum.

DNA einangrun

DNA einangrun fór fram með Celex-aðferð:

200 µl af 5% Celex var sett í fjögur eppendorf glös. Lykkjufylli af bakteríurækt var svo sett ofan í hvert glas. Þau voru svo vortexuð vel. Glösin voru svo sett í 55°C skáp í 15 mín og vortexuð aftur. Því næst voru sýnin soðin í 10 mín og svo sett á ís í 3 mín. Sýnin voru svo spunnin niður (11.000 g) í 7 mín. Flotið á hverju sýni, sem innihélt hið einangraða DNA, var sett í nýtt eppendorf glas en Celex-kúlum hent.

PCR

16S rRNA genið var magnað með Teq pólýmerasa og vísnum 9F (5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') og 805R (5'-GACTACCCGGGTATCTAATCC). 2 µl af einangruðu DNA voru notaðir í 23 µl af hvarfblöndu (buffer GC, dNTP (10mM), 9F, 805R, Teq pólýmerasa og dH₂O). Hvarfið var þá sett við 95°C í 5 mín, 40 hringi af 95°C í 30 sek, 52°C í 30 sek, 72°C í 1 mín og að lokum í 7 mín við 72°C.

Rafdráttur og hreinsun

Til þess að athuga DNA var 10 µl af PCR afurðinni ásamt 5 µl af keyrslu buffer rafdreigin á geli eins og áður segir. 2,5 µl af PCR-afurðunum voru svo settir í ExoSapIt Hreinsa-hvarf og svo Cycle seq PCR hvarf (eins og áður) áður en sýnin fóru í raðgreiningu.

Raðgreining á 16 rRNA genum úr stofnum

Basaröðin var ákvörðuð með notkun á sama raðgreini og áður. Um 600 basar voru raðgreindir með vísi 805R. Genaraðir stofnanna voru svo skoðaðar í forritinu „Sequencher“, og gerð leit að samstofna röðum í 16S rDNA genabanka með BLAST aðferð frá NCBI í gegnum internetið. Raðir voru svo bornar saman með tilliti til skyldleika og fundin var sú röð eða *Pseudomonas*-tegund sem var líkust raðgreindu röðinni í stofninum. Ættartré var svo byggt í forritinu MEGA.

4.2.3 Greining á nóróveiru

Einangrun RNA

RNA var einangrað með QIAamp MinElute[®] Spin Kit ásamt leiðbeiningum frá framleiðanda. Búin var til lausn með Buffer AVL og Carrier RNA-AVE (magn miðað við fjölda sýna). 560 µl af lausninni var sett út í 140 µl af sýni og það látið standa við herbergishita í 10 mín. 560 µl af etanóli var svo bætt út í. Allur vökvinn var spunnninn niður við 8000 rpm í gegnum eppendorf-glas með súlu sem fylgdi með frá framleiðanda. Vökvanum var svo hent. Á súluna var svo settur 500 µl af Buffer AW1 og glösin spunnninn í 1 mín við 8000 rpm. Vökvanum var hent. Næst var 500 µl af Buffer AW2 settur á súluna og glösin spunnninn í 3 mín við 14.000 rpm. Vökvanum var hent. Spunnið var aukalega 1 mín til þess að allur vökvi færi í gegn. Að lokum var súlan sett í nýtt RNase-frítt glas og bætt 60 µl af Buffer AVE á hana með RNase frírri pípettu og oddi. Glösin voru svo spunnninn niður við 8000 rpm í 1 mín. Vökvinn sem eftir var í glasinu var PCR-afurðin, hið hreinsaða RNA (geymt við -20°C).

Real Time PCR

Gerð var genótýpa GI: 5 µl af PCR afurð voru settir í Real Time PCR með 20 µl af hvarfblöndu (Master mix, QNIF4 (5'-CGC TGG ATG CGN TTC CAT-3') og NV1LCR (5'-CCT TAG ACG CCA TCA TCA TTT AC -3'), TM (probe) (5'-FAM-TGG ACA GGA GAT CGC-MGB-3') og RTEnzyme). Hvarfið var sett við 50°C í 30 mín, 45 hringi af 95°C í 10 mín, 95°C í 30 sek, 50°C í 30 sek, 72°C í 30 sek og að lokum í 7 mín við 72°C.

4.3 Flokkun og öryggi

4.3.1 Flokkun

Til þess að meta hvernig væri vænlegast að flokka íslenskar náttúrulegar, voru þeir flokkar sem hingað til hefur verið skrifað um skoðaðir og metnir með tilliti til íslenskra aðstæðna. Skoðaðar voru kröfur í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og tilskipun nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns. Þá voru nýir flokkar búnir til og 88 laugar flokkaðar, bæði vinsælar og minni þekktar laugar. Þá var handbókin „Heitar laugar á Íslandi“ eftir Jón G. Snæland og Þóru Sigurðardóttur ásamt rannsókninni „Viðhorf heimamanna til nýtingar á náttúrulegum baðlaugum“ eftir Bergþóru Aradóttur og Sigurvin B. Sigurjónsson höfð mikið til hliðsjónar til að lista upp laugar og sjá hvernig eðli þeirra er. Einnig var leitað eftir upplýsingum um náttúrulegar hjá Heilbrigðiseftirlitum landsins ásamt hinum ýmsu vefsíðum og myndasíðum.

4.3.2 Öryggismál

Skoðað var hvernig öryggismálum var háttáð við náttúrulegarnar þrjár og aðstæður bornar saman við kröfur sem gerðar eru í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og kröfur Bláfánans um strendur. Einnig voru dæmi tekin frá öðrum náttúrulegum. Til þess að skoða sýn ferðapjónustuaðila á öryggismál við náttúrulegar var notast við spurningakönnun sem innihélt fimm spurningar (sjá viðauka D) við

gagnaöflunina. Þátttakendur voru valdir með það fyrir augum að þeir bjóði upp á dagsferðir eða lengri ferðir (með hópferðabílum, jeppum eða hestum), þar sem hægt er að baða sig í náttúrulegum. Þessir aðilar sækja þá staðina heim reglulega og þekkja þar aðstæður, og sumir þróun undanfarinna ára og áratuga. Könnunin, sem var nafnlaus, var búin til með vefforritinu SurveyMonkey.com sem er gjaldfrjálst.

Niðurstöður þessara tveggja aðferða voru svo notaðar til að meta hvort og þá hvernig öryggismálum við náttúrulegar Íslands er ábótavant.

5 Niðurstöður

5.1 Örverugreiningar

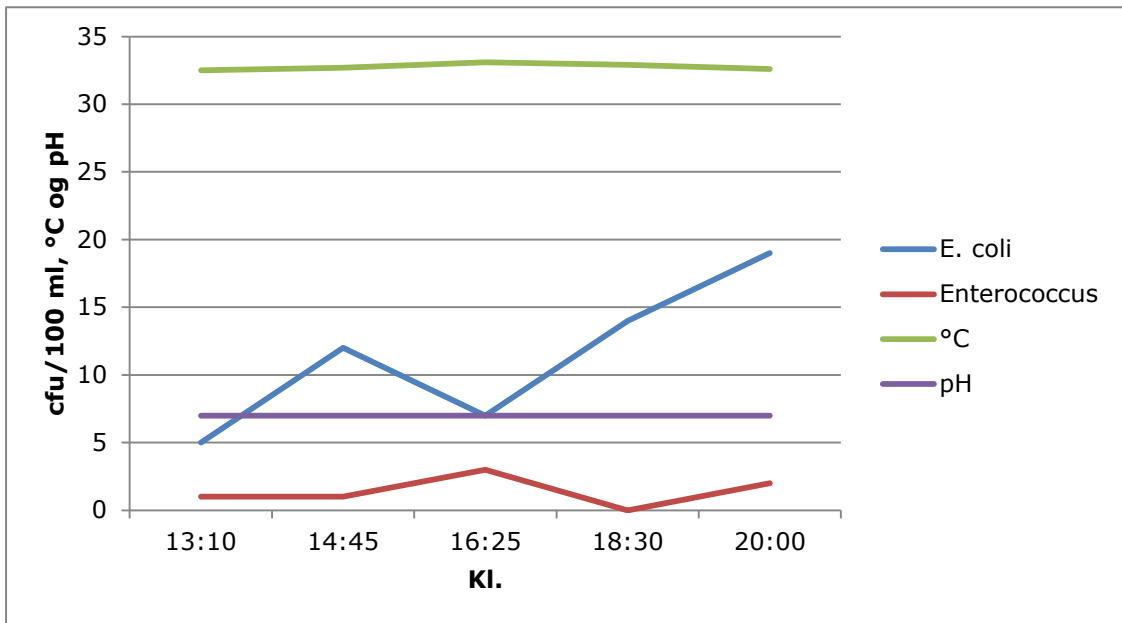
5.1.1 Ræktanir

Niðurstöður ræktun bendibakteríanna *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp. og *Pseudomonas aeruginosa* eru dregnar saman í töflu 5.1 og á myndum 5.1-5.3. Bendibakteríurnar miðast við fjölda í 100 ml af sýni. Einnig eru niðurstöður úr hita- og sýrustigsmælingum teknar fram, ásamt því hvenær sýnið var tekið og hversu margir gestir voru ofan í lauginni á þeim tímapunkti.

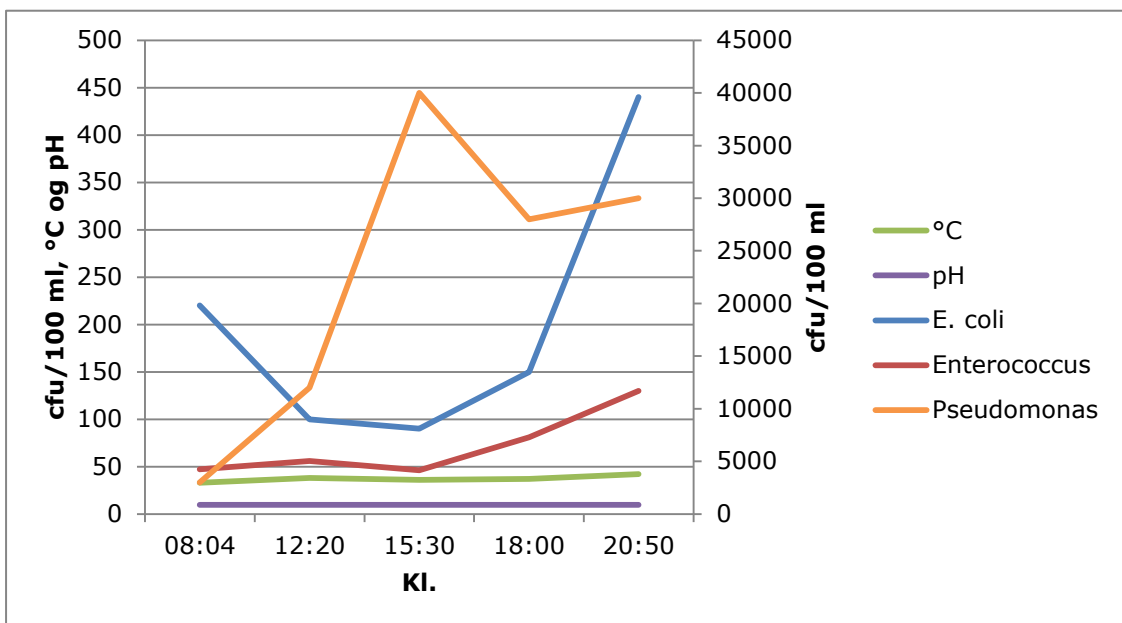
Tafla 5.1 Fjöldi af *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp. og *Pseudomonas aeruginosa* úr laugunum þremur, ásamt tíma, hitastigi, sýrustigi og fjölda gesta við sýnatöku.

Sýni	Kl.	°C	pH	Gestir í lauginni	<i>E. coli</i> í 100 ml	<i>Enterococcus</i> í 100 ml	<i>P. aeruginosa</i> í 100 ml
Lýsuhólslaug 17. júlí 2011							
1	13:10	32,5	7	0	5	1	-
2	14:45	32,7	7	9	12	1	-
3	16:25	33,1	7	6	7	3	-
4	18:30	32,9	7	6	14	0	-
5	20:00	32,6	7	0	19	2	-
Hveravellir 14. ágúst 2011							
1	08:04	33	9,5	0	220	47	3.000
2	12:20	38	9,5	9	100	56	12.000
3	15:30	36	9,5	2	90	46	40.000
4	18:00	37	9,5	2	150	81	28.000
5	20:50	42	9,5	3	440	130	30.000
Landmannalaugar 24. ágúst 2011							
1	09:44	36	6,5	0	3	2	1.400
2	12:25	36	6,6	12	5	1	1.800
3	14:55	36	6,7	18	11	1	2.300
4	17:45	38	6,6	24	3	2	1.300
5	20:14	46	6,7	22	4	3	1.900

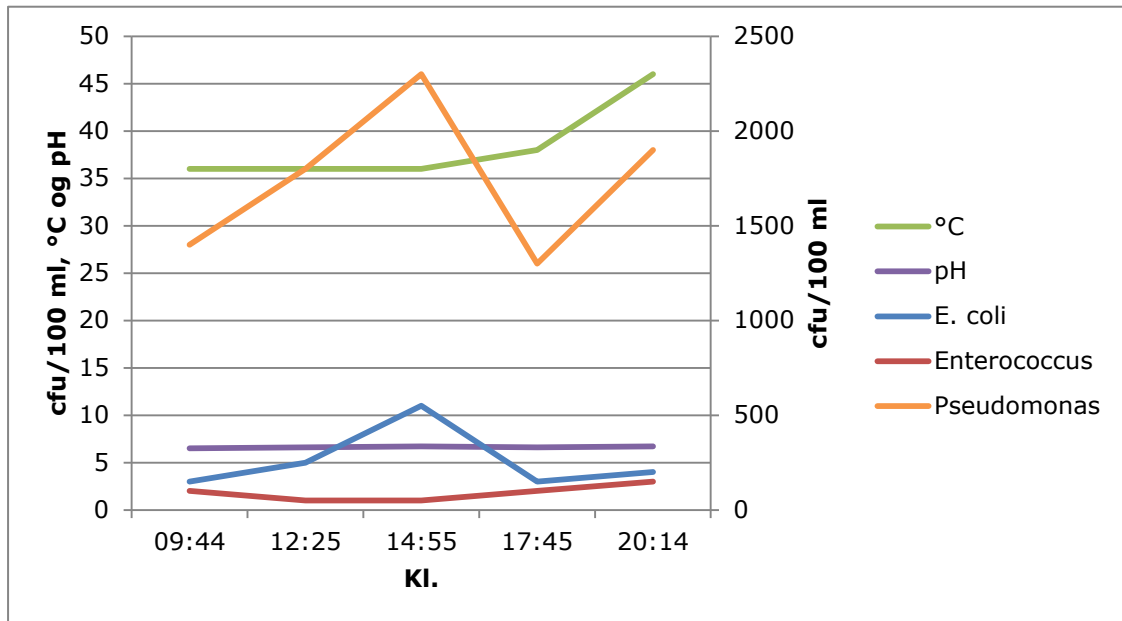
(-) Ekki mælt í laug.



Mynd 5.1 Niðurstöður frá Lýsuhólslaug.



Mynd 5.2 Niðurstöður frá Hveravöllum. Magn Pseudomonas er á hægri ás.

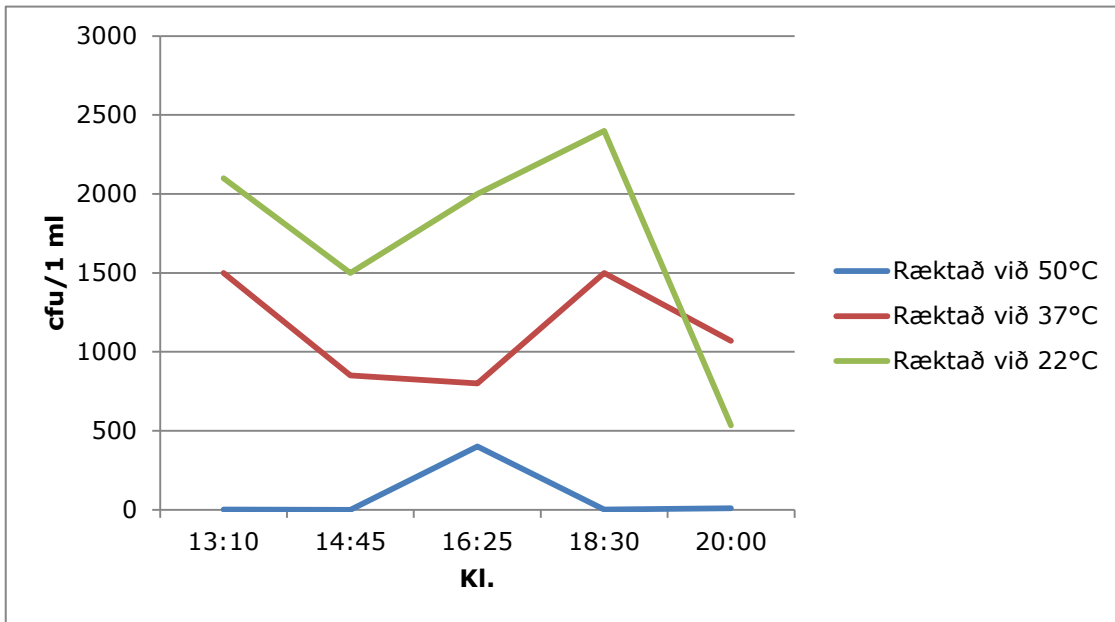


Mynd 5.3 Niðurstöður frá Landmannalaugum. Magn *Pseudomonas* er á hægri ás.

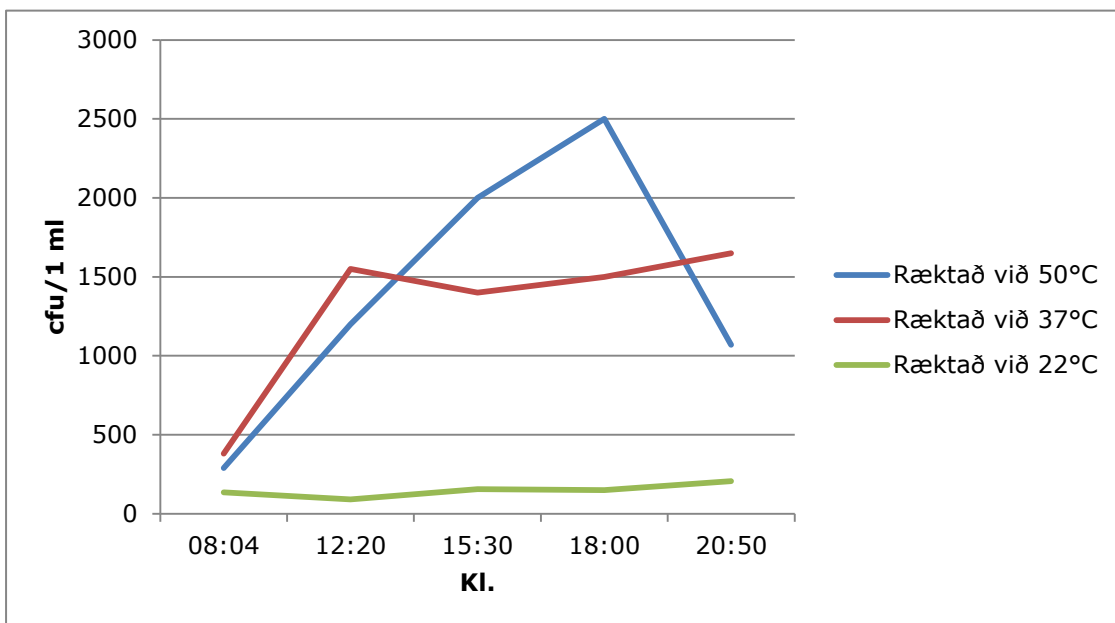
Niðurstöður heildarbakteríufjölda við ræktun á alhliða æti eru dregnar saman í töflu 5.2 og á myndum 5.4-5.6. Heildarbakteríufjöldinn miðast við 1 ml af sýni.

Tafla 5.2 Heildarbakteríufjöldi við ræktun úr laugunum þremur.

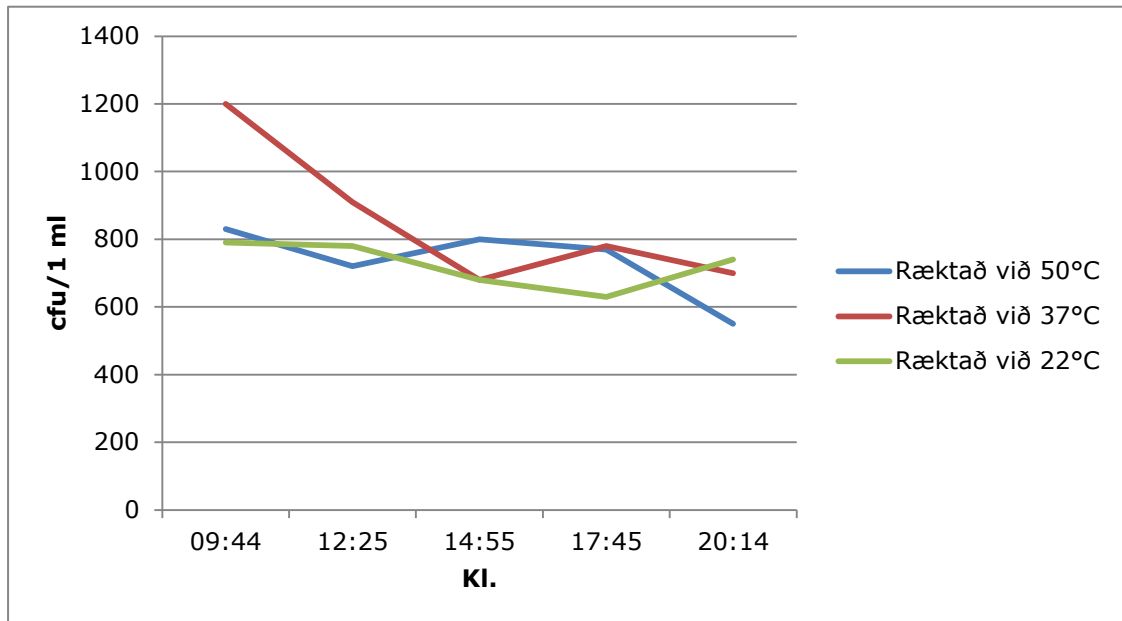
Sýni	Ræktað við 50°C	Ræktað við 37°C	Ræktað við 22°C
Lýsuhólslaug 17. júlí 2011			
1	2	1.500	2.100
2	0	850	1.500
3	400	800	2.000
4	1	1.500	2.400
5	10	1.070	535
Hveravellir 14. ágúst 2011			
1	290	380	135
2	1.200	1.550	90
3	2.000	1.400	155
4	2.500	1.500	150
5	1.070	1.650	205
Landmannalaugar 24. ágúst 2011			
1	830	1.200	790
2	720	910	780
3	800	680	680
4	770	780	630
5	550	700	740



Mynd 5.4 Heildarbakteríufjöldi í sýnum úr Lýsuhólslaug (ræktun).



Mynd 5.5 Heildarbakteríufjöldi í sýnum frá Hveravöllum (ræktun).



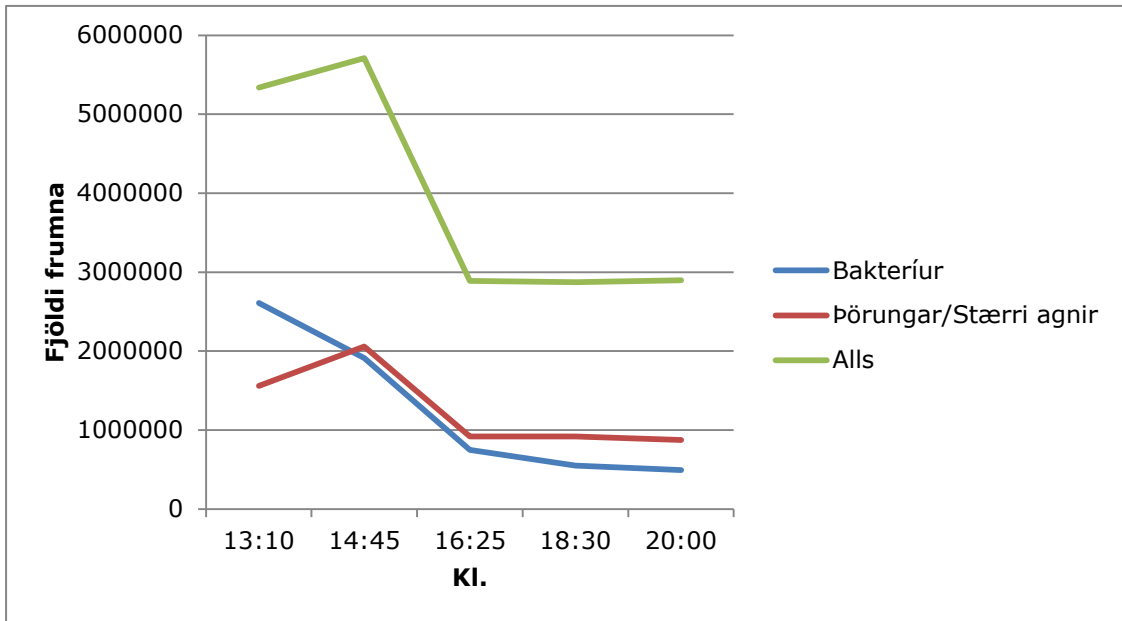
Mynd 5.6 Heildarbakteríufjöldi í sýnum frá Landmannalaugum (ræktun).

5.1.2 Frumutalning

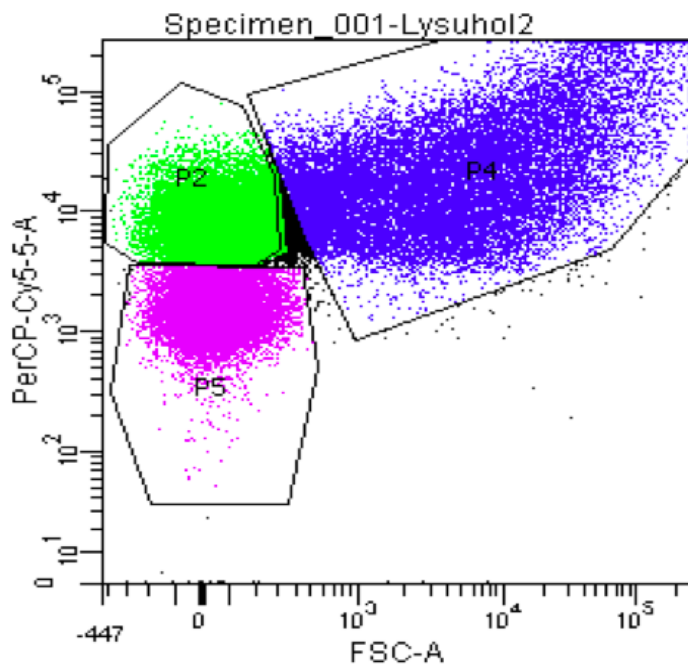
Niðurstöður heildarfrumufjölda eftir talningu örvera í örverugreini (flow cytometry) eru dregnar saman í töflu 5.3 og á myndum 5.7-5.12. Heildarfjöldinn miðast við 1 ml af sýni.

Tafla 5.3 Heildarfrumufjöldi úr laugunum þremur.

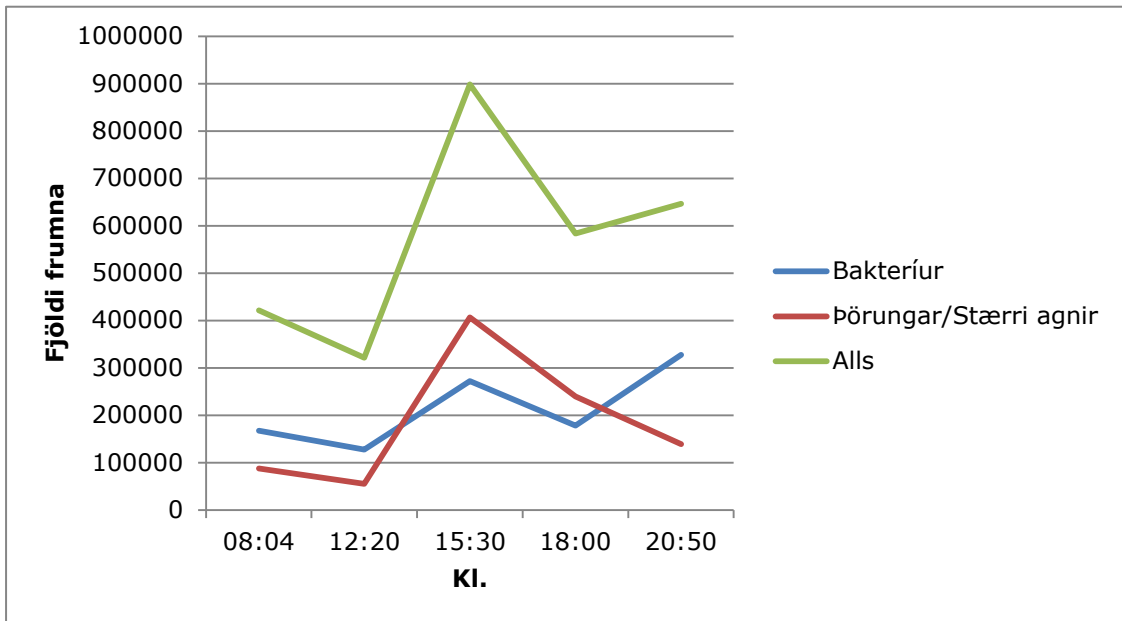
Sýni	Bakteríur	Þörungar/Stærri agnir	Heildarfjöldi (alls)
Lýsuhólslaug 17. júlí 2011			
1	$2,6 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$5,3 \times 10^6$
2	$1,9 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$5,7 \times 10^6$
3	$7,5 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$	$2,8 \times 10^6$
4	$5,4 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$	$2,8 \times 10^6$
5	$4,9 \times 10^5$	$8,7 \times 10^5$	$2,8 \times 10^6$
Hveravellir 14. ágúst 2011			
1	$1,6 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$
2	$1,2 \times 10^5$	$5,5 \times 10^4$	$3,2 \times 10^5$
3	$2,7 \times 10^5$	$4,0 \times 10^5$	$8,9 \times 10^5$
4	$1,7 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$5,8 \times 10^5$
5	$3,2 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$
Landmannalaugar 24. ágúst 2011			
1	$1,1 \times 10^5$	$2,9 \times 10^4$	$2,3 \times 10^5$
2	$1,2 \times 10^5$	$5,4 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$
3	$1,4 \times 10^5$	$6,4 \times 10^4$	$3,0 \times 10^5$
4	$1,1 \times 10^5$	$3,3 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$
5	$1,3 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$	$2,5 \times 10^5$



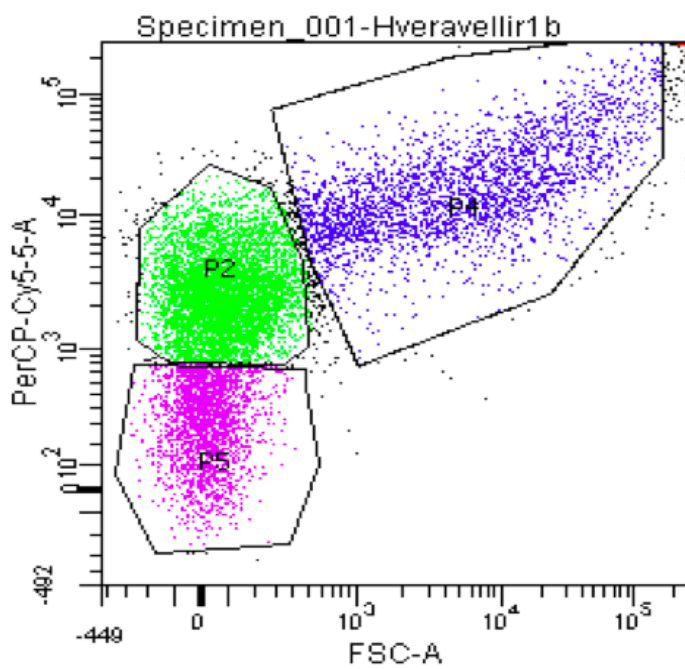
Mynd 5.7 Frumutalning úr sýnum frá Lýsuhólslaug.



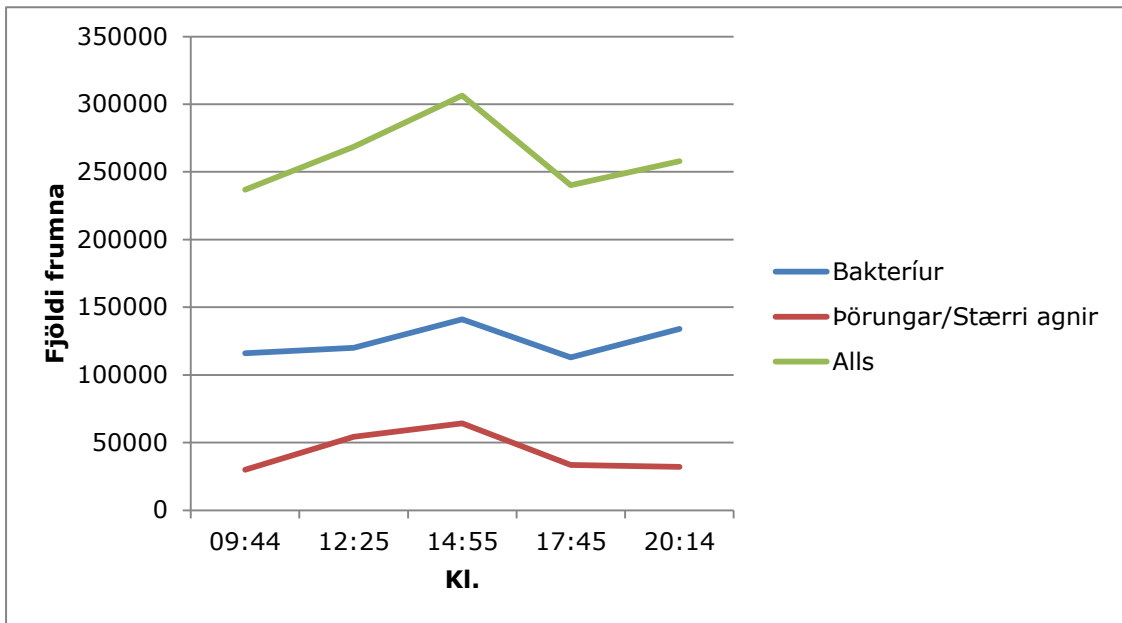
Mynd 5.8 Frumutalning úr sýni 2 úr Lýsuhólslaug. Bakteríur (grænt), þörungar/stærri agnir (blátt) og bakgrunnsgildi (bleikt).



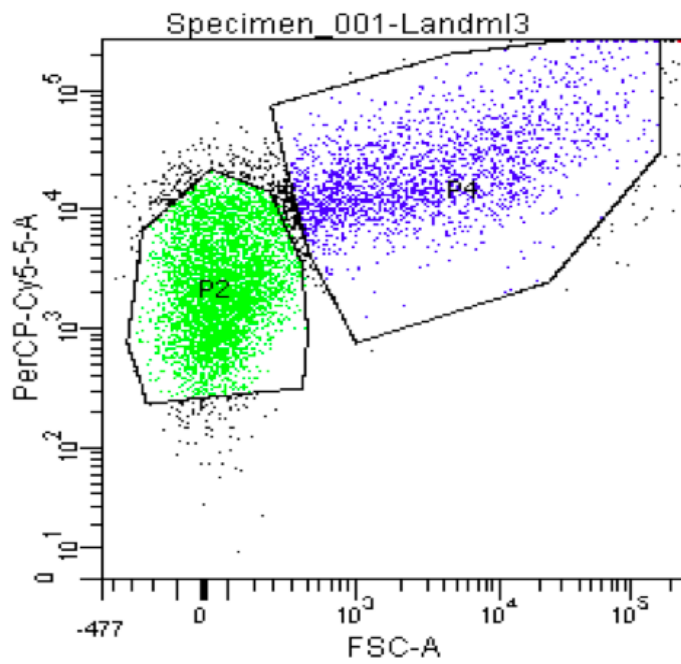
Mynd 5.9 Frumutalning úr sýnum frá lauginni á Hveravöllum.



Mynd 5.10 Frumutalning úr sýni 1 úr lauginni á Hveravöllum. Bakteríur (grænt), þörungar/stærri agnir (blátt) og bakgrunnsgildi (bleikt).



Mynd 5.11 Frumutalning úr sýnum frá Landmannalaugum.



Mynd 5.12 Frumutalning úr sýni 3 úr laugalæknum, Landmannalaugum. Bakteríur (grænt) og þörungar/stærri agnir (blátt).

5.1.3 Raðgreining 16S rRNA gena

Klónar úr síuðum vatnssýnum

Í töflum 5.4-5.9 koma þeir klónar fram sem greindir voru með 16S rRNA gena raðgreiningu og samsvörun við nánasta ættingja, flokkað eftir laugum. Alls (úr öllum laugum) voru raðgreind gen 93 bakteríuklóna sem voru frá 510 til 629 basapör að lengd. 22 klón voru með $\leq 97\%$ samsvörun við næsta þekkta viðmiðunarstofn, þar af 3 klón sem ekki tókst að setja í ákveðna bakteríufylkingu. Á myndum 5.4-5.6 eru ættartré klónanna úr sýnunum þremur og viðmiðunarraðir með mestu samsvörunina sýnd. Við hlið ættartrjáanna er kvarði sem sýnir hve skyldleikinn er mikil á milli klóna og þekktra viðmiðunarraða. Kvarðinn er 0,1 sem merkir að lengd kvarðans jafngildir að skyldleikinn sé 10% frá viðkomandi röð.

Lýsuhólslaug

Um 600 bp af 16S rRNA geninu voru raðgreind úr 32 klónum úr sýni 5. Í töflu 5.4 má sjá niðurstöður samsvörunarfylkja (e. *similarity matrix*) úr forritinu MEGA þar sem 98-100% samsvörun við næsta viðmiðunarstofn er tekin fram.

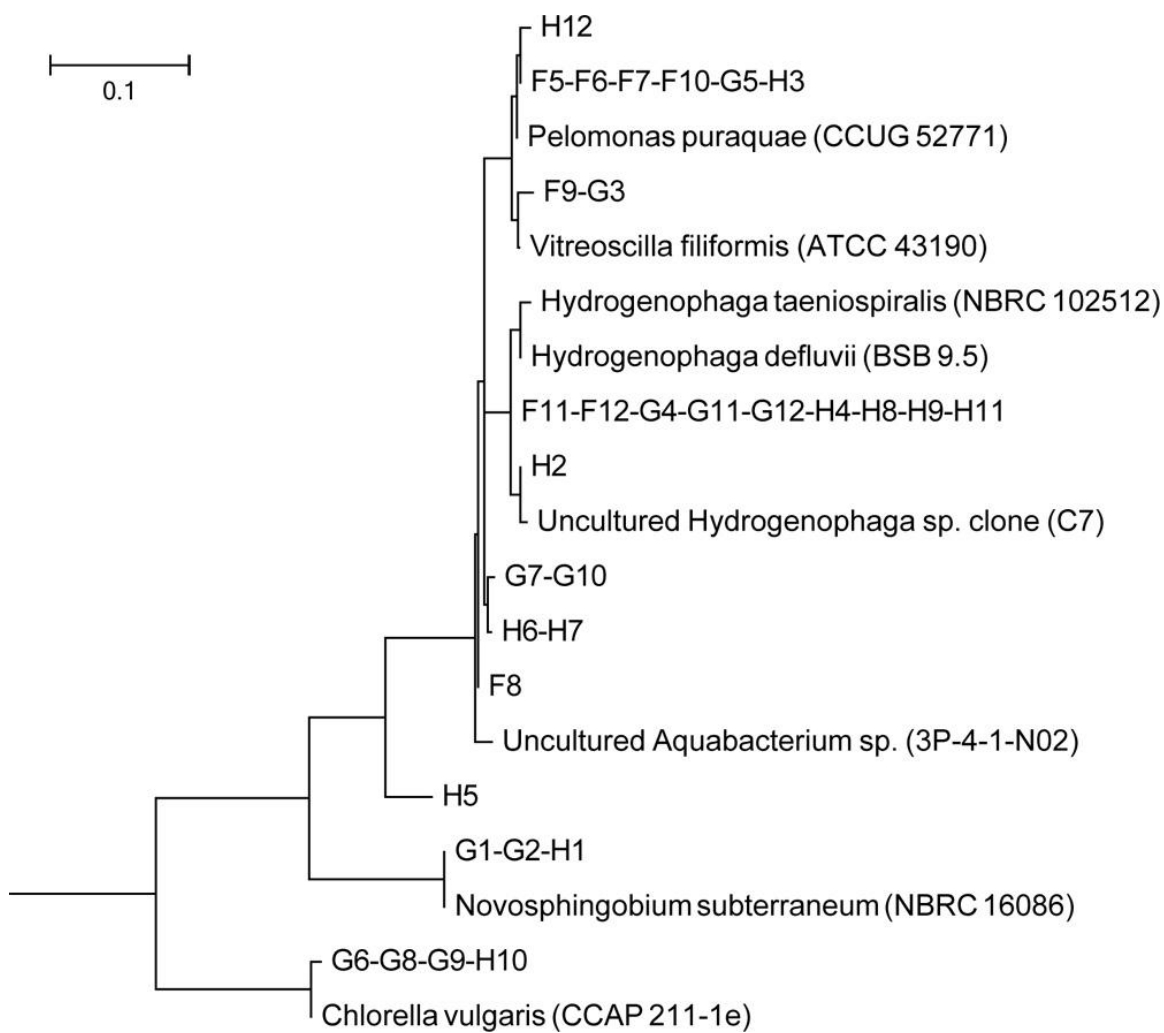
Tafla 5.4 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
G1, G2, H1	<i>Novosphingobium subterraneum</i> (NBRC 16086)	100%
H12, F5, F6, F7, F10, G5, H3	<i>Pelomonas puraquae</i> (CCUG 52771)	99-100%
F8	Uncultured <i>Aquabacterium</i> sp. (3P-4-1-N02)	99%
F9, G3	<i>Vitreoscilla filiformis</i> (ATCC 43190)	99%
F11, F12, G4, G11, G12, H4, H8, H9, H11	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> (NBRC 102512)	99%
H2	<i>Hydrogenophaga defluvii</i> (BSB 9.5)	99%
G6, G8, G9, H10	<i>Chlorella vulgaris</i> (CCAP 211-1e)	99%
H6, H7	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> (NBRC 102512)	98%

Af hinu þróunarfræðilegu tré (mynd 5.13) má sjá að sjö klón hópast saman og tilheyra tegundinni *Pelomonas puraquae*. 11 klón eru af tegundinni *H. taeniospiralis* og eitt af tegundinni *H. defluvii*. Fjögur klón eru af tegundinni *Chlorella vulgaris*, þrjú af tegundinni *Novosphingobium subterraneum*, tvö af tegundinni *Vitreoscilla filiformis* og eitt af óræktaðri *Aquabacterium*-tegund. Fyrir þrjú klón var aðeins hægt að finna fjarskylda röð, með 89% til 97% samsvörun við þekktar raðir (sjá töflu 5.5).

Tafla 5.5 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
G7, G10	<i>Vitreoscilla filiformis</i> (ATCC 43190)	97%
	<i>Pelomonas puraquae</i> (CCUG 52771)	
	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> (NBRC 102512)	
	<i>Hydrogenophaga defluvii</i> (BSB 9.5)	
H5	Uncultured <i>Hydrogenophaga</i> sp. (C7)	89%



Mynd 5.13 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum (u.þ.b. 600 basar) úr lífverum í Lýsuhólslaug. Úthópur er *Aquifex aeolicus* (VF5).

Hveravellir

Um 600 bp af 16S rRNA geninu voru raðgreind úr 29 klónum úr sýni 5. Í töflu 5.6 má sjá niðurstöður samsvörunarfylkja úr forritinu MEGA þar sem 98-100% samsvörun við næsta viðmiðunarstofn er tekin fram.

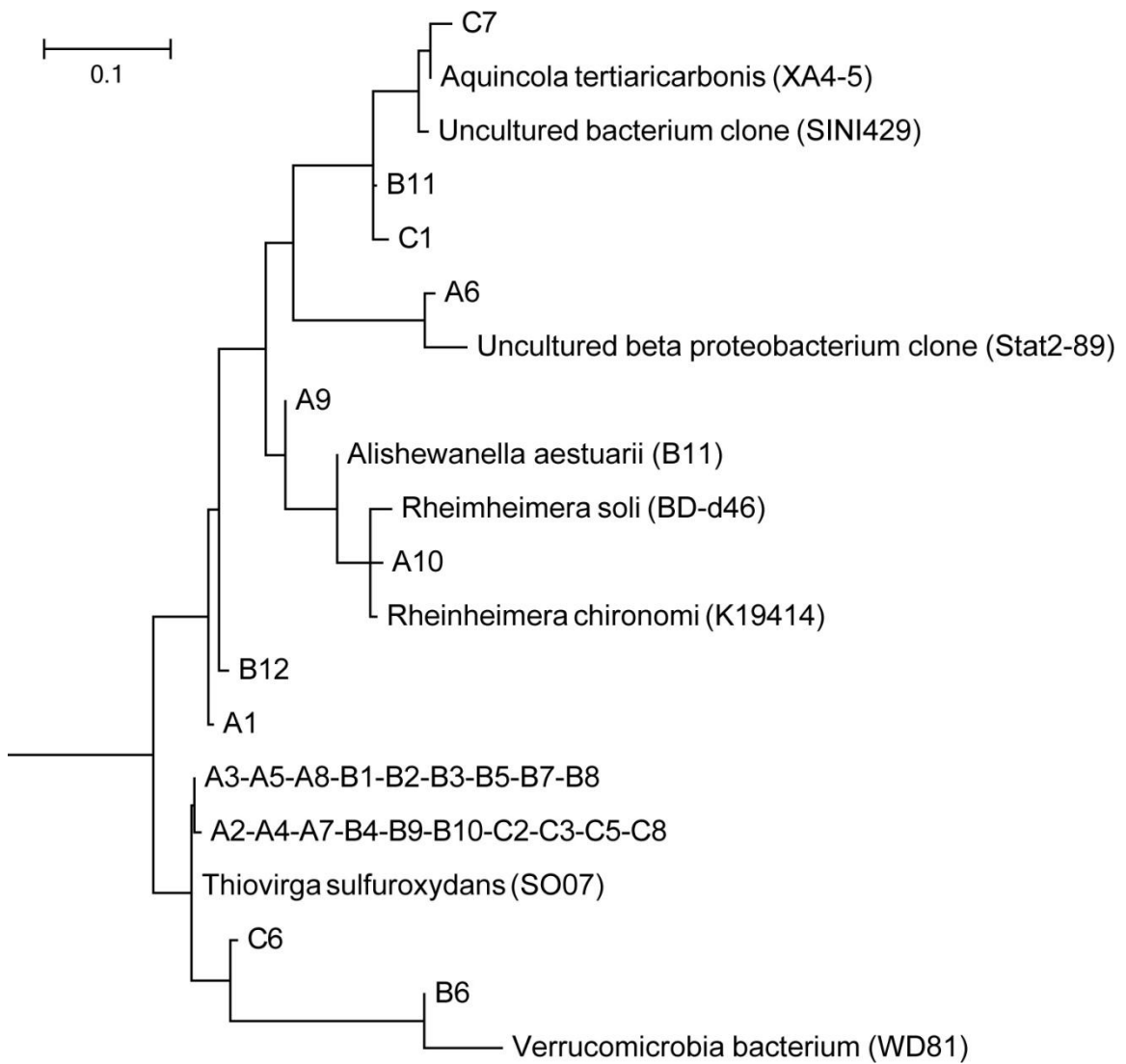
Tafla 5.6 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
A2, A3, A4, A5, A7, A8, B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B9, B10, C2, C3, C5, C8	<i>Thiovirga sulfuroxydans</i> (SO07)	99-100%
A10	<i>Rheinheimera chironomi</i> (K19414)	98%

Af hinu þróunarfræðilegu tré (mynd 5.14) má sjá að 19 klón hópast saman og tilheyra tegundinni *Thiovirga sulfuroxydans*, og eitt klón samsvarar *Rheinheimera chironomi*. Fyrir níu klón var aðeins hægt að finna fjarskylda röð, með 82% til 97% samsvörun við þekktar raðir (sjá töflu 5.7). Einnig var um að ræða raðir sem hafa verið uppgötvaðar með raðgreiningu, en þessar tegundir hefur ekki tekist að rækta upp á hefðbundnum ætum og það er ekki búið að gefa þeim heiti eða lýsa tegundinni.

Tafla 5.7 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
C7	<i>Aquicola tertiaricarbonis</i> (XA4-5)	97%
C6	<i>Thiovirga sulfuroxydans</i> (SO07)	94%
B11	Uncultured bacterium clone (SINI429)	92%
C1	<i>Aquicola tertiaricarbonis</i> (XA4-5)	92%
A6	Uncultured <i>beta proteobacterium</i> (Stat2-89)	92%
A9	<i>Alishewanella aestuarii</i> (B11)	92%
B6	<i>Verrucomicrobia</i> bacterium (WD81)	88%
A1	<i>Rheinheimera soli</i> (BD-d46)	85%
B12	<i>Thiovirga sulfuroxydans</i> (SO07)	82%



Mynd 5.14 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum (u.þ.b. 600 basar) úr lífverum í lauginni á Hveravöllum. Úthópur er *Aquifex aeolicus* (VF5).

Landmannalaugar

Um 600 bp af 16S rRNA geninu voru raðgreind úr 32 klónum úr sýni 5. Í töflu 5.8 má sjá niðurstöður samsvörunarfylkja úr forritinu MEGA þar sem 98-100% samsvörun við næsta viðmiðunarstofn er tekin fram.

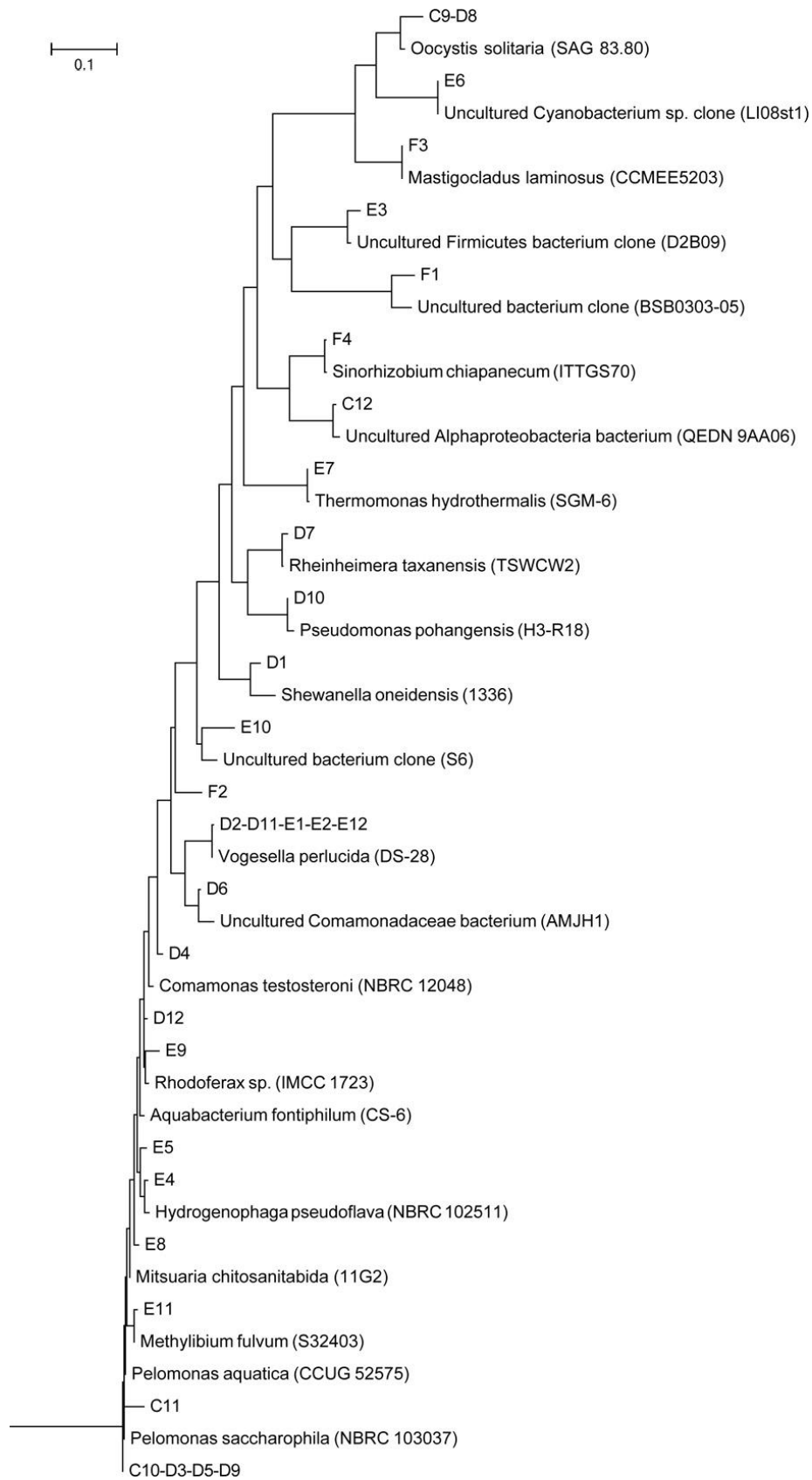
Tafla 5.8 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
D2, D11, E1, E2, E12	<i>Vogesella perlucida</i> (DS-28)	100%
C10, D3, D5, D9	<i>Pelomonas saccharophila</i> (NBRC 103037)	100%
F3	<i>Mastigocladus laminosus</i> (CCMEE5203)	100%
E7	<i>Thermomonas hydrothermalis</i> (SGM-6)	100%
E11	<i>Methylibium fulvum</i> (S32403)	100%
F4	<i>Sinorhizobium chiapanecum</i> (ITTGS70)	100%
E6	Uncultured <i>Cyanobacterium</i> sp. (LI08st1)	100%
C12	Uncultured <i>Alphaproteobacteria</i> bacterium (QEDN 9AA06)	99%
E8	<i>Mastigocladus laminosus</i> (CCMEE5203)	99%
D6	Uncultured <i>Comamonadaceae</i> bacterium (AMJH1)	98%
D7	<i>Rheinheimera taxanensis</i> (TSWCW2)	99%
D10	<i>Pseudomonas pohangensis</i> (H3-R18)	99%
D12	<i>Rhodofera</i> sp. (IMCC 1723)	99%
E4	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> (NBRC 102511)	99%
E3	Uncultured <i>Firmicutes</i> bacterium (D2B09)	98%

Af hinu þróunarfræðilegu tré (mynd 5.15) má sjá að fjölbreytnin er mestur í sýninu úr Landmannalaugum og aðeins fimm klón hópast saman og tilheyra tegundinni *Vogesella perlucida* og fjögur *Pelomonas saccharophila*. Fyrir tíu klón var aðeins hægt að finna fjarskylda röð, með 93% til 97% samsvörun við þekktar raðir (sjá töflu 5.9). Einnig var um að ræða raðir sem hafa verið uppgötvaðar með raðgreiningu, en þessar tegundir hefur ekki tekist að rækta upp á hefðbundnum ætum og það er ekki búið að gefa þeim heiti eða lýsa tegundinni.

Tafla 5.9 Næsti viðmiðunarstofn og samsvörun við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Klónar	Tegundagreining	Samsvörun
E9	<i>Pelomonas saccharophila</i> (NBRC 103037) <i>Comamonas testosteroni</i> (NBRC 12048) <i>Rhodoferax</i> sp. (IMCC 1723) <i>Aquabacterium fontiphilum</i> (CS-6) <i>Methylibium fulvum</i> (S32403)	97%
E5	<i>Aquabacterium fontiphilum</i> (CS-6) <i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> (NBRC 102511)	97%
C11	<i>Pelomonas saccharophila</i> (NBRC 103037) <i>Pelomonas aquatica</i> (CCUG 52575)	97%
D4	<i>Comamonas testosteroni</i> (NBRC 12048)	97%
C9, D8	<i>Oocystis solitaria</i> (SAG 83.80)	96%
D1	<i>Shewanella oneidensis</i> (1336)	95%
F2	<i>Mitsuaria chitosanitabida</i> (11G2)	95%
F1	Uncultured bacterium clone (BSB0303-05)	94%
E10	Uncultured bacterium clone (S6)	93%

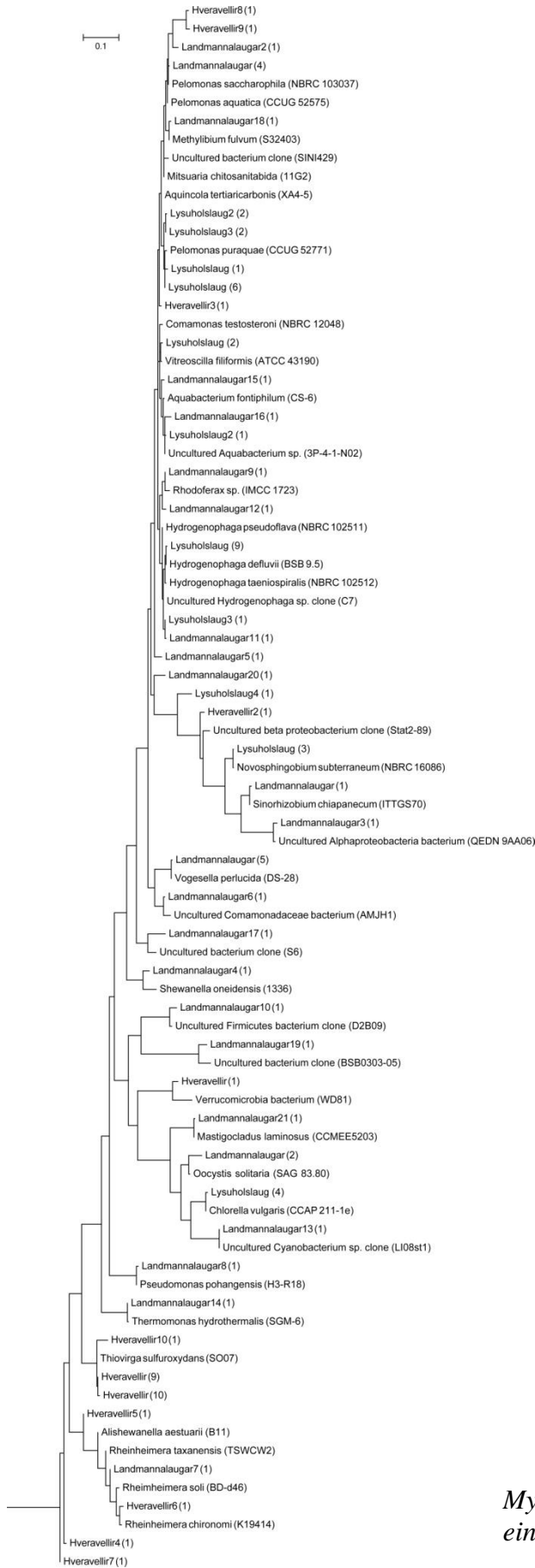


Mynd 5.15 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum (u.þ.b. 600 basar) úr lífverum í Laugalæknum í Landmannalaugum. Úthópur er *Aquifex aeolicus* (VF5).

Tafla 5.10 sýnir fjölbreytileika ættkvísla í laugunum þremur. Engin tegund greindist í fleiri en einni laug. Á mynd 5.16 má sjá hið þróunarfræðilega tré fyrir öll klónin úr laugunum þremur. Ef fleiri en eitt klón er eins er fjöldi þeirra sýndur í sviga fyrir aftan heiti laugarinnar.

Tafla 5.10 Fjöldi klóna af hverri ættkvísl (eða flokk/ætt) raðað eftir laugum.

Viðmiðunarstofn	Lýsuhólslaug	Hveravellir	Landmannalaugar
<i>Novosphingobium</i>	3		
<i>Pelomonas</i>	7		6
Uncultured <i>Aquabacterium</i> sp.	1		
<i>Vitreoscilla</i>	4		
<i>Hydrogenophaga</i>	13		1
<i>Chlorella</i>	4		
<i>Aquicola</i>		1	
<i>Thiovirga</i>		21	
Uncultured bacterium clone		1	
Uncultured <i>beta proteobacterium</i>		1	
<i>Alishewanella</i>		1	
<i>Verrucomicrobia</i>		1	
<i>Rheinheimera</i>		2	1
<i>Vogesella</i>			5
<i>Mastigocladus</i>			1
<i>Thermomonas</i>			1
<i>Methylibium</i>			1
<i>Sinorhizobium</i>			1
Uncultured <i>Cyanobacterium</i> sp.			1
Uncultured <i>Alphaproteobacteria</i>			1
Uncultured <i>Comamonadaceae</i>			1
<i>Pseudomonas</i>			1
<i>Rhodofera</i>			1
Uncultured <i>Firmicutes</i> bacterium			1
<i>Comamonas testosteroni</i>			1
<i>Aquabacterium</i>			1
<i>Oocystis</i>			1
<i>Shewanella</i>			1
<i>Mitsuaria</i>			1
Uncultured bacterium clone			1
Uncultured bacterium clone			1



Mynd 5.16 Klón úr laugunum þremur í einu þróunarfræðilegu tréi.

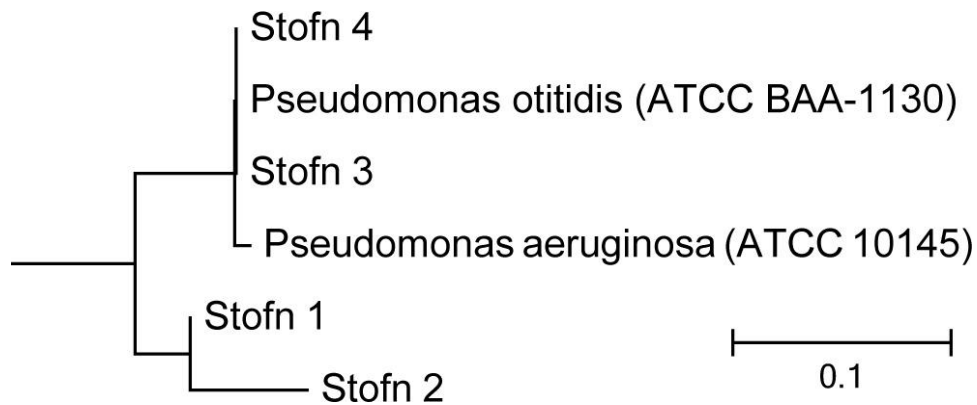
Pseudomonas sp.

Þar sem ekki fékkst nákvæm staðfesting á *Pseudomonas aeruginosa* með myndun ammoníak úr rækt í acetamide vökvaeti var ákveðið að raðgreina fjóra stofna fyrir nákvæmari niðurstöðu. Stofnar 1 og 2 eru frá Landmannalaugum og stofnar 3 og 4 eru frá Hveravöllum. Stofnarnir komu úr sýnum 4 og 5 frá báðum stöðunum.

Tafla 5.11 Næsti viðmiðunarstofn *Pseudomonas* sp. og samsvörun stofna við hann samkvæmt 16S rRNA raðgreiningar samsvörunarfylki.

Stofn	Tegundagreining	Samsvörun
1	<i>Pseudomonas otitidis</i> (ATCC-BAA-1130)	93%
2	<i>Pseudomonas otitidis</i> (ATCC-BAA-1130)	87%
3	<i>Pseudomonas otitidis</i> (ATCC-BAA-1130)	100%
4	<i>Pseudomonas otitidis</i> (ATCC-BAA-1130)	100%

Af hinu þróunarfræðilegu tré (mynd 5.17) má sjá að stofnar 3 og 4 hafa 100% samsvörun við *P. otitidis* og 99% samsvörun við *P. aeruginosa*. Stofnar 1 og 2 eru fjarskyldir þeim.



Mynd 5.17 Þróunarfræðilegt tré byggt á 16S rRNA genaröðum (u.þ.b. 600 basar). Úthópur er *Aquifex aeolicus* (VF5).

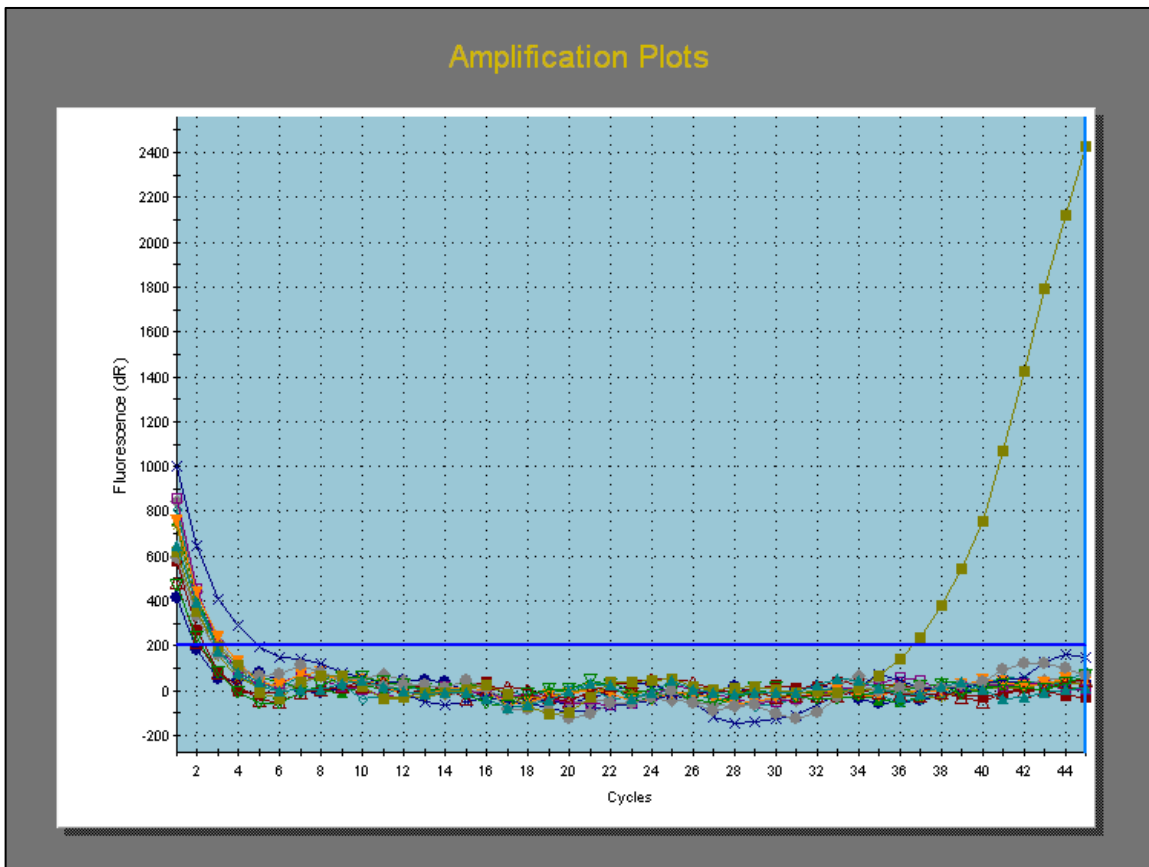
5.1.4 Greining á nóróveiru

Nóróveira greindist ekki í sýnunum úr laugunum þremur.

Tafla 5.12 Niðurstöður úr nóróveirugreiningu.

Sýni	Lýsuhólslaug	Hveravellir	Landmannalaugar
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-

(+) Jákvætt (-) Neikvætt



Mynd 5.18 Real time PCR sem sýnir flúrmögnun á jákvæðu sýni sem var notað sem viðmiðun (e. control).

5.2 Öryggismál

Kafla 2.3.2. fjallaði um öryggiskröfur sem eru gerðar til sundlauga. Náttúrulegar falla ekki undir reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og því gilda engar reglur um öryggismál við þær. Ef það er rekstur í kringum náttúrulegina ákveða rekstraraðilar hvernig öryggismálanum er háttað, annars eru þau engin. Ef laugin er skilgreind sem sundlaug í C flokki reglugerðar nr. 814/2010 er hægt að setja ákveðnar kröfur um heilbrigðis- og öryggismál, og fer Heilbrigðiseftirlit viðkomandi landssvæða með eftirlit.

Hættur voru skilgreindar í kafla 2.3.1. sem sýkingar af völdum örvera, fallhætta, mænuskaði við dýfingar, drukknun, nærdrukkun og bruni eða blóðþrýstingsfall vegna hitastigsbreytinga. Hugað var að öryggismálum með einum eða öðrum hætti við laugarnar þrjár sem heimsóttar voru til sýnatöku (sjá töflu 5.13).

Tafla 5.13 Öryggisatriði sem fjallað er um í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og Bláfánanum, og aðstæðan við náttúrulegarnar þrjár.

	Lýsuhólslaug	Hveravellir	Landmannalaugar
Örverumælingar	Ekki reglulegt	Nei	Nei
Laugargæsla	2 starfsmenn	Nei, starfsmenn í skálum hafa ekki yfirsýn yfir laugina	Nei, starfsmenn í skálum hafa ekki yfirsýn yfir laugina
Fylgst með hitastigi vatns	Já	Nei	Nei
Dýptarmerkingar	Já	Nei	Nei
Aðrar varúðarmerkingar	Vegna hálfu Bann við dýfingar Enginn klór í laug	Laugarreglur	Sundmannakláði Bað á eigin ábyrgð
Armkútar	Já	Nei	Nei
Öryggisbúnaður	Fyrsta hjálp Hjartastuðtæki	Fyrsta hjálp	Hálendisgæslan með aðstöðu í slysavarnarkofa
Drykkjarvatn	Já	Nei, en hægt er að kaupa vatn í flösku	Já
Öruggur aðbúnaður	Tröppur í laug og pott Pottur afgirtur	Pallur úr timbri Tröppur úr klöpp	Pallur og tröppur úr timbri

5.2.1 Öryggismerkingar

Lýsuhólslaug

Við Lýsuhólslaug eru tvö skilti sem vara við hálfu á sundlaugarbakkanum og einnig er skilti sem gefur til kynna að dýfingar eru bannaðar (mynd 5.19). Á þremur stöðum við laugina er dýpi merkt (mynd 5.20).



Mynd 5.19 Skilti við Lýsuhólslaug.



Mynd 5.20 Skilti við Lýsuhólslaug.

Hveravellir

Við laugina á Hveravöllum er búið að setja upp plastað blað með s.k. „laugarreglum“ á ensku (e. *pool rules*) þar sem fram kemur að vatnið úr inntaksrörinu er mjög heitt (80-90°C), að halda skal svæðinu snyrtilegu, glerflöskur eru ekki leyfðar í og við laugina og að ró skal vera komið á við laugina kl. 24:00 (mynd 5.21). Einnig er lítið skilti áður en gengið er að hverasvæðinu sem varar við hitanum (80-100°C) en það skilti sést ekki frá lauginni (mynd 5.22).



Mynd 5.21 Skilti á Hveravöllum.



Mynd 5.22 Skilti á Hveravöllum.

Landmannalaugar

Við Landmannalaugar er skilti á íslensku, ensku, frönsku og þýsku sem segir að fólk baði sig í lauginni á eigin ábyrgð. Einnig er skilgreint hvað náttúruleg laug er (mynd 5.23). Þegar komið er að lauginni er búið að líma upp blað þar sem fram kemur að „böð í lauginni getur valdið sundmannakláða og er á ábyrgð baðgesta“ (mynd 5.24) á íslensku og ensku. Einnig er skilti sem segir að glerumbúðir eru bannaðar í lauginni (mynd 5.25). Inni í gistiskála er blað með upplýsingum um sundmannakláða á íslensku og ensku (mynd 5.26).



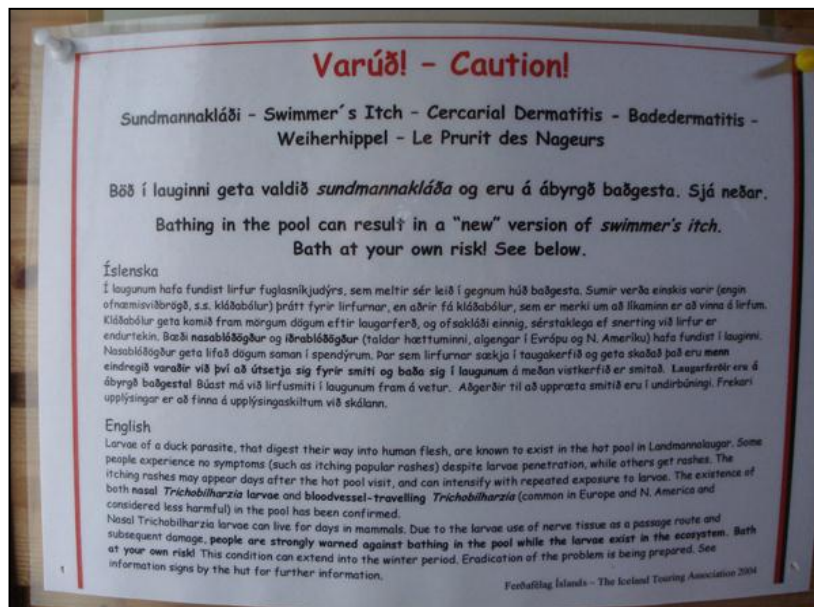
Mynd 5.23 Skilti við Landmannalaugar.



Mynd 5.24 Skilti við Landmannalaugar.



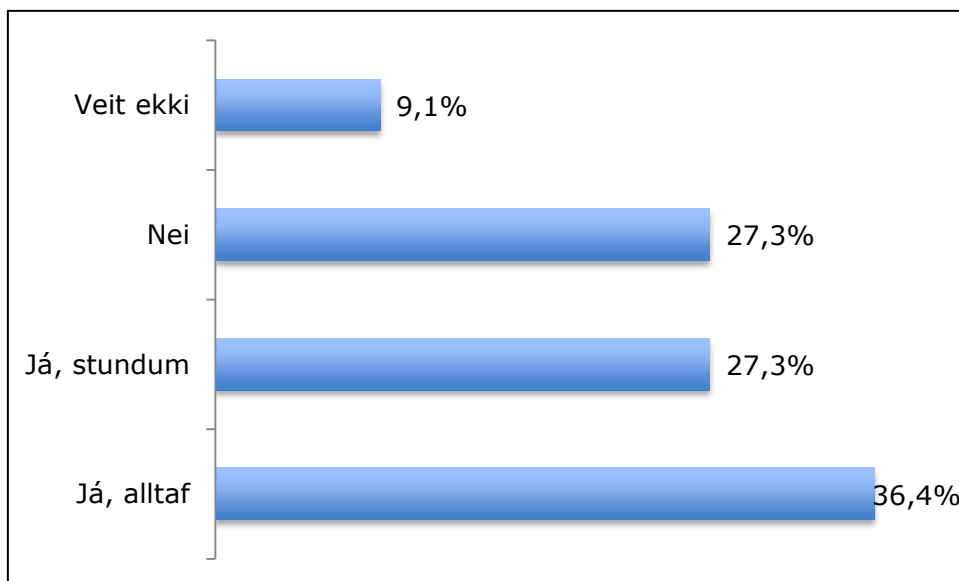
Mynd 5.25 Skilti við Landmannalaugar.



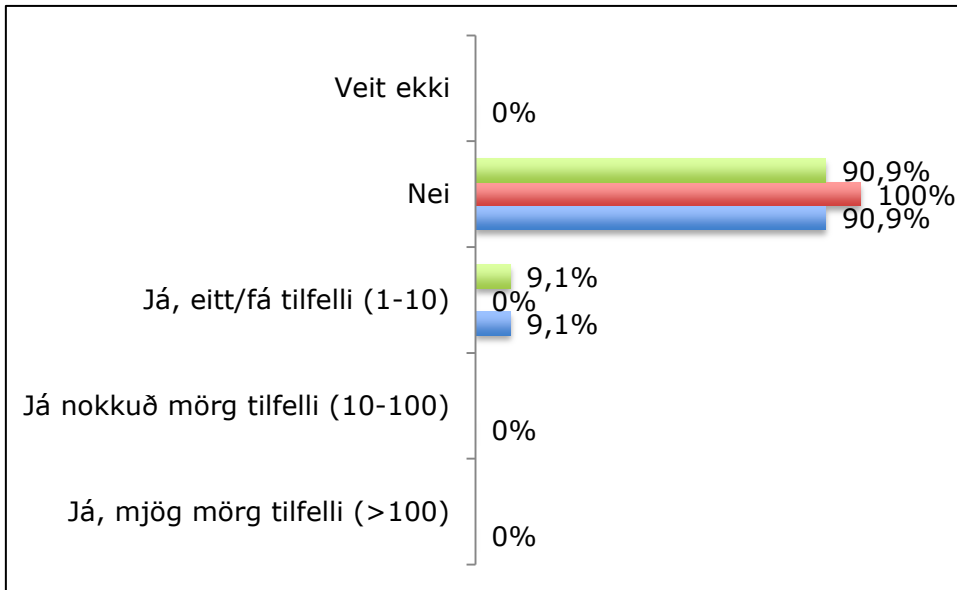
Mynd 5.26 Skilti við Landmannalaugar.

5.2.2 Ferðapjónustuaðilar

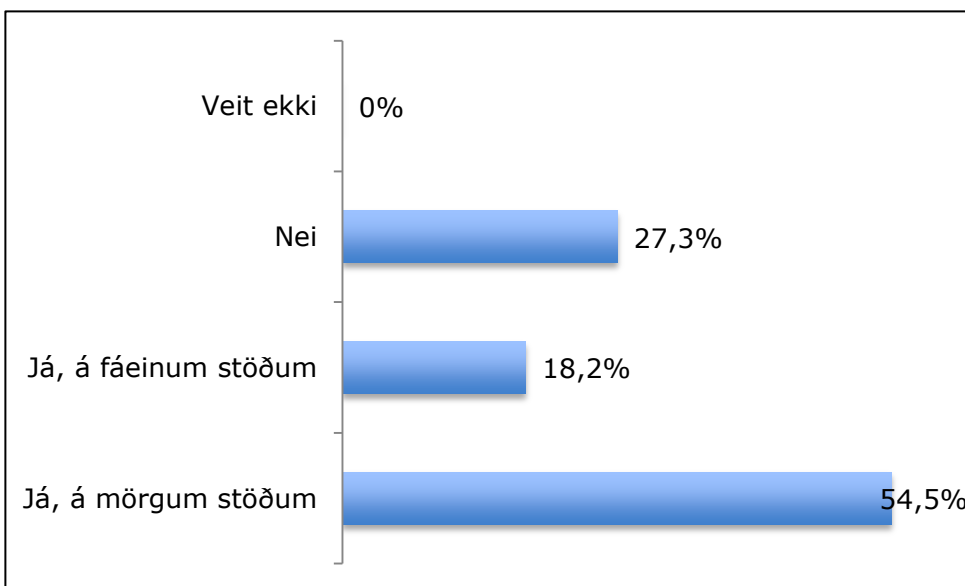
11 af 14 ferðapjónustuaðilum sem bjóða upp á ferðir þar sem ferðamenn geta baðað sig í náttúrulegum á Íslandi svöruðu könnuninni sem send var í tölvupósti. Meirihluti svarenda (63,7%) svöruðu því að þeir láta ferðamenn vita að þeir baði sig í náttúrulegum á eigin ábyrgð. Aðeins einn ferðapjónustuaðili hafði orðið var við það að laugargestir höfðu orðið fyrir sundmannakláða og miklum hita (eitt eða fá tilfelli). Flestum (72,7%) fannst að bæta megi merkingar við náttúrulegar.



Mynd 5.27 Hlutfall þeirra ferðapjónustuaðila sem láta ferðamenn vita af því að þeir baði sig í náttúrulegum á eigin ábyrgð í þeirra ferðum.



Mynd 5.28 Hlutfall þeirra ferðaðjónustuaðila sem hafa orðið varir við það að ferðamenn (á þeirra vegum eða annarra) hafi orðið fyrir: 1) óþægindum af völdum sundmannakláða eftir að hafa baðað sig í náttúrulaug (græn súla), 2) öðrum óþægindum eftir að hafa baðað sig í náttúrulaug (t.d. blóðþrýstingsfall, svimi og/eða önnur veikindi) (rauð súla), 3) miklum hita í náttúrulaug (blá súla).



Mynd 5.29 Hlutfall þeirra ferðaðjónustuaðila sem finnst að bæta megi merkingar við náttúrulaugar (t.d. varað við hita/fall í hálku/sundmannakláða eða annað sem við á).

5.3 Flokkun

Laugarnar sem listaðar voru upp í kafla 2.2.1. voru flokkaðar í þrjá flokka með tilliti til eðli og uppbyggingu:

1. Óhreyfðar jarðhitalaugar án stórra mannvirkja.
2. Lítillega hreyfðar jarðhitalaugar með mannvirkjum.
3. Jarðhitalaugar byggðar af mönnum.

5.3.1 Óhreyfðar jarðhitalaugar án stórra mannvirkja

Skilgreining: *Laug eða lækur þar sem heitt jarðvatn hefur safnast fyrir þannig að hægt sé að baða sig í því. Lítillega mótuð eða breytt af mönnum, t.d. með gróthleðslu, tröppum, leiðslum o.s.frv. Laugin er ekki meðhöndluð með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun.*

Tafla 5.14 Laugar í 1. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Póra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavefjá.is, e.d.).

Heiti	Staðsetning	GPS-hnit
1. Borholan í Kerlingafjöllum	Árnessýsla	N64°40.415 W19°17.605
2. Þórunnarlaug	Skagafjarðarsýsla	N65°01.822 W18°19.770
3. Nautöldulaug /Ólafslaug	Þjórsárver, Árnessýsla	N64°38.765 W18°46.200
4. Strútslaug	Rangárvallasýsla	N63°52.504 W18°56.677
5. Vonarskarð /Snapadalur /Lægðin	Rangárvallasýsla	N64°41.451 W17°52.887
6. Hitulaug /Baldurslaug /Volgalaug	Suður-Þingeyjarsýsla	N64°51.677 W17°39.405
7. Laufrandarlaug /Hitulaug ytri	Suður-Þingeyjarsýsla	N64°57.970 W17°40.342
8. Hveragil	Kverkfjöll, Norður-Múlasýsla	N64°41.677 W16°30.387
9. Víti	Askja, Dyngjufjöll	N65°02.825 W16°43.408
10. Guðlaug	Beinadalur, Vestur-Skaftafellssýsla	N64°09.651 W17°29.407
11. Laug í Glúmsstaðarseli	Hrafnkeldalur, Norður-Múlasýsla	N64°56.684 W15°38.408
12. Pottur í Hvammsvík	Hvalfjörður	N64°22.174 W21°34.145
13. Englandshverir	Lundarreykjadalur	N64°29.465 W21°10.645
14. Krosslaug /Reykjalaug	Lundarreykjadalur	N64°30.244 W21°12.235
15. Landbrotalaug	Kolbeinsstaðahreppur, Snæfellsnes	N64°49.933 W22°19.110

16. Rauðamelslaug /Sturlungalaug /Guðmundarlaug	Syðri-Rauðamelskúla, Snæfellsnes	N64°52.206 W22°17.021
17. Sigga	Staðarsveit, Snæfellsnes	N64°50.497 W23°13.027
18. Stjáni	Staðarsveit, Snæfellsnes	N64°50.497 W23°13.027
19. Hörðudalslaug	Dalabyggð	N64°57.225 W21°44.607
20. Vegavinnubaðið	Kjálkafjörður, Austur- Barðastrandasýsla	N65°37.601 W22°56.991
21. Hellulaug	Vatnsfjörður, Vestur- Barðastrandasýsla	N65°34.637 W23°09.579
22. Mórudalslaug	Mórudalur, Vestur- Barðastrandasýsla	N65°32.803 W23°25.180
23. Brúarpotturinn	Tálknafjörður	N65°39.411 W23°54.618
24. Dynjandislaug	Dynjandisvogur, Arnarfirði, Vestur-Ísafjarðarsýsla	N65°44.079 W23°12.439
25. Galtahryggjarlaug /Heydalslaug	Heydalur, Ísafjarðardjúp	N65°50.396 W22°40.676
26. Reykjanes (gamla laugin)	Reykjanes, Ísafjarðardjúp	N65°55.384 W22°25.417
27. Nauteyrarpottur	Nauteyri, Ísafjarðardjúp	N65°55.873 W22°22.458
28. Hákarlavogur	Gjögur, Reykjarnesi, Ströndum	N65°59.931 W21°19.021
29. Þvottalaug í Hveravík	Steingrímsfjörður	
30. Biskupalaug	Hjaltadalur	N65°39.625 W19°04.759
31. Hörgárdalslaug	Hörgárdalur, Eyjafirði	N65°34.527 W18°42.165
32. Hólsgerðislaug	Eyjafjarðardalir	N65°18.428 W18°15.300
33. Draflastaðir	Fnjóskadalur	N65°49.301 W17°54.522
34. Baðlaug við Kaldbak	Húsavík	N66°00.953 W17°21.556
35. Þeistareykjalaug	Þeistareykjabunga, Norður- Þingeyjarsýsla	N65°52.781 W16°57.268
36. Stóragjá	Mývatn, Norður- Þingeyjarsýsla	N65°38.304 W16°54.591
37. Grjótagjá	Mývatn, Norður- Þingeyjarsýsla	N65°37.593 W16°52.974
38. Vogagjá	Mývatn, Norður- Þingeyjarsýsla	
39. Reykjavellir	Skagafjörður	N65°29.728 W19°24.382
40. Presthvammslaug	Þingeyjarsveit	
41. Laugarhús	Hrafnkelsdalur, Norður- Múlasýsla	N64°59.252 W15°35.579
42. Laugarvallalaug	Brúardalir, Norður-Múlasýsla	N65°00.390 W15°45.734
43. Vígðalaug	Laugarvatn, Árnessýsla	N64°12.938 W20°43.782
44. Kúalaug	Haukadalur, Árnessýsla	N64°19.605 W20°16.924
45. Marteinslaug	Haukadalur, Árnessýsla	N64°19.634 W20°16.769
46. Opnur	Hveragerði	N63°58.875 W21°10.591
47. Klambragil	Ölkelduháls, Árnessýsla	N64°02.915 W21°13.352
48. Rjúpnabrekkur og Varmá	Reykjadalur, Árnessýsla	N64°01.509 W21°12.685
49. Skátalaug	Kleifarvatn, Reykjanes	N63°54.235 W22°02.603
50. Kvika (listaverk)	Seltjarnarnes	N64°09.743 W22°00.496
51. Reykjadalur	Hellisheiði, Ölfusi	N64°01.341 W21°12.772

5.3.2 Lítillega hreyfðar jarðhitalaugar með mannvirkjum

Skilgreining: *Laug eða lækur sem svipar mjög til lauga í fyrsta flokk m.t.t. eðli og uppbyggingu en hefur einhvers konar aðstöðu alveg við baðstaðinn, t.d. til fataskipta; hús, skáli, salerni, gistiðstaða o.s.frv. Laugin er ekki meðhöndluð með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun.*

Tafla 5.15 Laugar í 2. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavef já.is, e.d.).

Heiti	Staðsetning	GPS
52. Hveravellir	Austur-Húnavatnssýsla	N64°45.974 W19°33.228
53. Landmannalaugar	Rangárvallasýsla	N63°59.516 W19°03.713
54. Grímsfjall	Grímsvötnum, Vatnajökull	N64°24.413 W17°15.960
55. Snorralaug	Reykholti, Borgarfirði	N64°39.842 W21°17.473
56. Hörgshlíðarfjall	Mjóifjörður, Ísafjarðardjúp	N65°51.412 W22°34.750
57. Gjörvidalslaug /Gervidalslaug	Ísafjörður, Ísafjarðardjúp	N65°47.687 W22°31.627
58. Nauteyralaug	Nauteyri, Ísafjarðardjúp	N65°55.027 W22°20.516
59. Gvendarlaug (hlaðinn pottur)	Bjarnarfirði, Strandasýsla	N65°46.867 W21°31.148
60. Reykjafjarðarlaug (torflaugin)	Reykjarfjörður í Arnarfirði, Vestur-Barðastrandasýsla	N65°37.381 W23°28.129
61. Hveraborg /Síká	Hrútafjörður	N64°59.906 W20°55.905
62. Grettislaug /Reykjalaug /Grettisker	Reykjaströnd, Skagafjörður	N65°52.934 W19°44.171
63. Laugarfellslaug	Laugarfell, Norður-Múlasýsla	N64°53.138 W15°21.140
64. Hrunalaug	Flúðir, Árnessýsla	N64°08.034 W20°15.428

5.3.3 Jarðhitalaugar byggðar af mönnum

Skilgreining: *Laug sem svipar til almennra sundlauga í rekstri en hún er þá ýmist steipt/hlaðin eða heitir pottar úr plasti með aðstöðu til fataskipta. Laugin er alla jafna ekki meðhöndluð með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun. Sumar þessara lauga eru nú flokkaðar í C flokk reglugerðar um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010.*

Tafla 5.16 Laugar í 3. flokki og staðsetning þeirra (staðsetning og GPS-hnit úr Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir, 2009 og Kortavef já.is, e.d.).

Heiti	Staðsetning	GPS
65. Ostakarið /Kerið á Húsavíkurhöfða	Húsavík	N66°03.321 W17°21.078
66. Laugafell	Skagafjarðarsýsla	N65°01.648 W18°19.920
67. Jarðböðin við Mývatn	Mývatn	N65°37.861 W16°50.864
68. Lýsuhólslaug	Staðarsveit, Snæfellsnes	N64°50.478 W23°12.855
69. Brautartunga	Lundarreykjadalur	N64°31.805 W21°19.696
70. Grafarlaug /Reykjadalslaug	Reykjadalur, Dalasýsla	N64°57.647 W21°30.953
71. Laugarneslaug /Krosslaug	Birkimelur, Vestur-Barðastrandasýsla	N65°31.178 W23°24.335
72. Paraböð Sjávarsmiðjunnar	Reykhólar, Austur-Barðastrandasýsla	N65°27.019 W22°12.531
73. Djúpadalslaug	Djúpidalur, Austur-Barðastrandasýsla	N65°35.069 W22°17.013
74. Laugaland	Þorskafjörður	N65°30.709 W22°18.189
75. Pollurinn	Tálknafjörður	N65°38.945 W23°53.669
76. Reykjafjarðarlaug (steipta laugin)	Reykjarfjörður í Arnarfirði, Vestur-Barðastrandasýsla	N65°37.381 W23°28.129
77. Reykjanes	Reykjanes, Ísafjarðardjúpi	N65°55.651 W22°25.657
78. Aðallaugin að Laugarhóli (Klúku) /Gvendarlaug	Bjarnarfirði, Strandasýsla	N65°46.867 W21°31.148
79. Drangsnes	Drangsnes, Strandasýsla	N65°41.296 W21°26.894
80. Hörgshlíðarlaug	Mjóifjörður, Ísafjarðardjúpi	N65°49.861 W22°37.733
81. Keldulaug	Mjóifjörður, Ísafjarðardjúpi	N65°53.424 W22°34.980
82. Laugarás	Skjaldfannardalur, Ísafjarðardjúpi	N66°01.178 W22°23.231
83. Hestvallalaug	Reykjafjörður, Ströndum	N66°15.282 W22°05.178
84. Krossneslaug	Laugarvík, Strandasýsla	N66°03.357 W21°30.400
85. Seljavallalaug	Austur-Eyjafjöll, Rangárvallasýsla	N63°34.013 W19°36.379
86. Bláa lónið	Grindavík, Reykjanes	N63°52.797 W22°26.940
87. Nauthólsvík	Reykjavík	N64°07.276 W21°55.676
88. Þjórárdalslaug	Þjórárdalur, Árnessýsla	N64°09.646 W19°48.684

6 Umræður

6.1 Örverugreiningar

Til þess að athuga hvort að náttúrulegt baðvatn sé heilnæmt var gerð örverugreining í þremur ólíkum náttúrulegum. Í rannsókninni kom í ljós að laugarnar þrjár uppfylla örverufræðilegar kröfur tilskipunar nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns inn til landsins þar sem framúrskarandi vatnsgæði með tilliti til *E. coli* er <500 cfu/100 ml og *Enterococcus* <200 cfu/100 ml. Þessi viðmiðunarmörk eru hins vegar há og það er spurning hvort að það megi yfirfæra þau á íslenskar náttúrulegar. Í kafla 6.4 er lagt til að lægri mörk verði höfð til viðmiðunar, nær viðmiðunarmörkum sem gefin eru í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 fyrir yfirborðsvatn vegna útivistar. Samkvæmt þeim uppfyllir Lýsuhólslaug og Landmannalaugar „Umhverfismörk I“, sem er lítil eða engin saurmengun. Laugin á Hveravöllum fer yfir „Umhverfismörk III og IV“ sem er nokkur/mikil saurmengun. Ef litið er út fyrir Evrópu má sjá að Umhverfisstofnun Bandaríkjanna hefur síðan árið 1986 sett mörkin við 126 cfu/100 ml af *E. coli* og 33 cfu/100 ml af *Enterococcus* (US Environmental Protection Agency, 1999).

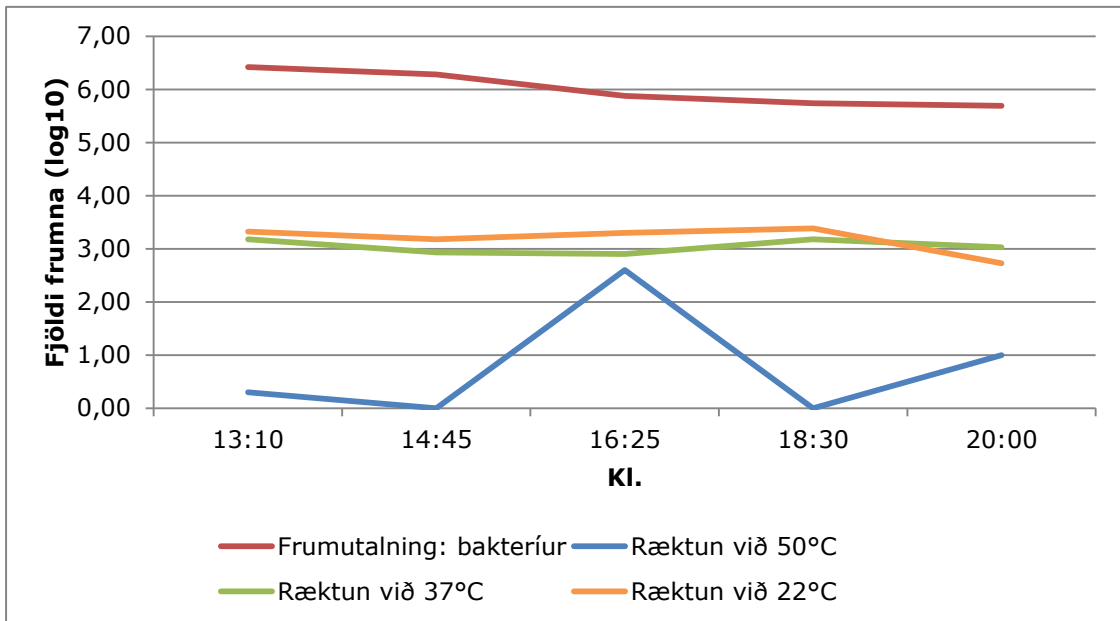
Í tilskipun nr. 2006/7/EC er ekki gerð krafa um að mæla magn *Pseudomonas aeruginosa* í náttúrulegu baðvatni en sú krafa er gerð fyrir almennar sundlaugar (<1 cfu/100 ml). Ljóst er að náttúrulegar standast ekki kröfur sem gerðar eru til almennra sundlauga með tilliti til bendibaktería og heildarbakteríufjölda.

Ef niðurstöðurnar í þessari rannsókn eru bornar saman við mælingar Ingibjargar Árnadóttur sumarið 2002, í „Könnun á gerlamagni í nokkrum náttúrulegum“, sést að mikið magn saurkólbaktería (31-1300 cfu/100 ml) og *Pseudomonas aeruginosa* (0-20.000 cfu/100 ml) á Hveravöllum hefur verið langvarandi vandamál. Saurkólí í Landmannalaugum mældist mun hærra árið 2002 (10-550 cfu/100 ml) en *Pseudomonas aeruginosa* lægra (0-500 cfu/100 ml). Saurkólí í Lýsuhólslaug mældist lægra árið 2002 (0-8 cfu/100 ml) og *Pseudomonas aeruginosa* mældist 0-57 cfu/100 ml. Því miður láðist að skima fyrir *Pseudomonas* úr Lýsuhólslaug í þessari rannsókn. Heildarbakteríufjöldi við 37°C var á öllum stöðunum hærra árið 2002 (en ekki var tekið fram hversu lengi var ræktað).

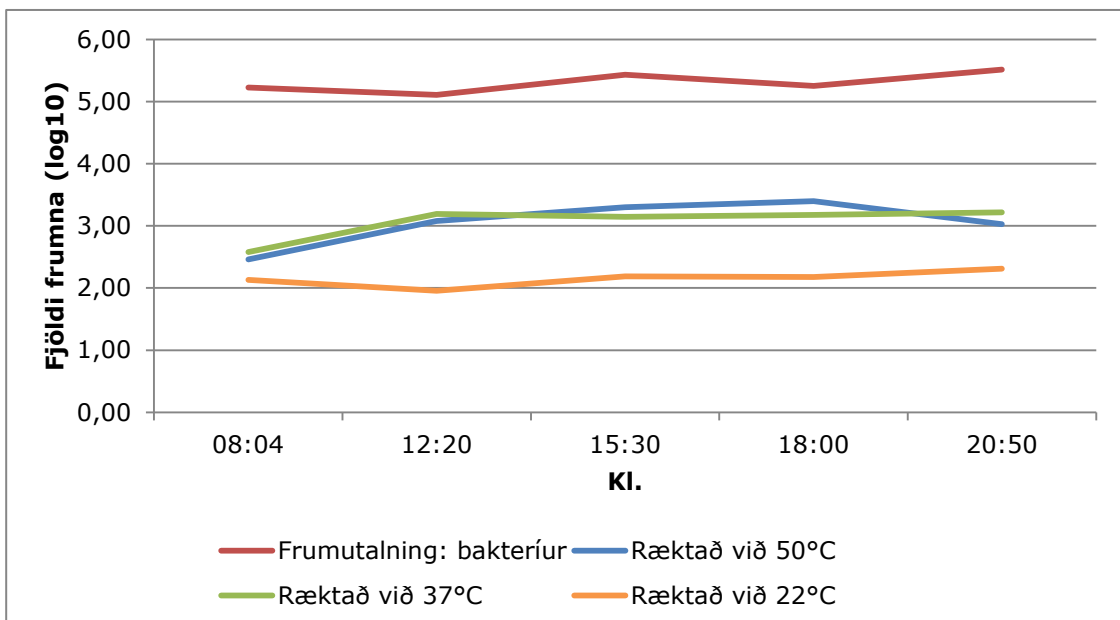
6.1.1 Frumutalning og ræktun

Ræktað var í tvo daga við 22°C, 37°C og 50°C áður en heildarbakteríufjöldi (kólóníur) var talinn. Örverur í sýnunum voru einnig taldar með örverugreini sem telur frumur eða agnir með tilliti til stærðar. Í sýnunum frá Landmannalaugum var ekki hægt að greina bakteríuþyrpinguna frá bakgrunnsgildum (sem eru aðrar agnir). Stærri agnir eru að öllum líkindum þörungar, og var mikið af þeim í Lýsuhólslaug. Örverugreinirinn greindi mun fleiri frumur heldur en komu fram við ræktun, en það getur bent til þess að óræktanlegar bakteríur voru í sýninu, eða í óræktanlegu ástandi. Það fellur saman við kenningar um að

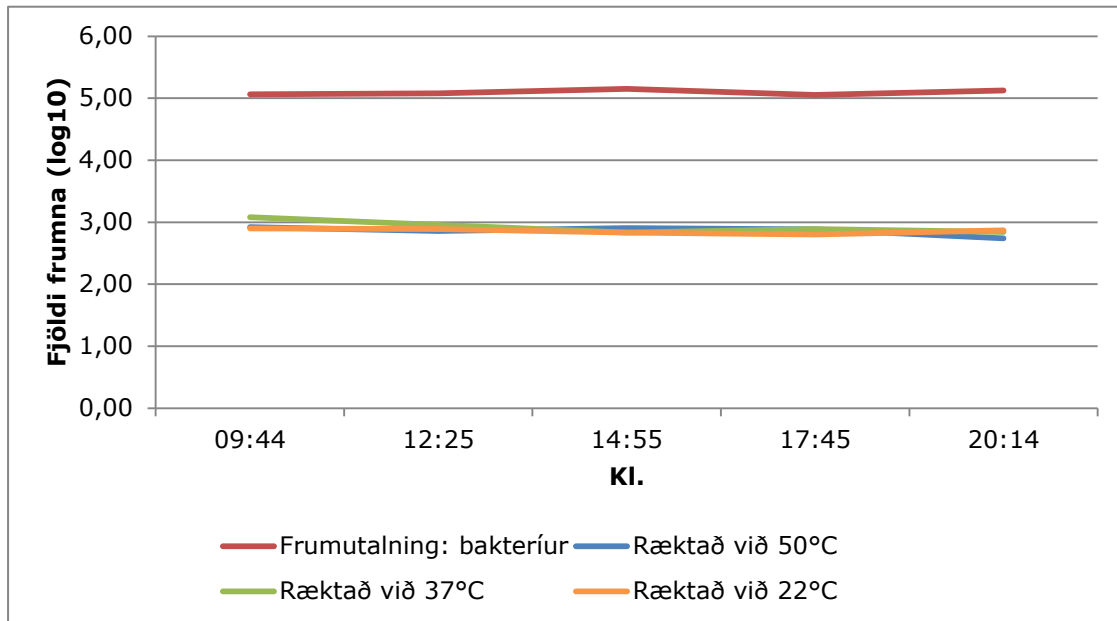
einungis er hægt að rækta <1-5% örvera með hefðbundnum aðferðum (Pace, 2008). Einnig er ekki hægt að segja til með nákvæmni hvaða agnir teljast til veira, baktería, þörungna, frumdyra og annarra agna í sýninu þegar niðurstöður eru skoðaðar úr örverugreini. Myndir 6.1-6.3 sýna samanburð á fjölda bakteríufurma úr örverugreini (rauð lína) og bakteríukólóníum sem uxu við ræktun (\log_{10}). Ef þær eru skoðaðar má þó sjá að fjöldinn fylgist að einhverju leyti hlutfallslega að.



Mynd 6.1 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr Lýsuhólslaug.



Mynd 6.2 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr lauginni á Hveravöllum.



Mynd 6.3 Samanburður á bakteríufjölda úr frumutalningu og við ræktun, úr 1 ml sýni úr laugalæknum, Landmannalaugum.

6.1.2 Örverufjölbreytileiki

Í þessari rannsókn var erfðaeftni einangrað úr öllum bakteríum í sýnunum (hvort sem þær voru lifandi eða ekki), en þannig fæst einnig bakteríur sem ræktast ekki upp á hefðbundnum ræktunarætum (eða eru óræktanlegar). Raðgreining á 16S rRNA genum sem voru klónuð gekk nokkuð vel og fengust um 500-700 DNA basar af hverju geni. Gen úr 32 klónum úr síðasta sýninu sem var tekið úr hverri laug voru raðgreind. Raðgreining misförst fyrir þrjú klón úr sýni frá Hveravöllum, svo samanlagt voru gen 93 klóna raðgreind. Klónin voru úr flokkum α -, β - og γ -Proteobacteria, Trebouxiophyceae og Cyanobacteria. Þau voru oftast skyld bakteríutegundum sem hafa verið ræktaðar áður í hverum eða laugum, en einnig voru þar aðrar „umhverfisbakteríur“ sem hafa áður fundist í vatni og jarðvegi. Engir sýklar eða tækifærissýklar greindust með þessari aðferð. Athyglisvert er að hluti þeirra baktería sem greindust í sýnunum eiga ekki náskyldan ættingja meðal þeirra örvera sem hefur tekist að rækta. Þegar skyldleikinn er minni en 95-97% er líklega um nýja örveru að ræða. Engin tegund greindist í öllum þremur laugunum, en eins og kom fram í töflu 5.10 mátti finna þrjár ættkvíslir í fleiri en einni laug: *Pelomonas*, *Hydrogenophaga* og *Rheinheimera*. Líffræðilegur fjölbreytileiki í laugunum er ólíkur, en það gæti komið heim og saman við þá staðreynd að gerð og umhverfi lauganna þriggja er í raun mjög ólík. Lýsuhólslaug er steipt laug þar sem vatnið í hana er leitt tiltölulega langa leið frá borholunni, laugin á Hveravöllum er hlaðin úr grjóti, á háhitasvæði þar sem vatnið í hana er leitt nokkuð stutta leið úr hver, og í Landmannalaugum er laugalækurinn vatnsmikill, stíflaður lækur sem rennur undan heitu hrauni á lághitasvæði.

Við ræktun óx töluvert af bakteríum við 50°C, sem bendir til þess að miðlungshitakærar bakteríur finnast í laugunum. Eitt klón úr Landmannalaugum sem 16S rRNA genið var raðgreint úr hafði samsvörun við miðlungshitakæru bakteríuna *Thermomonas hydrothermalis* og 20 klón úr Hveravöllum höfðu samsvörun við miðlungshitakæru

bakteríuna *Thiovirga sulfuroxidans*. Það gæti verið áhugavert að rækta úr sýnum frá heitum náttúrulegum við 70°C til að athuga hvort að hitakærar bakteríur finnast í þeim og í hve miklu magni.

Lýsuhólslaug

Eins og sést í niðurstöðunum er baktería sem hefur 99% samsvörun genaraða við *Hydrogenophaga taeniospiralis* (áður *Pseudomonas taeniospiralis*) algengasta þekhta bakteríutegundin sem fannst í Lýsuhólslaug. Hún er vetnisoxandi baktería eins og nafnið gefur til kynna (Willems, Busse, Goor, Falsen, Jantzen, Gillis, Kersters, Auling og Ley, 1989). Náskyld henni er *Hydrogenophaga defluvii* (98%), en viðmiðunarstofn hennar var einangraður frá virkri seyru (e. *activated sludge*) í München, Þýskalandi (Kämpfer, Schulze, Jäckel, Malik, Amann og Spring, 2005). *Pelomonas puraquae* kom einnig oft fyrir í sýninu, en sú baktería er frumbjarga og getur oxað vetni. Hún vex við 10-37°C. Viðmiðunarstofninn var einangraður frá blóðskilunarvatni á Mallorca, Spáni (Gomila, Bowien, Falsen, Moore og Lalucat, 2007). Grænþörungurinn *Chlorella vulgaris* fannst einnig í sýninu, en rannsóknir benda til þess að hann geti tekið upp þungmálma og jafnvel dregið úr eitrunaráhrifum þeirra í maga, þörmum og lifur músa og rotta, ásamt því að búa yfir fleiri jákvæðum heilsufarsáhrifum (Inthorn, Sidtitoon, Silapanuntakul og Incharoensakdi, 2002; Blas-Valdivia, Ortiz-Butrón, Pineda-Reynoso, Hernández-Garcia og Cano-Europa, 2011; Shim, Shin, Han, Park, Lim, Chung og Om, 2008). Tvö klón voru 99% skyld *Vitreoscilla filiformis*, en Guéniche o.fl. (2006) sýndu fram á það að krem með 5% *Vitreoscilla filiformis*-kjarna (e. *extract*) hafði jákvæð áhrif á húð sjúklinga með exem (e. *atopic dermatitis*). Aðrar bakteríur úr sýninu voru skyldar *Novosphingobium subterraneum* (áður *Sphingomonas subterranean*), fyrst einangruð úr seti (e. *Atlantic coastal plain terrestrial subsurface sediments*) (Balkwill o.fl., 1997) og óræktaðri *Aquabacterium* sp.

Hveravellir

Á Hveravöllum var algengasta þekhta bakteríutegundin skyld *Thiovirga sulfuroxidans* sem er miðlungshitakær, frumbjarga og efnatillífandi (e. *chemolithoautotrophic*) sem getur oxað brennistein, H₂S og Þíosúlfat. Ofgnótt er af þessum efnum í hveravatni sem bendir til þess að þessi tegund notfærir sér þau. Þessi tegund kom oftast fyrir í sýninu frá Hveravöllum, en 19 klón voru með 99-100% samsvörun við hana en viðmiðunarstofninn var einangraður frá örveruþekju í skólphreinsistöð í Japan (Ito, Sugita, Yumoto, Nodasaka og Okabe, 2005). Önnur klón úr sýninu tilheyrðu ófrumbjarga örverum sem nýta sér lífræn efni. Eitt klón var 98% skylt *Rheinheimera chironomi*. Eitt klón var 97% skylt *Aquicola tertiarycarbonis*, en sú baktería getur vaxið á metýl tert-bútýl eter (MTBE) og þar með nýtt sér það sem kolefnis- og orkugjafa. Viðmiðunarstofn hennar var einangraður frá MTBE-menguðum grunnvatnsveiti í Leuna, Þýskalandi (Lechner o.fl., 2007). Aðrar bakteríur úr sýninu voru fjarskyldar umhverfisbakteríum af fylkingu Próteóbaktería eins og *Rheinheimera soli* og *Alishewanella aestuarii* en viðmiðunarstofnar þeirra voru einangraðir úr jarðvegi og seti. Einnig voru þrjú klón með mesta samsvörun við óræktaðar tegundir.

Landmannalaugar

Fjölbreytileikinn var mestur úr sýninu frá Landmannalaugum, en þar var engin tegund sem kom yfirgnæfandi oftast fyrir. Fimm klón höfðu 100% samsvörun genaraða við *Vogesella perlucida*, sem er loftháð baktería þar sem viðmiðunarstofninn var einangraður frá laug í suður-Taívan (Chou, Chou, Arun, Young og Chen, 2008). Fjögur klón voru 100% skyld

Pelomonas saccharophila (áður *Pseudomonas saccharophila*), en það er frumbjarga val-efnatillífandi baktería sem oxar vetni. Hún hefur einnig verið rannsökuð með tilliti til kolvetnaefnaskipti og síðar niturbindandi eiginleika (Gomila, Bowien, Falsen, Moore og Lalucat, 2007). Klón sem var 100% skylt miðlungshitakæru bakteríunni, *Thermomonas hydrothermalis* greindist einnig, en hún vex best við 50°C. Viðmiðunarstofninn var einangraður úr heitum hver í São Gemil í Portúgal (Alves, Rainey, Nobre, da Costa, 2003). Eitt klón var 100% skylt *Methylibium fulvum*, þar sem viðmiðunarstofninn var einangraður úr jarðvegi á ginseng akri í Kóreu (Yoon, Ten, Im og Lee, 2007). Eitt klón var 100% skylt *Sinorhizobium chiapanecum*, en viðmiðunarstofninn var einangraður úr rótarhnyði belgjurta í Mexíkó. Hún er niturbindandi (Rincón-Rosales, Lloret, Ponce og Martínez-Romero, 2007). Eitt klón var skylt bakteríu úr *Rhodofera* ættkvíslinni, sem afoxar járn. Aðrar umhverfisbakteríur sem greindust í sýninu voru 99-100% skyldar *Rheinheimera taxanensis*, *Pseudomonas pohangensis* og *Hydrogenophaga pseudoflava*. Eitt klón hafði 100% samsvörun við cyanobakteríuna *Mastigocladus laminosus* sem finnst á hverasvæðum um allan heim og víða á Íslandi, og tvö klón höfðu 96% samsvörun við grænþörunginn *Oocystis solitaria*. Aðrar bakteríur úr sýninu voru 98-100% skyld óræktuðum *Alphaproteobacteria*, *Cyanobacterium*, *Comamonadacea* og *Firmicutes* bakteríum.

Fjögur klón höfðu 97% samsvörun við nokkrar lýstar tegundir, m.a. *Comamonas testosteroni*, en það er umhverfisbaktería með víða dreifingu sem brýtur niður testósterón, og í mjög fáum skráðum tilfellum hefur hún orsakað sýkingu í mönnum (í kviðarholi, blóði, þvagfærum og lungu) (Abraham og Simon, 2007). Fjögur klón voru með 95-96% samsvörun við lýstar tegundir, en tvö með 93-94% samsvörun við óræktaðar tegundir.

Pseudomonas spp.

Bakteríur úr öllum sýnunum voru sérstaklega ræktaðar upp á valæti fyrir *Pseudomonas aeruginosa*. Vöxtur á ætinu voru margar flúoriserandi kólóníur, en staðfesting með myndun ammoníak úr rækt í acetamide vökvaæti var hins vegar ekki greinileg. Litabreyting acetamide vökvaætisins á að vera úr ljósum gulleitum lit í skærgulan eða rauðan/rauðbrúnan lit, en breytingin sýndi vægari gulan lit heldur en þegar um ótvíræða staðfestingu á *P. aeruginosa* er að ræða. Því var ákveðið að raðgreina gen úr fjórum stofnum fyrir nákvæmari niðurstöðu. Í ljós kom að stofnarnir frá Hveravöllum höfðu 100% samsvörun genaraða við *P. otitidis*. Sú baktería veldur eyrnabólgu (e. *otitis*) og var fyrst lýst árið 2006 (Clark, Dajcs, McLean, Bartell og Stroman, 2006). Eins og sýnt var á mynd 5.17 höfðu þessir stofnar einnig 99% samsvörun við *P. aeruginosa*, og við BLAST leit kom í ljós að stofnarnir höfðu einnig 99% samsvörun við *P. alcaligenes*, *P. mosselii* og *P. gueszennei*. Fyrstu fjórar tegundirnar eru tækifærissýklar. Stofnarnir frá Landmannalaugum voru mun fjarskyldari þessum tegundum. Ekki er þó vitað hvort að þessir *Pseudomonas* stofnar sem greindust með 16S rRNA gena raðgreiningu hafi sýkingarþátt.

Samkvæmt reglugerð nr. 814/2010 á að skima fyrir *P. aeruginosa* í sundlaugum og má hún ekki greinast í þeim. Ekki var talin þörf á því að heilraðgreina gen stofnanna til að fá ótvíræða niðurstöðu um tegundir, þar sem tækifærissýklar af ættkvíslinni *Pseudomonas* eiga ekki heima í baðvatni (hvort sem þeir eru af tegundinni *P. aeruginosa* eða annarri tegund).

6.1.3 Heilnæmi náttúrulegs laugarvatns

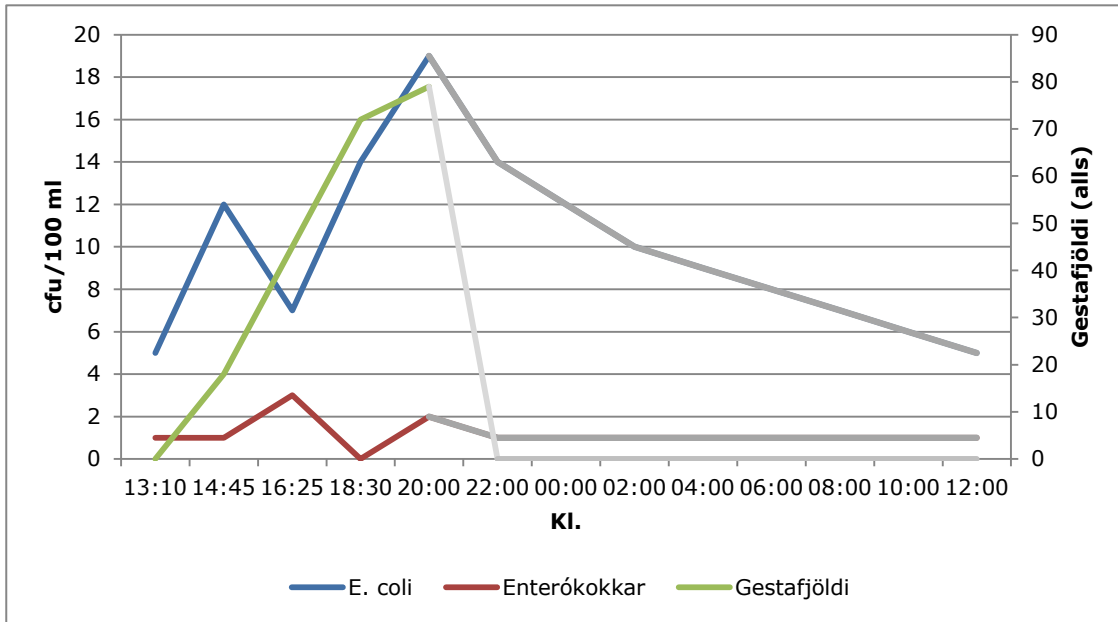
Raðgreining 16S rRNA gena greinir helst DNA þeirra örvera sem mest er af í sýninu og því þyrfti að greina mun fleiri klón til að ná í DNA þeirra tegunda sem minna er af. Þessu er öfugt farið við ræktun þar sem ræktað er á valætum fyrir tiltekna tegundir sem geta verið fáar. Í þessari rannsókn greindust ekki neinir sýklar eða tækifærissýklar með klónun og raðgreiningu, en við skimun á *E. coli*, *Enterococcus* spp. og *Pseudomonas* spp. með ræktun kom í ljós að fjöldi þeirra getur orðið nokkuð mikill þegar gestafjöldi í laugum er mikill og rennsli vatns ekki nægjanlegt til að endurnýja vatnið hratt.

Myndir 6.4-6.6 sýna hvernig áætla má að örverufræðilegt ástand með tilliti til bendibakteríanna *E. coli* og *Enterococcus* gæti litið út á sólahringsgrundvelli í laugunum þremur, ef að gestir hættu að koma í laugina eftir að síðasta sýnið var tekið. Græna línan sýnir gestafjöldann sem baðaði sig í lauginni yfir daginn og sú ljósgráa hvernig gestafjöldinn minnkar. Af þeim laugum sem rannsakaðar voru er Lýsuhólslaug sú eina sem hefur opnunartíma, en hún lokar kl. 20:00. Enginn baðar sig þ.a.l. í henni eftir þann tíma, en samkvæmt starfsmönnum á Hveravöllum og í Landmannalaugum er alltaf eitthvað um það að fólk fari í bað að nóttu til.

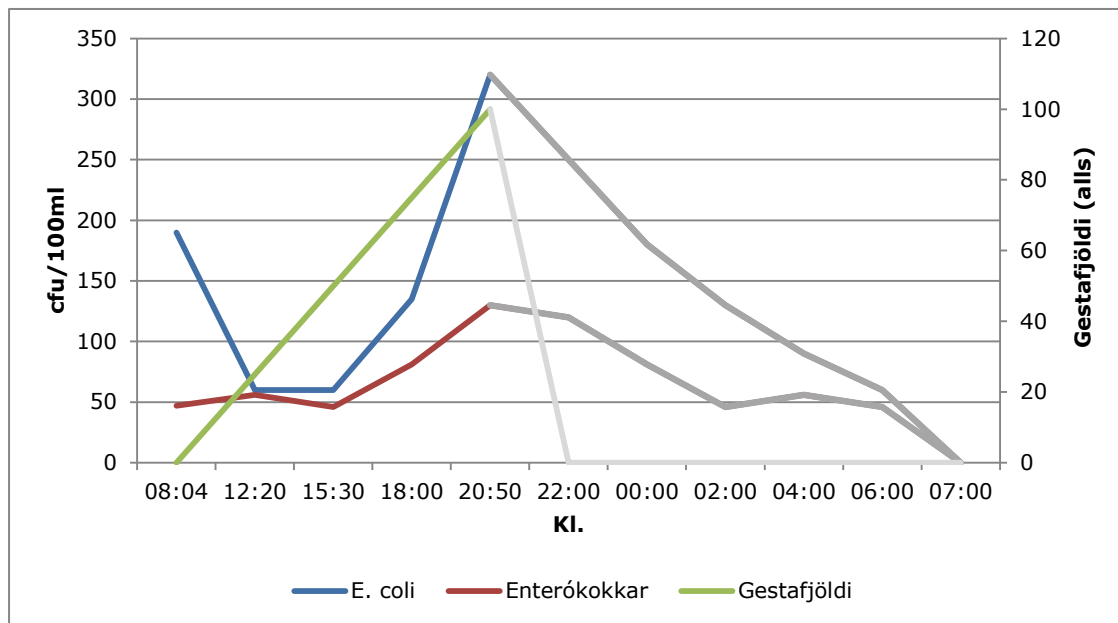
Bláu og rauðu línurnar sýna gildi *E. coli* og *Enterococcus* sem voru mæld í rannsókninni en dökkgráu línurnar er áætlun hvernig gildin gætu lækkað niður um nóttina ef enginn baðar sig í lauginni. Gera má ráð fyrir því að í Lýsuhólslaug og á Hveravöllum myndist toppur í lok dags þegar sem flestir eru búnir að baða sig yfir daginn, en um miðjan dag í Landmannalaugum.

Í Laugalæknum í Landmannalaugum er mikið rennsli (50-75 l/s) og er endurnýjunarhraði vatnsins því mikill miðað við stærð (um 42 mín). Það má því gera ráð fyrir að bakteríumengun verði lítil þar þrátt fyrir mjög mikinn gestafjölda. Á Hveravöllum er rennslið hægt (u.þ.b. 1 l/s sem kemur í hollum) og mikill gestafjöldi myndar mikið álag á laugina. Laugin er um 21.000 l svo endurnýjunarhraðinn er um 6 klst. *E. coli*, *Enterococcus* og *Pseudomonas* spp. mældist einnig allt í mesta magni í lauginni á Hveravöllum. Í Lýsuhólslaug er ekki svo mikið rennsli (3,8 l/s) svo það tekur um 5 klst að endurnýja vatnið. Í hana fer hins vegar enginn gestur án þess að fara í sturtu fyrst, og hefur það líklega góð áhrif á bakteríufræðilegt ástand vatnsins.

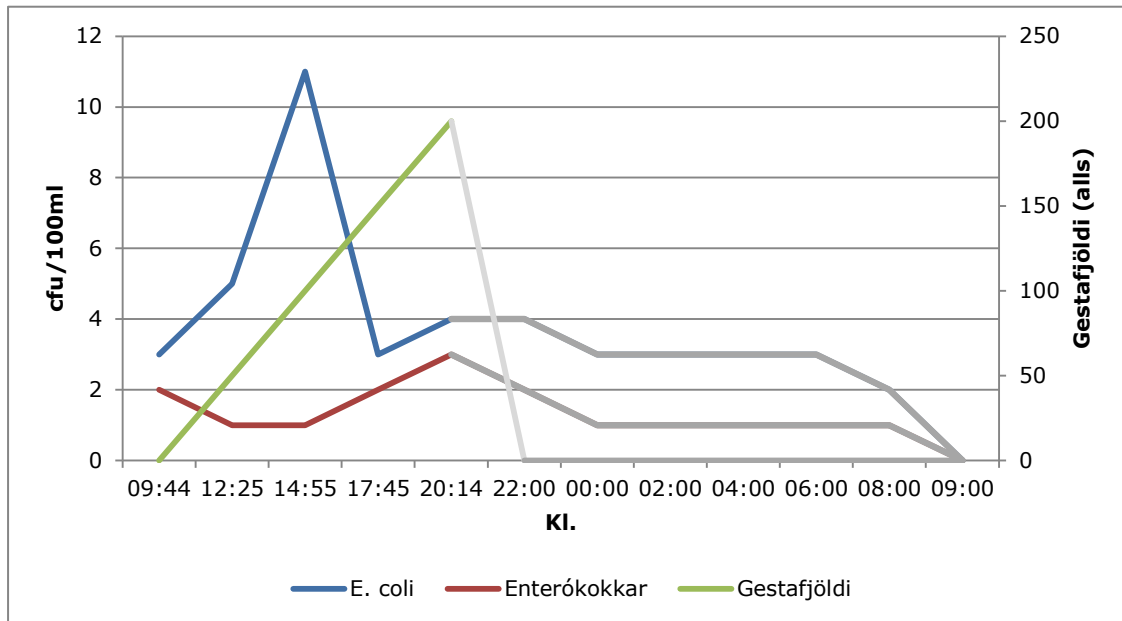
Örverumengun náttúrulegs baðvatns veltur því á samspili mannfjölda, stærð laugar, rennsli og þvotti manna fyrir bað. Hreinlæti sundlaugagesta skiptir miklu máli því þeir bera með sér óhreinindi á húð og í sundfötum út í vatnið (leyfar af þvagi og saur, húðbakteríur o.fl.). Mikilvægt er því að gestir sundlauga þvoi sér vandlega áður en farið er í laug eða pott og noti hrein sundföt og dragi með því úr örverumengun vatnsins. Eins er mjög mikilvægt að fólk haldi sig frá baðlaugum við og eftir veikindi (t.d. niðurgang). Mjög ung börn, gamalt fólk og fólk með skert ónæmiskerfi ættu einnig að halda sig frá náttúrulegum vegna saurmengunar sem kann að greinast í laugunum og *Pseudomonas otitidis* sem getur valdið eyrnabólgu. Ekki er hægt að útiloka það að *Pseudomonas aeruginosa* greinist í náttúrulegum, en hún getur valdið ýmsum öðrum sýkingum eins og greint var frá í kafla 2.4.4.



Mynd 6.4 Fjöldi bendibaktería eftir tíma í Lysuhólslaug.



Mynd 6.5 Fjöldi bendibaktería eftir tíma á Hveravöllum.



Mynd 6.6 Fjöldi bendibaktería eftir tíma í Laugalæknum, Landmannalaugum.

Eins og greint var frá í kafla 2.4 er talið að mjög fáar sýkingar í tengslum við náttúruleg böð séu skráðar af heilbrigðisyfirvöldum. Ef ferðamaður á Íslandi fær sýkingu á ferð sinni um landið (t.d. húð-, öndunarferæra-, meltingarferæra- eða þvagferærasýkingu) er einnig mjög erfitt að meta hvaðan hún kemur. Þetta á sérstaklega við um erlenda ferðamenn (sem eru meirihluti baðgesta á Hveravöllum og í Landmannalaugum) sem koma til landsins í nokkra daga og stunda alls konar útivist og smakkar ýmis konar mat áður en þeir fara heim til sín. Sýkingin uppgötvast jafnvel ekki fyrir en þeir eru komnir heim.

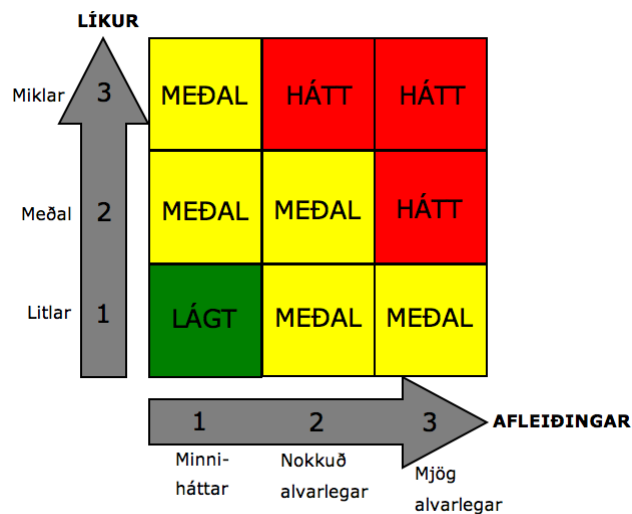
Bendibakteríurnar *E. coli* og *Enterococcus* gefa til kynna að saurmengun er til staðar og þar með hugsanleg mengun af völdum iðrasýkla. Laugarnar á Hveravöllum og í Landmannalaugum eru líklegast langmest sóttu náttúrulegarnar á Íslandi (ásamt Bláa lóninu og Nauthólsvík) svo ekki er ástæða til að ætla að örverumengun verði meiri í öðrum laugum landsins. Ólíklegt verður að teljast að mönnum stafi hætta af nóróveiru í náttúrulegum, þó að einstök tilfelli geta sjálfsagt komið upp, líkt og hefur gerst í hefðbundnum sundlaugum erlendis. Hins vegar gæti verið athyglisvert að raðgreina 16S rRNA gen úr *E. coli* stofnum og greina önnur gen úr náttúrulegum til að athuga hvort þeir séu af hættulegum stofnum, eins og t.d. O157:H7.

6.2 Öryggisatriði

Til þess að meta hvernig öryggismálum er háttað við náttúrulegar voru aðstæður lauganna þriggja bornar saman við kröfur sem gerðar eru í reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010 og kröfur Bláfánans um strendur, þar sem tilskipun nr. 2006/7/EC hefur ekki að geyma neinar öryggiskröfur aðrar en örverufræðilegar. Munur er á því hvernig öryggismálum er háttað á Hveravöllum og í Landmannalaugar annars vegar, og við Lýsuhólslaug hins vegar. Þar sem Lýsuhólslaug er laug í C flokki 3. gr. II. kafla reglugerðar nr. 814/2010 starfar hún með leyfi viðkomandi heilbrigðisnefndar til að nota aðrar aðferðir eða önnur efni en klór til sótthreinsunar á baðvatninu. Heilbrigðisnefndin

hefur einnig sett kröfur um önnur öryggismál, s.s. merkingar, girðingu við heita pottinn, afrennsli, laugarvörslu og skyndihjálparnámskeið, og tækjabúnað vegna slysa og öryggismála. Heilbrigðiseftirlit Norðurlands vestra hefur gert kröfu um regluleg þrif og sótthreinsun laugarinnar á Hveravöllum og var það gert í kjölfar sýnatöku heilbrigðisfulltrúa. Sumarið 2011 sáu starfsmenn Hveravallafélagsins um viðhald á svæðinu, en engir landverðir voru þá á svæðinu. Búast má við því að yfirvöld séu að bregðast við lista Umhverfisstofnunar yfir þau svæði sem að þeirra mati þurfi að hlúa sérstaklega að, vegna þess að ráðgert er að það verði landverðir á Hveravöllum sumarið 2012. Hveravellir eru búnir að vera á s.k. rauðum lista, því svæðið er undir miklu álagi sem bregðast þarf við strax. Undanfarin ár hefur Heilbrigðiseftirlit Suðurlands ekki tekið sýni í Landmannalaugum, og hefur Ferðafélag Íslands ásamt landvörðum Umhverfisstofnunar séð um viðhald á svæðinu. Á öllum þremur stöðunum er hægt að nálgast fyrsta hjálp.

„Öryggismálum er mjög misjafnlega háttað í náttúrulegum víðs vegar um landið. Sums staðar eru 1-2 starfsmenn með gæslu aðeins yfir sumartímann, þó laugin sé opin allan ársins hring, annars staðar annast enginn afgreiðslu eða eftirlit“ (Friðrik Ársælsson, 2007, 29. júní). Mjög mikilvægt er að skilgreint verði hvernig vörslu skal vera háttað við náttúrulegar, ásamt eftirliti og ábyrgð með þeim, t.d. í reglugerð um náttúrulega baðstaði (sjá kafla 6.4). Þá þarf einnig að meta umfang hættu við náttúrulegar. Lagt er til að þá verði notast við „áhættumat“ sem svipar til þeirra er Vinnueftirlitið (2007) notar, en það er mjög einfalt og skilvirkt (sjá mynd 6.7).



Mynd 6.7 Tafla Vinnueftirlitsins til að meta áhættu.

Nokkrir þættir ættu alltaf að skoða og leggja mat á áður en teknar eru ákvarðanir um aðgerðir til að bæta öryggi, en þeir eru *örverufræðilegt ástand* (með viðeigandi bendibakteríum), *hitastig, hætta á drukknun, hætta á mænuskaða við dýfingar og fall í hálku eða vegna ófullnægjandi aðbúnaðar*. Grænt svæði (lágt) þýðir þá viðunandi ástand, gult (meðal) að það ber að leitast við að draga úr áhættunni með því að gera tímasetta áætlun yfir aðgerðir til forvarna og rautt svæði (hátt) þýðir að draga þarf úr áhættunni tafarlaust (sjá töflu 6.1).

Tafla 6.1 Þættir til að meta, áhættuflokkar og aðgerðir til úrbóta.

Þættir	Mat	Áhætta		
		Lágt	Meðal	Hátt
Örveru- fræðilegt ástand Hiti	Stuðst við viðmiðunarmörk: $cfu/100^1$	Viðunandi ástand	Aðgerð: takmarka aðgengi, auka rennsli.	Aðgerð: takmarka aðgengi, auka rennsli.
Drukknun/ Mænuskaði	Stuðst við viðmiðunarmörk: $dýpt^2$	Viðunandi ástand	Aðgerð: bæta merkingar, kútar.	Aðgerð: bæta merkingar, kútar.
Fall í hálfu eða vegna aðbúnaðar	Metið miðað við umhverfis- aðstæður	Viðunandi ástand	Aðgerð: bæta merkingar, fyrsta hjálp.	Aðgerð: bæta merkingar, fyrsta hjálp.

¹Viðmiðunarmörk úr reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 á meðan að reglugerð um náttúrulegt baðvatn er ekki til.

²Viðmiðun úr reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010.

6.2.1 Öryggismerkingar

Öryggismerkingar eru mikilvæg öryggisatriði baðlauga, og á það við laugar í öllum flokkum. Merkingar geta hins vegar dregið úr ímynd hinnar „ósnotnu“ baðlaugar úti í náttúrunni, eins og lauga í 1. flokki, en þá þarf að taka mið af hættum og umhverfisáðstæðum á hverjum stað. Fagurfræðin má hins vegar aldrei yfirtaka öryggismálin, og sjálfsagt má deila um það hvort að skilti geta verið fallega hönnuð. Lágmarksmerkingar við náttúrulegar ættu að vera skilti sem segja að „fólk baðar sig á eigin ábyrgð“. Ef vatnið er alla jafna heitt í lauginni (>36-37°C) er réttast að vara við því. Þá má vara við grunnri/djúpri laug, dýfingum og fall í hálfu/brekku. Ástand merkinga er gott við Lýsuhólslaug en þær eru ekki fullnægjandi við laugarnar í Landmannalaugum og á Hveravöllum. Mikilvægt er að merkingar séu eftir ákveðnu kerfi (lit, lögun og stærð) og úr góðu efni sem þolir íslenskar aðstæður.

Ef horft er til annarra lauga, eru sums staðar mjög skýr skilti þar sem mönnum er gert grein fyrir því að á svæðinu er ekkert eftirlit, eða að það baði sig á eigin ábyrgð. Á mynd 6.8 má sjá dæmi um þess háttar skilti við Pollinn á Tálknafirði, en það er u.þ.b. 1x0,8 m stórt með varúðarsetningarnar á íslensku, ensku, þýsku og pólsku. Á mynd 6.9 er svo lítið skilti við einu niðurgönguleiðina í Víti við Öskju, sett upp af landvörðum í Öskju og Herðubreiðarlindum (Einar Ragnar Sigurðsson, tölvupóstur, 15. febrúar 2012). Niður í Víti eru brattar hlíðar, og fólk fetar stíg niður að vatninu. Myndirnar sýna í raun andstæður sem geta myndast þegar ekkert ákveðið, samræmt kerfi er í öryggismerkingum. Við Pollinn er stórt og greinilegt skilti á mörgum tungumálum, en pottarnir eru jafnframt litlir og nálægt byggð. Hætturnar eru augljóslega meiri við Víti (brattar hlíðar, mikill hiti og langt frá byggð) en öryggismerkingin er ekki áberandi.



Mynd 6.8 Varúðarskilti við Pollinn á Tálknafirði þar sem stendur: „Athugið! Hér á svæðinu er ekkert eftirlit. Laugargestir og eigur þeirra eru alfarið á eigin ábyrgð“.



Mynd 6.9 Varúðarskilti við Víti í Öskju þar sem stendur „För í Víti á eigin ábyrgð“ (Einar Ragnar Sigurðsson, 2006).

Frá og með 1. janúar 2010 varð skylda samkvæmt reglugerð nr. 814/2010 að merkja greinilega ýmsa þætti er varða öryggi og slyshættu við sundlaugar. Margt úr þeirri reglugerð má yfirfæra á náttúrulegar (sérstaklega laugar í 3. flokki). Staðsetning skilta eiga að vera þannig að laugargestir komist ekki hjá því að sjá þau. Upplýsingar á skiltum þurfa að vera skýrar og læsilegar og leturstærð þarf að taka mið af lestrarfjarlægð (sjá töflu 6.2). Sérstök ákvæði eiga að vera í starfsleyfi viðkomandi sundlaugar um fyrirkomulag merkinga, stærð og gerð skilta, staðsetningu o.þ.h. með hliðsjón af aðstæðum á staðnum. Almennar merkingar við sundlaugar eiga þó að vera (Umhverfisstofnun, e.d.b):

- Yfirlitskort og öryggisreglur við inngang/afgreiðslu.
- Skilti sem segir að gestir skuli þvo sér án sundfata áður en farið er í laug við búnings- og baðaðstöðu.
- Hitastig vatns á að merkja við setlaugar/heita potta.
- Dýpi vatns (þar sem það er $\leq 1,2$ m eða $\geq 3,0$ m), dýfingar bannaðar, þar sem botn byrjar að halla bratt (eða ef jafnt hallandi) skal merkja við laugar.
- Hegðun í rennibraut skal merkja í samræmi við leiðbeiningar framleiðanda.
- Á laugarbökkum og þar sem það á við á að vera hálkuvíðvörun.

Tafla 6.2 Leturstærð og lestrarfjarlægð.

Stærð leturs (Pkt)	Fjarlægð lesanda (cm)
12	45
18	70
24	90
28	115
36	135
48	180
60	230
72	275

Á sundstöðum, þar sem mikill fjöldi bæði innlendra og erlendra gesta koma, er mikilvægt að notuð séu alþjóðleg stöðluð myndræn merkjakerfi. Kostur þeirra er að þekking almennings á slíkum merkjum verður almenn þar sem sama merkjamálið er notað í mörgum löndum og dregur það úr þörf á texta og þar með misskilningi vegna tungumálaörðugleika. Notkun staðlaðra merkjakerfa eins og t.d. umferðamerkja, þar sem hver tegund merkja hefur sína liti og lögun og notar frekar myndtákn en letur, eykur mjög öryggi og dregur úr slyshættu (Umhverfisstofnun, e.d.b). Þá er mikilvægt að hafa í huga að stöðluð öryggismerki koma ekki í stað góðra verklagsreglna, leiðbeininga, annarra slysavarna og þjálfunar starfsfólks.

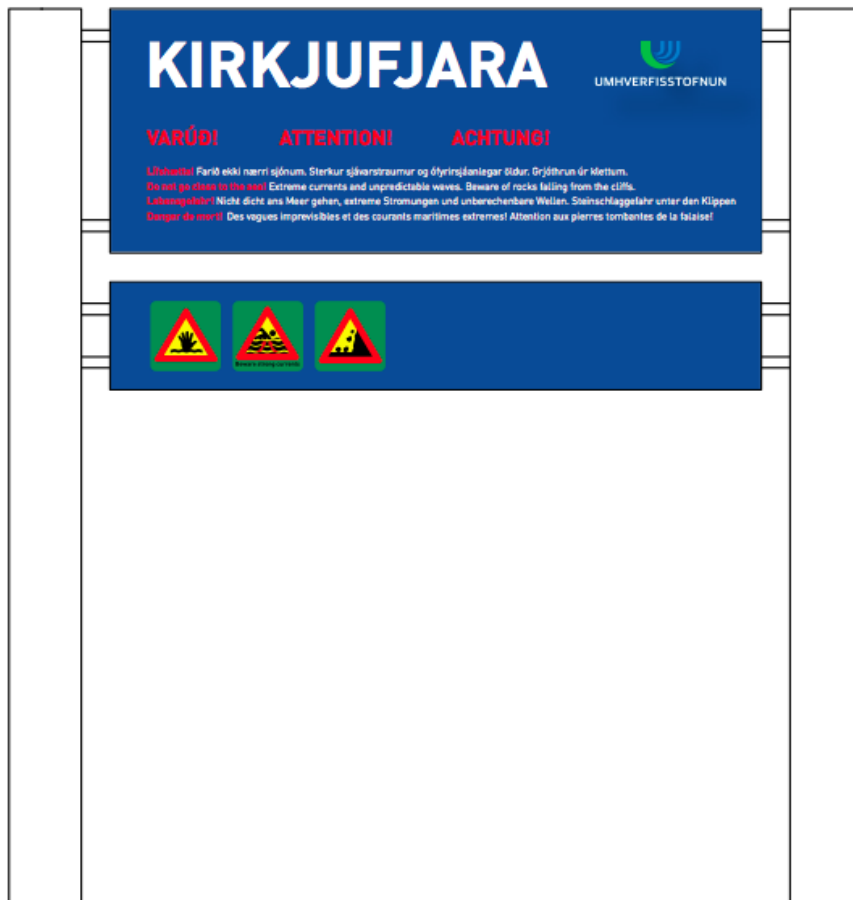
6.2.2 Tillögur að merkingum

Þegar hanna á öryggismerkingar þarf að hafa í huga hver skilaboðin eru og hver kemur til með að lesa þau. Merkingar geta auðveldlega misst marks ef þær miðla of lítið af upplýsingum, en einnig ef upplýsingarnar eru of miklar. Einnig er gott að hafa í huga að myndir senda fyrr skilaboð heldur en texti, og engir tungumálaörðugleikar koma þá við sögu. Litir geta verið gagnleg tæki, t.d. táknar rauður litur oft eitthvað sem er hættulegt eða bannað, grænn litur eitthvað sem er öruggt eða upplýsandi og gulur litur eitthvað sem er til varúðar.

Hvað varðar útlit, lögun og liti merkja er hægt að taka mið af ISO staðli 3864-1 „Graphical symbols–Safety colours and safety signs–Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas“ eða „Handbók um merkingar á ferðamannastöðum og friðlöndum“ sem Vatnajökulspjódgarður, Umhverfisstofnun, Ferðamálastofa og Þingvallapjódgarður gáfu út árið 2011. Handbókin þjónar sem hönnunarstaðall fyrir aðildarstofnanirnar en er jafnframt ætluð öllum þeim sem koma að mótun umhverfis ferðamanna á Íslandi. Hlutverk handbókarinnar er m.a. að samræma merkingar á ferðamanna- og náttúruverndarsvæðum, leiðbeina um notkun táknmynda og texta og

einfalda aðgengi að gögnum og tákmyndum við skiltagerð.

Á mynd 6.10 má sjá dæmi um skilti eftir útfærslu hönnunar í handbókinni. Skiltið er um 1,4 m hátt og 1,18 m breitt. Miðað er við að skilti innan einstakra þjóðgarða eða svæða hafa ákveðinn einkennislit, sem endurspeglar náttúrufar og ímynd svæðisins. Vatnajökulsþjóðgarður hefur til að mynda valið bláan lit úr merki þjóðgarðsins sem sinn einkennislit, en fyrstu skilti Umhverfisstofnunar eru með mosagrænan lit sem einkennislit. Með umræddum einkennislit halda einstök svæði þannig sínu sérkenni en um leið skapar heildarkerfið samhengi á landsvísu (Vatnajökulsþjóðgarður, Umhverfisstofnun, Þingvallarþjóðgarður og Ferðamálastofa, 2011).



Mynd 6.10 Dæmi um leiðbeinandi skilti (boð og bönn) (Vatnajökulsþjóðgarður, Umhverfisstofnun, Þingvallarþjóðgarður og Ferðamálastofa, 2011).

Myndir 6.11-6.13 sýna tillögur að öryggismerkingum við náttúrulegar. Tekið var mið af „Handbók um merkingar á ferðamannastöðum og friðlöndum“.



Mynd 6.11 Dæmi um leiðbeinandi skilti fyrir Landmannalaugar.

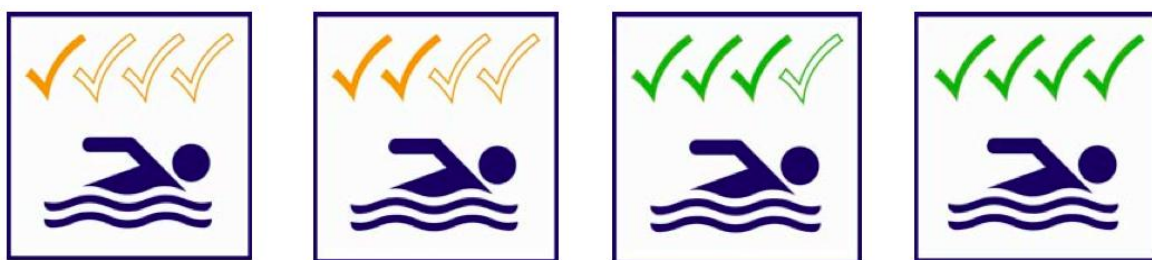


Mynd 6.12 Dæmi um leiðbeinandi skilti fyrir Hveravelli.



Mynd 6.13 Varúðar- og bannmerki sem gætu einnig átt við náttúrulegar.

Mynd 6.14 sýnir dæmi um merkingar sem Evrópusambandið hefur hugsað sér að nota á náttúrulegum baðstöðum til að gefa til kynna vatnsgæði. Þess háttar merki væri hægt að festa á neðri hluta leiðbeinandi skiltis ásamt öðrum varúðar og bannmerkjum. Merkingar og tákn sem Evrópusambandsnefndin hefur samþykkt og merkingar Bláfánans munu að einhverju leyti samtvinna (t.d. litirnir grænn, gulur og rauður). Bláfáninn er umhverfsmerki sem upplýsir fólk um sjálfbærni stranda og hafna, og þó Evrópusambandið hafi veitt fjárhagslegan stuðning á fyrstu stigum herferðar Bláfánans er merkið ekki á þeirra vegum. Eina tengingin á milli baðvatnstilskipunar Evrópusambandsins og Bláfánans er að örveruviðmið Evrópusambandsins eru notuð sem viðmið fyrir vatnsgæði í skilyrðum Bláfánans. Hins vegar hefur Bláfáninn fleiri skilyrði umfram vatnsgæði fyrir veitingu fánans (EUROPA, 2011).



Mynd 6.14 Dæmi um skilti sem gefur til kynna gæði baðvatns („léleg“, „fullnægjandi“, „góð“ og „framúrskarandi“) (ROSPA, e.d.).

6.2.3 Ferðapjónusta

Eins og kom fram í kafla 5.2.2 svöruðu 11 af 14 ferðapjónustuaðilum sem bjóða upp á ferðir þar sem ferðamenn geta baðað sig í náttúrulegum á Íslandi könnuninni sem send var í tölvupósti. Eitt fyrirtæki sem ekur fólki á sumrin í náttúrulegar vildi ekki taka þátt í könnuninni því það „býður ekki upp á neinar ferðir þar sem það í náttúrulegum er innifalið“. Sá aðili selur auglýstar ferðir á stað sem þekktur er fyrir náttúruböð en skoðun þeirra var að „fólkið velur sjálft hvort það fer í náttúrulegum eða ekki“. 63,7% svarenda svöruðu því að þeir láta ferðamenn vita að þeir baði sig í náttúrulegum á eigin ábyrgð, svo ábyrgðarkenndin er til staðar. Ferðapjónustuaðilar virðast almennt ekki verða varir við það að laugargestir verða fyrir óþægindum við böð, en eins og áður segir geta sýkingar uppgötvast eftir að ferðinni er lokið. Það sýndi sig vel þegar þúsundir baðgesta í Landmannalaugum fengu sundmannakláða í ágúst árið 2003 (Karl Skírnisson og Kolárhová, 2005) og vitað var um mörg önnur tilfelli fram til ársins 2010. Meirihluti ferðapjónustuaðila sem svöruðu könnuninni fannst að merkingum væri ábótavant við náttúrulegar, og kemur það heim og saman við niðurstöður þessa verkefnis.

Á síðustu árum hefur nokkuð verið í umræðunni að byggja upp heilsutengda ferðapjónustu. Eins og hefur komið fram hefur m.a. Hrefna Kristmannsdóttir prófessor hjá Háskólanum á Akureyri og Ólafur Grímur Björnsson læknir skrifað um nýtingu jarðhita til heilsutengdrar ferðapjónustu á síðustu árum. Dæmi um fyrirtæki sem hafa farið út í þess háttar rekstur eru Bláa Lónið hf. sem rekur Bláa Lónið í Grindavík, Baðfélag Mývatnssveitar ehf. sem rekur Jarðböðin við Mývatn og Sjávarsmiðjan sem rekur Þaraböðin á Reykhólum.

Annar hópur sem sýslar með heilsutengda ferðapjónustu er „Vatnavinir Vestfjarða“, en það er samstarfshópur sem samanstendur af landeigendum, ferðapjónustuaðilum, arkitektum,

stjórnsýslu og öðrum áhugamönnum á Vestfjörðum. Markmið þeirra er að þróa vestfirskt aðdráttarafl á heimsvísu tengt náttúru, heilsu, baðmenningu og vatni og auka þannig verðmætasköpun innan svæðisins. Hópurinn hefur þ.a.l. unnið að markaðsetningu heilsubaðstaða á Vestfjörðum. Vegna fyrirspurnar Vatnavina kannaði Heilbrigðiseftirlit Vestfjarða árið 2010 þau gögn sem til voru varðandi sýnatökur úr sundlaugum í C flokki á Vestfjörðum ásamt sundlaugum sem ekki eru með starfsleyfi. Niðurstöður voru skoðaðar með tilliti til ákvæðis 4. gr. reglugerðar um hollustuhætti á sund og baðstöðum nr. 814/2010 um heimild C lauga til að sækja um undanþágu um að nota ekki sóttþreinsiefni. Niðurstöður sýnataka heilbrigðiseftirlits í C laugum (án þess að tekið var tillit til hvort laugarnar notuðu klór eða ekki) sýndu að engin laug stóðst ákvæðið um að 10 sýni þurfa að vera í lagi og því var ekki mögulegt að veita undanþágu frá klórblöndun. Vegna þessa vildi Heilbrigðiseftirlitið ekki kenna þessar laugar við heilsu, og bentu á að það er ábyrgðarhluti að auglýsa upp laugar og baðstaði þar sem gæði laugarvatnsins eru það slæm að í raun ætti að viðkomandi baðstaðir að vera lokaðir (Anton Helgason, Heilbrigðiseftirlit Vestfjarða, tölvupóstur, 22. febrúar 2012).

Ef kenna á náttúrulegar við heilsu, og halda áfram að bjóða ferðamönnum okkar upp á ferðir í og við náttúrulegar er mjög mikilvægt að rekstur, eftirlit og merkingar séu góðar. Einnig er umhverfismerkið Bláfáninn góður kostur fyrir þess háttar rekstur, en þá þurfa rekstraráðilar að uppfylla skilyrði, taka regluleg sýni ofl. sem kom fram í köflum 2.3.2 og 2.4.3. Nauðsynlegt er að upplýsa gesti um hugsanlegar hættur og muna að öryggi er táknið um gæði í þjónustu og er krafa um slíkt alltaf að verða meiri.

6.3 Flokkun

Ákveðið var að halda í flokkun lauga með tilliti til uppbyggingar og eðlisþátta og styðjast við Kolbrúnu Haraldsdóttur (2002), Bergþóru Aradóttur og Sigurvin B. Sigurjónsson (2004). Til eru dæmi um laugar sem ættu e.t.v. ekki að vera flokkaðar til „náttúrulega“ sem slíkar, þar sem þær hafa verið svo mikið breyttar. Þá hefur t.d. verið sett fiskikar þar sem áður var pollur eða laug. Þetta á við Nautöldulaug/Ólafslaug í Þjórsárverum, Árnassýslu (fiskikar), Stjána í Staðarsveit, Snæfellsnesi (fiskikar), Nauteyarpott við Nauteyri, Ísafjarðardjúpi (fiskikar) og Ostakarið/Kerið á Húsavíkurhöfða, Húsavík (járnkar). Í rauninni er þó ekki hægt að útiloka þær laugar þar sem að hefð hefur skapast fyrir því að baða sig í náttúrulegu vatni, hvernig sem undirstaðan er. Stök fiskikör munu hins vegar aldrei falla undir laugar í 3. flokki og reglugerð um náttúrulega baðstaði.

Laugar í 1. flokki eru „óhreyfðar jarðhitalaugar án stórra mannvirkja“. Laugar þar sem mannhöndin hefur hvergi komið við eru hins vegar ekki lengur á hverju strái, og oftast er aðeins búið að hlaða í kringum þær, stífla læki o.s.frv. Flestar laugar af þeim 88 sem voru flokkaðar falla í þennan flokk. Laugar í 2. flokki eru „lítillga hreyfðar jarðhitalaugar með mannvirkjum“, og eru nokkrar af þessum laugum vinsælar hjá ferðamönnum og mikið sóttar, t.d. falla Landmannalaugar og laugin á Hveravöllum í þennan flokk. Laugar í 2. flokki gætu e.t.v. þurft að vera undir eftirliti, eða fylgja hluta reglugerðar um náttúrulega baðstaði. Þetta gæti átt við ef þær eru í rekstri, það eru auglýstar ferðir þangað og gestafjöldinn þar er almennt mjög hár (eins og er við Landmannalaugar og Hveravelli).

Þriðji flokkurinn samanstendur af „jarðhitalaugum byggðar af mönnum“, en það mætti einnig kalla þær „náttúrusundlaugar“. Það er erfitt að aðgreina náttúrulega frá

hefðbundinni sundlaug þar sem margar laugar sem falla í 3. flokk eru alveg eins og þær hefðbundnu. Eini munurinn er að vatnið er ekki hreinsað með klór og við þær er enginn öryggisbúnaður. Nokkrar af þessum laugum eru nú í C flokk reglugerðar nr. 814/2010 og eru því undir eftirliti viðkomandi Heilbrigðiseftirlits ef þær eru í rekstri. Reglugerð um náttúrulega baðstaði mun gilda fyrir laugar í 3. flokki. Ef laug í 3. flokki á að fara í rekstur (allt árið eða hluta úr ári) þarf því að uppfylla kröfur reglugerðarinnar. Þessar laugar verða þá síðar flokkaðar eins og tilskipun nr. 2006/7/EC segir til um, þ.e. með tilliti til örverurannsóknna í „framúrskarandi“, „góð“, „fullnægjandi“ og „léleg“ gæði. Ef laug í 3. flokki kemur ekki til með að vera í rekstri er mikilvægt að landeigandi taki ábyrgð á henni, girðir hana af og/eða tæmir. Ef hún á eingöngu að vera í rekstri á sumrin þarf að loka alveg á veturna. Dæmi er um að menn fá leyfi til að baða sig í laugum á einkalandi, t.d. Laugaland við Þorskafjörð og Laugarás í Skjaldfannardal.

Sumar laugar í C flokki fá ekki undanþágu frá klórblöndun og þá er settur lágmarksstyrkur klórs í þær a.m.k. þrjú mánuði á ári (þegar mesti ferðamannatíminn er). Þetta er t.d. gert í Djúpadalslaug eftir kröfu Heilbrigðiseftirlit svæðisins. Þar er einnig selt í laugina (þannig að það má segja að hún sé í rekstri) en þar er enginn sundlaugarvörður. Þar er gestum hins vegar sagt frá því að það baði sig á eigin ábyrgð áður en það borgar. Misjafnt er hvort og hvenær laugar í C flokki eru opnar, og hugsanlega fer þeim fækkandi. Sem dæmi má taka var laugin við Brautartungu í Lundarreykjadal nýlega lokað fyrir almenning og er nú aðeins opin þeim sem hafa gert leigusamning þar að lútandi á ársgrundvelli, og þeim sem leigja hana með félagsheimilinu. Sú laug var áður opin alla daga hverjum þeim sem áttu leið hjá og langaði í sund (Bjarnheiður Jónsdóttir, tölvupóstur, 8. mars 2012). Allar þessar laugar eru gegnumstreymislaugar, og sumar staðsettar við jarðhitauppsprettur. Þá getur klórblöndun í þeim verið vafasöm ef vatnið er með hátt pH-gildi. Þar sem ekkert hringstreymi er rennur klórinn einnig úr lauginni jafn óðum.

Það er snúið mál fyrir Heilbrigðiseftirlitin að meta hverja laug fyrir sig með tilliti til flokkunar, örverugreininga, klórblöndunar, öryggismála og reksturs. Það kemur því ekki á óvart að þau bíði eftir því að tilskipun nr. 2006/7/EC verði innleidd í reglugerð um náttúrulega baðstaði, en það gerist e.t.v. ekki nema Íslandi gangi í Evrópusambandið.

6.4 Reglugerð um náttúrulega baðstaði

Þegar tilskipun nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns verður innleidd í reglugerð um náttúrulega baðstaði er lagt til að hún taki til eftirfarandi þátta:

- *Flokkun lauga og skilgreining á því hvaða laugar falla undir reglugerðina:*
Lagt er til að hún muni gilda fyrir allar laugar í 3. flokki og þær laugar í 2. flokki sem eru í rekstri og teljast til fjölsóttra staða (>150-200 gestir á dag á ferðamannatímabilinu).
- *Örverumælingar og viðmiðunarmörk:*
Örverumælingar fari fram samkvæmt tilskipun um gæði baðvatns. Þegar örverumælingar fyrir fjögur ár liggja fyrir þarf að flokka laugarnar eftir vatnsgæðum og setja upp merkingar þar að lútandi. Lagt er til að viðmiðunarmörk bendibakteríanna *E. coli* og *Enterococcus* verði samkvæmt töflu 6.3.

Tafla 6.3 Viðmiðunarmörk bendibaktería (cfu/100 ml) miðað við gæðaflokka náttúrulegs baðvatns.

Laugar í 3. flokki				
Bendibaktería	Framúrskarandi gæði	Góð gæði	Fullnægjandi gæði	Léleg gæði
<i>E. coli</i>	<20	50	100	300
<i>Enterococcus</i>	<5	<15	30	100
Laugar í 2. flokki				
Bendibaktería	Framúrskarandi gæði	Góð gæði	Fullnægjandi gæði	Léleg gæði
<i>E. coli</i>	<60	150	300	900
<i>Enterococcus</i>	<20	50	100	300

- *Rennslismælingar*

Meta þarf hvort að rennsli vatns sé of lítið með tilliti til örverumælinga.

- *Öryggismál:*

Framkvæma þarf áhættumat. Við laugar í 3. flokki þarf að vera sími, fyrsta hjálp, hjartastuðtæki, björgunarhringur og armkútar. Við laugar í 2. flokki þarf að vera sími og fyrsta hjálp. Aðkoma verður að vera örugg og öryggismerkingar verða að vera til staðar við allar náttúrulegar í samræmi við aðstæður.

- *Ábyrgð:*

Eigandi baðstaðarins ber ábyrgð á því að farið sé eftir ákvæðum reglugerðarinnar. Sé rekstraraðili annar en eigandi verða aðilarnir að gera samning um að hann framfylgi ákvæðum reglugerðarinnar. Þá verður að geta þess skýrt hver sé ábyrgur.

- *Baðvatnslýsing:*

Fyrir hverja laug þarf að liggja fyrir baðvatnslýsing samkvæmt tilskipun um gæði baðvatns. Þar þarf m.a. að koma fram lýsing á landfræðilegri aðstöðu, skilgreining á þáttum sem kunna að valda mengun á staðnum og staðsetning sýnatökustaða.

- *Starfsleyfi og eftirlit:*

Laugar í 3. flokki sækja um starfsleyfi til Umhverfisstofnunar þar sem skilgreindar verða nánari kröfur til einstakra lauga. Þá verða rekstraraðilar að framkvæma innra eftirlit (áhættumat, baðvatnslýsingu, hreinlætisáætlun og slysaskrá) en heilbrigðiseftirlitið undir yfirumsjón Umhverfisstofnunar fer með opinbert eftirlit.

- *Upplýsingar til almennings:*

Tryggja þarf að niðurstöður örverumælinga og ástand baðvatns verði aðgengilegt á vef Umhverfisstofnunar, viðkomandi heilbrigðiseftirlits eða á sér vefsvæði.

Heimildir

- Abraham, J. og Simon, G. L. (2007). *Comamonas testosteroni* bacteremia, a case report and review of the literature. *Infectious Disease in Clinical Practice*, 15, 272–273.
- Alves, M. P., Rainey, F. A., Nobre, M. F. og da Costa, M. S. (2003). *Thermomonas hydrothermalis* sp. nov., a new slightly thermophilic γ -proteobacterium isolated from a hot spring in central Portugal. *Systematic and Applied Microbiology*, 26, 70–75.
- Amann, R. I., Ludwig, W. og Schleifer, K.-H. (1995). Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiological Reviews*, 59, 143–169.
- Anna Dóra Sæþórsdóttir. (2003). Upplifun ferðamanna í Landmannalaugum. Í Bergþóra Aradóttir (ritstj.), *Þolmörk ferðamennsku í Landmannalaugum* (bls. 51–73). Akureyri: Ferðamálaráð Íslands, Háskóli Íslands, Háskólinn á Akureyri og Ferðamálasetur Íslands.
- Anna Dóra Sæþórsdóttir og Þorkell Stefánsson. (2009). *Töluleg greining á viðhorfum ferðamanna á Kili*. Reykjavík: Háskóli Íslands.
- Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson. (2005). *Hveravellir – Könnun og kortlagning háhitasvæðis*. Reykjavík: ÍSOR.
- Árni Ragnarsson. (2006). *Orkunotkun á Íslandi*. Orkuþing 2006. Reykjavík: Samorka.
- Balkwill, D. L., Drake, G. R., Reeves, R. H., Fredrickson, J. K., White, D. C., Ringelberg, D. B., Chandler, D. P., Romine, M. F., Kennedy, D. W. og Spadoni, C. M. (1997). Taxonomic study of aromatic-degrading bacteria from deep-terrestrial-subsurface sediments and description of *Sphingomonas aromaticivorans* sp. nov., *Sphingomonas subterranea* sp. nov., and *Sphingomonas stygia* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 47, 191–201.
- Bergþóra Aradóttir. (2003). Landmannalaugar: Náttúruperla friðlands að Fjallabaki. Í Bergþóra Aradóttir (ritstj.), *Þolmörk ferðamennsku í Landmannalaugum* (bls. 1–5). Akureyri: Ferðamálaráð Íslands, Háskóli Íslands, Háskólinn á Akureyri og Ferðamálasetur Íslands.
- Bergþóra Aradóttir og Sigurvin B. Sigurjónsson. (2004). *Viðhorf heimamanna til nýtingar á náttúrulegum baðlaugum*. Akureyri: Ferðamálasetur Íslands.
- Björn Hróarsson og Sigurður Sveinn Jónsson. (1991). *Hverir á Íslandi*. Reykjavík: Mál og menning.

- Blas-Valdivia, V., Ortiz-Butrón, R., Pineda-Reynoso, M., Hernández-García, A. og Cano-Europa, E. (2011). *Chlorella vulgaris* administration prevents HgCl₂-caused oxidative stress and cellular damage in the kidney. *Journal of Applied Phycology*, 23, 53–58.
- Blažová, K. og Horák, P. (2005). *Trichobilharzia regenti*: The developmental differences in natural and abnormal hosts. *Parasitology International*, 54, 167–172.
- Bláa Lónið. (e.d.). Um fyrirtækið: Bláfáninn – alþjóðlegt umhverfismerki veitt Bláa Lóninu fyrir gæði, þjónustu og umhverfisvernd. Skoðað 26. maí 2011 á <http://www.bluelagoon.is/Um-fyrirtaekid/Blafaninn/>
- Bodey, G. P., Bolívar, R., Fainstein, V. og Jadeja, L. (1983). Infections caused by *Pseudomonas aeruginosa*. *Clinical Infectious Diseases*, 5, 279–313.
- Chou, Y.-J., Chou, J.-H., Arun, M.-C., Young, C.-C. og Chen, W.-M. (2008). *Vogesella perlucida* sp. nov., a non-pigmented bacterium isolated from spring water. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58, 2677–2681.
- Clark, L. L., Dajcs, J. J., McLean, C. H., Bartell, J. G. og Stroman, D. W. (2006). *Pseudomonas otitidis* sp. nov., isolated from patients with otic infections. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56, 709–714.
- Clarridge, J. (2004). Impact of 16S rRNA gene sequence analysis for identification of bacteria on clinical microbiology and infectious diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 17, 840–862.
- Colwell, R. R. og Grimes, D. J. (2000). Semantics and strategies. Í Colwell, R. R. og Grimes, D. J. (ritstj.), *Nonculturable Microorganisms in the Environment* (bls. 2). Washington DC: ASM Press.
- Efstratiou, M. A. og Tsirtsis, G. (2009). Do 2006/7/EC European Union bathing water standards exclude the risk of contact with *Salmonella* or *Candida albicans*? *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1039–1044.
- EUROPA. (2011). *Questions and answers on bathing water policy*. Skoðað 26. mars 2012 á <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/11/411>
- European Environment Agency. (2011). *European bathing water quality in 2010*. Kaupmannahöfn: EEA.
- Faustini, A., Fano, V., Muscillo, M., Zaniratti, S., La Rosa, G., Tribuzi, L. og Perucci, C. A. (2006). An outbreak of aseptic meningitis due to echovirus 30 associated with attending school and swimming in pools. *International Journal of Infectious Diseases*, 10, 291–297.
- Favero, M. S., Drake, C. H. og Randall, G. B. (1964). Use of *Staphylococci* as indicators of swimming pool pollution. *Public Health Reports*, 79, 61–70.

- FEE Norway. (2010). *Blátt Flagg strandkriterier – veiledning og gode råd 2011*. Kristiansand: FEE Norway.
- Ferðamálastofa. (2010). Málþing um málefni Hveravalla. Skoðað 15. júní 2011 á <http://www.ferdamalastofa.is/Category.mvc/DisplayElement?moduleid=220&catid=709&sid=6188>
- Ferðamálastofa. (2011a). Erlendir gestir um Leifsstöð 2002-2011. Skoðað 26. janúar 2012 á <http://www.ferdamalastofa.is/Category.mvc/Display/503>
- Ferðamálastofa. (2011b). *Ferðapjónusta í tölum mars 2011*. Reykjavík: Ferðamálastofa.
- Fisher, K. og Phillips, C. (2009). The ecology, epidemiology and virulence of *Enterococcus*. *Microbiology*, 155, 1749–1757.
- Friðrik Ársælsson. (2007, 29. júní). Kæruleysið er ríkt í íslenskum foreldrum. *Morgunblaðið*, bls. 6.
- Garrido-Pérez, M. C., Anfuso, E., Acevedo, A. og Perales-Vargas-Machuca, J. A. (2008). Microbial indicators of faecal contamination in waters and sediments of beach bathing zones. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211, 510–517.
- Gentles, J. C. og Evans, E. G. V. (1973). Foot infections in swimming baths. *British Medical Journal*, 3, 260–262.
- Gilmore, M. S. (ritstj.) (2002). *The enterococci: pathogenesis, molecular biology and antibiotic resistance*. Washington: ASM Press.
- Gomila, M., Bowien, B., Falsen, E., Moore, E. R. B. og Lalucat, J. (2007). Description of *Pelomonas aquatica* sp. nov. and *Pelomonas puraquae* sp. nov., isolated from industrial and haemodialysis water. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 2629–2635.
- Goodgame, R. (2006). Norovirus Gastroenteritis. *Current Gastroenterology Reports*, 8, 401–408.
- Górnik, K. og Kuźna-Grygiel, W. (2004). Presence of virulent strains of amphizoic amoebae in swimming pools in the city of Szczecin. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 11, 233–236.
- Guéniche, A., Goujon, C., Dahel, K., Bastien, P., Martin, R., Jourdain, R. og Breton, L. (2006). Improvement of atopic dermatitis skin symptoms by *Vitreoscilla filiformis* bacterial extract. *European Journal of Dermatology*, 16, 380-384.
- Hagstofa Íslands. (e.d.). Dánir eftir dánarorsökum (ICD-10), kyni og aldri 1996-2009. Skoðað 4. janúar 2012 á <http://www.hagstofa.is>.

- Hansen, A. og Carlander, A. (2009). Resultat frá Badvattendirektivet. Í Marklund, H. (ritstj.), *Sötvatten, årsskrift frá miljøövervakningen 2009* (bls. 4). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Hansman, G. S., Jiang, X. J. og Green, K. Y. (ritstj.) (2010). *Caliciviruses, Molecular and Cellular Virology*. Norfolk: Caister Academic Press.
- Hardy, J. D., Stolwijk, J. A. J., Hammel, H. T. og Murgatroyd, D. (1965). Skin temperature and cutaneous pain during warm water immersion. *Journal of Applied Physiology* 20, 1014–1021.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson. (1998). *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500.000*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Horák, P. og Kolářová, L. (2001). Bird schistosomes: do they die in mammalian skin? *Trends in Parasitology*, 17, 66–69.
- Hrádková, K. og Horák, P. (2002). Neurotropic behaviour of *Trichobilharzia regenti* in ducks and mice. *Journal of Helminthology*, 76, 137-41.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ólafur Grímur Björnsson, Steinunn Hauksdóttir, Helga Tulinius og Hannes Hjálmarsson. (2000). *Nýting jarðhita til ferðaþjónustu einkum með tilliti til baðlækninga*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Sigríður Halldórsdóttir. (2008). *Heitt vatn og heilbrigði: Heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi*. Ritroð Heilbrigðisvísindastofnunar HA nr. 1. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.
- Hsu, B.-M., Chen, C.-H., Wan, M.-T. og Cheng, H.-W. (2006). *Legionella* prevalence in hot spring recreation areas of Taiwan. *Water Research*, 40, 3267–3273.
- Huang, S.-W., Hsu, B.-M., Wu, S.-F., Fan, C.-W., Shih, F.-C., Lin, Y.-C. og Ji, D.-D. (2010). Water quality parameters associated with prevalence of *Legionella* in hot spring facility water bodies. *Water Research*, 44, 4805–4811.
- Inthorn, D., Sidtitoon, N., Silapanuntakul, S. og Incharoensakdi, A. (2002). Sorption of mercury, cadmium and lead by microalgae. *ScienceAsia*, 28, 253–261.
- ISO staðall 3864-1. (2004). *Graphical symbols–Safety colours and safety signs–Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*. Geneva: ISO.
- Ito, T., Sugita, K., Yumoto, I., Nodasaka, Y. og Okabe, S. (2005). *Thiovirga sulfuroxydans* gen. nov., sp. nov., a chemolithoautotrophic sulfur-oxidizing bacterium isolated from a microaerobic waste-water biofilm. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55, 1059–1064.
- Jakob K. Kristjánsson og Guðni Á. Alfreðsson. (1986). Lífríki hveranna. *Náttúrufræðingurinn*, 56, 49–68.

- Janda, J. M. og Abbott, S. L. (2007). 16S rRNA Gene sequencing for bacterial identification in the diagnostic laboratory: Pluses, perils, and pitfalls. *Journal of Clinical Microbiology*, 45, 2761–2764.
- Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson. (2001). *Svell er á gnípu, eldur geisar undir*. Reykjavík: Iðnú.
- Jón G. Snæland. (2009, 25. ágúst). Björn Vignir Sigurpálsson. Fjallamennskan er fíkn. *Morgunblaðið*, bls. 35.
- Jón G. Snæland og Þóra Sigurbjörnsdóttir. (2009). *Heitar laugar á Íslandi*. Reykjavík: Skrudda.
- Jón Örn Bjarnason og Magnús Ólafsson. (2000). *Í Torfajökli – Efni í jarðgufu og heitu vatni*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Jón Þorsteinsson. (2005). Heitar laugar á Íslandi til forna. *Læknablaðið*, 91, 617–621.
- Jónas Ketilsson, Axel Björnsson, Árný Erla Sveinbjörnsdóttir, Bjarni Pálsson, Grímur Björnsson, Guðni Axelsson og Kristján Sæmundsson. (2010). *Eðli jarðhitans og sjálfbær nýting hans. Álitsgerð faghóps um sjálfbæra nýtingu jarðhita*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Karl Skírnisson og Kolářová, L. (2002). Stafar mönnum hætta af lirfum fuglablóðagða? *Læknablaðið*, 88, 739–744.
- Karl Skírnisson og Kolářová, L. (2005). Sundmannakláði í Landmannalaugum. *Læknablaðið* 91, 729–36.
- Karl Skírnisson. (2010). Um fuglablóðögður og sundmannakláða. *Náttúrufræðingurinn*, 79, 125–135.
- Kawahara, Y., Nagata, M., Niimi, Y., Miwa, Y. og Iwase, S. (2005). Effects of bath water and bathroom temperatures on human thermoregulatory function and thermal perception during half-body bathing in winter. Í *Environmental Ergonomics - The Ergonomics of Human Comfort, Health and Performance in the Thermal Environment* (bls. 171–176). Oxford: Elsevier Ltd.
- Kolbrún Haraldsdóttir. (2002). *Náttúrulegt baðvatn á Íslandi*. Fyrirlestur á vegum „Dag vatnsins“ árið 2002. Sótt 20. apríl 2011 á eldri.ust.is/media/fraedsluefni/natturulaugar.pdf
- Kortavefur Já.is. (e.d.). Skoðað 20. janúar 2012 á <http://ja.is/kort/#x=500000&y=500000&z=0&type=aerial>
- Kuroki, T., Ishihara, T., Ito, K. og Kura, F. (2009). Bathwater-associated cases of legionellosis in Japan, with a special focus on *Legionella* concentrations in water. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 62, 201–205.

- Kämpfer, P., Schulze, R., Jäckel, U., Malik, K. A., Amann, R. og Spring, S. (2005). *Hydrogenophaga defluvii* sp. nov. and *Hydrogenophaga atypica* sp. nov., isolated from activated sludge. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55, 341–344.
- Landlæknisembættið. (2008). Nóróveira. Skoðað 11. janúar 2012 á <http://www.landlaeknir.is/Pages/688>
- Landvernd. (e.d.a). Hvað er bláfáninn? Skoðað 24. mars 2011 á <http://www.landvernd.is/blafaninn/flokkar.asp?flokkur=1039>
- Landvernd. (e.d.b). Umsókn um Bláfánann fyrir baðstrendur 2011. Skoðað 3. febrúar 2012 á http://www.landvernd.is/blafaninn/BFumsokn_f_badstrendur_2012_v.pdf
- Lawrence, J. C. og Bull, J. P. (1976). Thermal conditions which cause skin burns. *Journal of Engineering in Medicin*, 5, 61–63.
- Lechner, U., Brodkorb, D., Geyer, R. Hause, G., Härtig, C., Auling, G., Fayolle-Guichard, F., Piveteau, P., Müller, R. H. og Rohwerder, T. (2007). *Aquicola tertiaricarbonis* gen. nov., sp. nov., a tertiary butyl moiety-degrading bacterium. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 1295–1303.
- Lekkla, A., Sutthikornchai, C., Bovornkitti, S. og Sukthana, Y. (2005). Free-living ameba contamination in natural hot springs in Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 36, 5–9.
- Leoni, E., Legnani, P., Guberti, E. og Masotti, A. (1999). Risk of infection associated with microbiological quality of public swimming pools in Bologna, Italy. *Public Health*, 113, 227–232.
- Leoni, E., Legnani, P. P., Bucci Sabattini, M. A. og Right, F. (2001). Prevalence of *Legionella* spp. in swimming pool environment. *Water Research*, 35, 3749–3753.
- Lewis, M. J. (1997). Escherichia. Í Greenwood, D., Slack, R. C. B. og Peutherer, J. F. (ritstj.), *Medical Microbiology: a guide to microbial infections: pathogenesis, immunity, laboratory diagnosis, and control*. Edinburgh: Churchill-Livingstone.
- Lutz, J. K. og Lee, J. (2011). Prevalence and antimicrobial-resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools and hot tubs. *International Journal of Environmental Reseach and Public Health*, 8, 554–564.
- Lýðheilsustöð. (2004). Drukknun. Skoðað 16. júní 2011 á <http://www2.lydheilsustod.is/fraedsla/fraedsluefni/arvekni-slysavarnir-barna/orsakir-slysa/drukknun/>
- Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998.
- Madigan, M. T. og Martinko, J. M. (2005). *Brock Biology of Microorganisms*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- Mahoney, F. J., Farley, T. A., Kelso, K. Y., Wilson, S. A., Horan, J. M. og McFarland, L. M. (1992). An outbreak of Hepatitis A associated with swimming in a public pool. *Journal of Infectious Diseases*, 4, 613–618.
- Mansilha, C. R., Coelho, C. A., Heitor, A. M., Amado, J., Martins, J. P. og Gameiro, P. (2009). Bathing waters: New directive, new standards, new quality approach. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1562–1565.
- Markaðs- og miðlarannsóknir. (2012). *Könnun meðal erlendra ferðamanna á Íslandi sumarið 2011 - Unnið fyrir Ferðamálastofu*. Reykjavík: Markaðs- og miðlarannsóknir.
- Martins, M. T., Sato, M. I. Z., Alves, M. N., Stoppe, N. C., Prado, V. M. og Sanchez, P. S. (1995). Assessment of microbiological quality for swimming pools in South America. *Water Research*, 29, 2417–2420.
- Matís. (2010). *Vágestir í matvælum*. Reykjavík: Matís ohf. í samvinnu við Mast og Örverufræðifélag Íslands.
- Maunula, L., Kalso, S., Von Bonsdorff, C.-H. og Pönkä, A. (2004). Wading pool water contaminated with both noroviruses and astroviruses as the source of a gastroenteritis outbreak. *Epidemiology and Infection*, 132, 737–743.
- Mohamed, Z. A. (2008). Toxic cyanobacteria and cyanotoxins in public hot springs in Saudi Arabia. *Toxicon*, 51, 17–27.
- New York State Department of Health. (2008). Minimum water depths for head first diving from pool decks, starting blocks, docks and similar low fixed platforms. Skoðað 7. febrúar 2012 á http://www.health.ny.gov/environmental/outdoors/camps/aquatics/minimum_water_depths_for_head_first_diving.htm
- Niewolak, S. og Opieka, A. (2000). Potentially pathogenic microorganisms in water and bottom sediments in the Czarna Hańcza river. *Polish Journal of Environmental Studies*, 9, 183–194.
- Orkuveita Reykjavíkur. (2006). *Nesjavellir – orkuver*. Reykjavík: Orkuveita Reykjavíkur.
- Ólafur Grímur Björnsson. (2000). *Baðlækningar, læknávisindi og kúltúr*. Reykjavík: Steindórsprent – Gutenberg.
- Pace, N. R. (2008). The molecular tree of life changes how we see, teach microbial diversity. *Microbe*, 3, 15–20.
- Papadopoulou, C., Economou, V., Sakkas, H., Gousia, P., Giannakopoulos, X., Dontorou, C., Filioussis, G., Gessouli, H., Karanis, P. og Leveidiotou, S. (2008). Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211, 385–397.

- Papapetropoulou, M. og Vantarakis, A. C. (1998). Detection of adenovirus outbreak at a municipal swimming pool by nested PCR amplification. *Journal of Infection*, 36, 101–103.
- Poh, C. H., Oh, H. M. L. og Tan, A. L. (2006). Epidemiology and clinical outcome of enterococcal bacteraemia in an acute care hospital. *Journal of Infection*, 52, 383–386.
- Presser, K. A., Ratkowsky, D. A. og Ross, T. (1997). Modelling the growth rate of *Escherichia coli* as a function of pH and lactic acid concentration. *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 2355–2360.
- Prieto, M. D., Lopez, B., Juanes, J. A., Revilla, J. A., Llorca, J. og Delgado-Rodríguez, M. (2001). Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in sea water. *Journal of Epidemiol Community Health*, 55, 442–447.
- Ragna Karlsdóttir, Haukur Jóhannesson og Jón Benjamínsson. (1981). *Jarðhitaathugun við Lýsuhól í Staðarsveit, Snæfellsnesi*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999.
- Reglugerð um hollustuhætti á sund- og baðstöðum nr. 814/2010.
- Rincón-Rosales, R., Lloret, L., Ponce, E. og Martínez-Romero, E. (2007). Rhizobia with different symbiotic efficiencies nodulate *Acaciella angustissima* in Mexico, including *Sinorhizobium chiapanecum* sp. nov. which has common symbiotic genes with *Sinorhizobium mexicanum*. *FEMS Microbiol Ecology*, 67, 103–117.
- ROSPA. (e.d.). *Development of symbols to inform about water quality under the EU Bathing water Directive 2006/7EC, Report on research by the Royal Society for the Prevention of Accidents*. Birmingham: ROSPA og European Commission.
- Rosselló-Móra, R. og Amann, R. (2001). The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiology Reviews*, 25, 39–67.
- Rögnvaldur Guðmundsson. (2010). *Erlendir ferðamenn á Íslandi 2010 og samanburður við sumrin á undan – Samantekt unnin fyrir Ferðamálastofu*. Reykjavík: Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar ehf.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., Mullis, K. B. og Erlich, H. A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239, 487–491.
- Samband íslenskra sveitarfélaga, Vinnueftirlit ríkisins, Hollustuvernd ríkisins, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Slysavarnarfélag Íslands og Menntamálaráðuneytið. (1999). *Reglur um öryggi á sundstöðum og við kennslulaugar*. Reykjavík: Samband íslenskra sveitarfélaga, Vinnueftirlit ríkisins, Hollustuvernd ríkisins, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Slysavarnarfélag Íslands og Menntamálaráðuneytið.

- Schets, F. M., Schijven, J. F. og de Roda Husman, A. M. (2011). Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Water Research*, 7, 2392–2400.
- Shim, J.-Y., Shin, H.-S., Han, J.-G., Park, H.-S., Lim, B.-L., Chung, K.-W. og Om, A.-S. (2008). Protective effects of *Chlorella vulgaris* on liver toxicity in cadmium-administered rats. *Journal of Medicinal Food*, 11, 479–485.
- Siebenga, J. J., Duizer, E. og Koopmans, M. P. G. (2010). Norovirus epidemiology. Í Hansman G. S., Jiang X. J. og Green K. Y. (ritstj.), *Caliciviruses, Molecular and Cellular Virology* (bls. 1-2). Norfolk: Caister Academic Press.
- Sjósundkappar fá oft aðsvif. (2012, 4. janúar). Ríkisútvarpið. Skoðað 5. janúar 2012 á <http://www.ruv.is/frett/sjosundkappar-fa-oft-adsvif>
- Sólveig K. Pétursdóttir, Snædís H. Björnsdóttir, Guðmundur Óli Hreggviðsson og Sólveig Ólafsdóttir. (2010). *Lífriki í hverum á háhitasvæðum á Íslandi. Heildarsamantekt unnin vegna Rammaáætlunar. Lokaskýrsla*. Reykjavík: Matís ohf.
- Stackebrandt, E. og Goebel, B.M. (1994). Taxonomic note: a place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in Bacteriology. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology*, 44, 846–849.
- Stackebrandt, E. og Ebers, J. (2006). Taxonomic parameters revisited: Tarnished gold standards. *Microbiology Today*, 33, 152–155.
- Starr, M. P., Stolp, H., Truper, H. G., Balows, A. og Schlegel, H. G. (ritstj.) (1986). *The Prokaryotes: A Handbook on Habitats, Isolation and Identification of Bacteria* (1. bindi). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Stetter, K., Jakob Kristjánsson og Aguilar, A. (1992, 30. ágúst). Ráðstefna um hitakærar örverur: Merkar uppgötvanir hafa verið gerðar - lífverur fundnar sem þrífast hátt yfir suðumarki vatns. *Morgunblaðið*, bls. 24.
- Tilskipun nr. 2006/7/EC um gæði baðvatns.
- Umhverfisstofnun. (e.d.a). Fróðleikur um friðlýst svæði. Skoðað 1. júní 2011 á <http://eldri.ust.is/Frodleikur/Fridlystsvaedi/>
- Umhverfisstofnun. (e.d.b). Öryggismerkingar. Skoðað 26. mars 2012 á <http://www.ust.is/atvinnulif/hollustuhaettir/sundstadir/oryggismerkingar/>
- Umhverfisstofnun. (2003). *Könnun á gerlamagni í nokkrum náttúrulaugum*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Umhverfisstofnun. (2009). *Eftirlitsverkefni með gæðum laugarvatns og öryggi á sundstöðum sumarið 2008*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Umhverfisstofnun. (2010). *Ástand friðlýstra svæða*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.

- US Environmental Protection Agency. (1999). *EPA Action Plan for Beaches and Recreational Waters, Reducing Exposures to Waterborne Pathogens*. Washington, DC: Office of Research and Development and Office of Water U.S. Environmental Protection Agency.
- Vatnajökulsþjóðgarður, Umhverfisstofnun, Þingvallabjórðgarður og Ferðamálastofa. (2011). *Handbók um merkingar á ferðamannastöðum og friðlöndum*. Reykjavík: Vatnajökulsþjóðgarður, Umhverfisstofnun, Þingvallabjórðgarður og Ferðamálastofa .
- Vigdís Svava Gísladóttir. (2007). *Ávinningur einstaklinga, sem hlotið hafa mænuskaða og eru bundnir hjólastól, af líkamsrækt/þjálfun*. Óútgefin BS-ritgerð, Kennaraháskóli Íslands, Reykjavík.
- Viggó Þór Marteinsson, Sigurbjörg Hauksdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Jakob K. Kristjánsson. (2001). Hitakærar örverur í hitaveitukerfum. *Þingbók Orkuþings 2001*, 408–412.
- Viggó Þór Marteinsson, Sólveig K. Pétursdóttir og Steinunn Magnúsdóttir. (2004). *Líffræðileg fjölbreytni í hverum og laugum á Hengilssvæðinu, skýrsla unnin fyrir Orkustofnun*. Reykjavík: Prokaria.
- Vinnueftirlitið. (2007). *Áhættumat, Leiðbeiningar*. Reykjavík: Vinnueftirlitið.
- WHO. (2006a). *Guidelines for safe recreational water environments – Volume 1 Coastal and fresh waters*. Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2006b). *Guidelines for safe recreational water environments – Volume 2 Swimming pools and similar environments*. Geneva: World Health Organization.
- Willems, A., Busse, J., Goor, M., Pot, B., Falsen, E., Jantzen, E., Gillis, M., Kersters, K., Auling, G. og De Ley, J. (1989). *Hydrogenophaga*, a new genus of hydrogen-oxidizing bacteria that includes *Hydrogenophaga flava* comb. nov. (formerly *Pseudomonas flava*), *Hydrogenophaga palleronii* (formerly *Pseudomonas palleronii*), *Hydrogenophaga pseudoflava* (formerly *Pseudomonas pseudoflava* and “*Pseudomonas carboxydoflava*”), and *Hydrogenophaga taeniospiralis* (formerly *Pseudomonas taeniospiralis*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 39, 319–333.
- Woese, C. R. (1987). Bacterial evolution. *Microbiological Reviews*, 51, 221–271.
- Yoon, M.-H., Ten, L. N., Im, W.-T. og Lee, S.-T. (2007). *Methylibium fulvum* sp. nov., a member of the Betaproteobacteria isolated from ginseng field soil, and emended description of the genus *Methylibium*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 2062–2066.

Viðauki A

Ætauppskriftir

BILE AESCULIN AGAR (BA)
OXOID CM 888

pH 7,1 ± 0,2

Notkunarvið: Notað til staðfestingar á *Enterokokkum* í vatni og sjó

44,5 g Bile Aesculin Agar
1 l eimað vatn

Leyst upp með suðu

Dauðhreinsað í gufusæfi í 15 mín við 121°C
Kælt í vatnsbaði niður í 45°C
Hellt á skálar

Geymsluskilyrði: Myrkur, 4°C
Geymsluþol: 2 vikur

Ætaeftirlit:

Jákvætt kontrol: Streptoc. Faecalis ATCC 29212 góður eink. vöxtur rauð/svört/útfell
Neikvætt kontrol: Escherichia coli ATCC 25922 hindraður vöxtur
Strikið kontrolstofni á ætíð og ræktið við 37°C í 40-48 klst.

LACTOSE BROTH (LAKTÓSI)
OXOID CM 137

pH 6,9 ± 0,2

Notkunarvið: Notað til forræktunar á *kólígerlum* í lyfjum og til staðfestingar á *kólí- og saurkólígerlum* í vatni.

13 g Lactose broth
1 l eimað vatn

10 ml settir á túpuglös með durham

Dauðhreinsað í gufusæfi í 15 mín við 121°C

Geymsluskilyrði: Myrkur, stofuhiti
Geymsluþol: 2 vikur

Ætaeftirlit:

Jákvætt kontrol: Escherichia coli ATCC 25922 góður eink. vöxtur og loftmyndun
Neikvætt kontrol: Streptoc. Faecalis ATCC 19433 vöxtur en ekki loftmyndun
Sáíð kontrolstofni út í ætið og ræktið við 37°C í 18-48 klst

mFC AGAR
DIFCO 267720

pH 7,4 ± 0,2

Notkunarvið: Notað til ákvörðunar á *saurkólígerlum* við síun á vatni, sjó og árvatni.

26 g mFC agar
500 ml eimað vatn

Leyst upp með suðu

5 ml af 1% Rosolicsýru* settir út í 500 ml af æti
Hita í 1 mínútu eftir að rosolic sýran er komin út í

Hellt í dauðhreinsaða kolbu (vatn soðið í kolbu)
Kælt í vatnsbaði niður í 45°C
Hellt á skálar

Geymsluskilyrði: 4°C
Geymsluþol: 2 vikur

*1% Rosolicsýra
0,05 g rosolicsýra (difco 232281)
5 ml 0,2 N NaOH
(rosolicsýra útbúin samdægurs)

Ætaeftirlit:

Jákvætt kontrol: E. coli ATCC 25922 góður eink. vöxtur
Neikvætt kontrol: Streptoc. Faecalis ATCC 29212 enginn vöxtur

Strikið kontrolstofni á ætið og ræktið við 37°C í 18-24 klst.

R₂A AGAR

pH 7,0 ± 0,2

9,1 gr R₂A agar
500 ml eimað vatn

Leyst upp með suðu
Dauðhreinsað í gufusæfi í 15 mín við 121°C
Hellt á skálar

SLANETS & BARTLEY AGAR (S&B)
OXOID CM 0377

pH 7,2 ± 0,2

Notkunarsvið: Notað til ákvörðunar á *Enterokokkum* við síun á vatni og sjó

42 g S&B agar
1 l eimað vatn

Leyst upp með suðu
Kælt í vatnsbaði niður í 45°C
Hellt á skálar

Geymsluskilyrði: Myrkur, 4°C
Geymsluþol: 2 vikur

Ætaeftirlit:

Jákvætt kontrol: Streptok. Faecalis ATCC 29212 góður eink. vöxtur
Neikvætt kontrol: E. coli ATCC 25922 enginn vöxtur

Strikið kontrolstofni á ætið og ræktið við 37°C í 40-48 klst.

CETRIMIDE – NALIDIXICSÝRU AGAR (CNA agar)
OXOID CM 559

pH 7,1 ± 0,2

Notkunarsvið: Notað til ákvörðunar á *Pseudomonas aeruginosa* í vatni

24,2 g Pseudomonas agar base (OXOID CM 559)
500 ml eimað vatn

Leyst upp og 5 ml af glyceroli settir út í 500 ml
Leyst upp með suðu

Dauðhreinsað í gufusæfi í 15 mín við 121°C
Kælt í vatnsbaði niður í 45°C
2 ml af Pseudomonas C-N supplement* settir út í 500 ml af æti
Blandað vel og hellt á skálar

Geymsluskilyrði: 4°C
Geymsluþol: 2 vikur

*Pseudomonas C-N supplement Oxoid SR 102
Leyst upp í 1 ml af ethanol og 1 ml af dauðhreinsuðu eimuðu vatni

Ætaeftirlit:

Jákvætt kontrol: Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027 góður eink. vöxtur
Neikvætt kontrol: Staphylococcus aureus ATCC 25923 enginn vöxtur
Strikið kontrolstofni út á ætið og ræktið við 37°C í 18-24 klst.

Viðauki B

Veðurgögn

Tafla með veðurgögnum fyrir Bláfeldur (Lýsuhólslaug) 17. júlí 2011.

Kl	Hiti °C	Vindátt gráður	Vindhr á ath m/s	Mesti vindhr m/s	Mesta hviða m/s	Úrkoma mm
09:00	12.5	30	3.9	7.3	13.4	--
12:00	15.9	52	4.2			
18:00	13.5	10	7.5	7.5	19.7	--
21:00	11.0	360	9.8	11.8	20.9	

Tafla með veðurgögnum fyrir Hveravelli 14. ágúst 2011.

Kl	Hiti °C	Vindátt gráður	Vindhr á ath m/s	Mesti vindhr m/s	Mesta hviða m/s	Úrkoma mm
01:00	4.0	0	6.4	6.4	8.2	0.0
02:00	3.9	343	7.5	7.5	9.6	0.0
03:00	3.7	0	7.9	7.9	10.1	0.0
04:00	3.5	356	7.8	8.3	10.5	0.0
05:00	3.4	352	9.0	9.8	12.1	0.0
06:00	3.4	357	11.1	11.2	14.2	0.0
07:00	3.6	356	9.9	11.4	14.0	0.0
08:00	3.6	356	9.6	10.0	12.2	0.0
09:00	3.6	356	11.7	11.7	13.9	0.0
10:00	4.3	351	11.8	12.0	14.2	0.0
11:00	4.6	350	11.5	11.7	14.0	0.0
12:00	4.2	342	11.5	12.0	14.2	0.0
13:00	6.0	352	13.0	13.0	15.3	0.0
14:00	5.2	349	11.9	12.9	15.3	0.0
15:00	4.4	346	12.1	12.5	15.4	0.0
16:00	4.8	351	12.4	13.2	16.1	0.0
17:00	3.8	342	12.6	13.6	16.4	0.0
18:00	3.5	339	9.6	11.8	15.7	0.0
19:00	3.5	345	11.0	11.0	14.1	0.4
20:00	3.2	339	9.9	10.8	13.5	0.2
21:00	3.0	335	9.8	11.1	13.3	0.1
22:00	2.6	336	8.8	10.1	12.5	0.0
23:00	2.2	324	8.1	8.9	11.5	0.1
24:00	2.5	327	7.6	8.1	10.2	0.1

Tafla með veðurgögnum fyrir Veiðivatnahraun (Landmannalaugar) 23. ágúst 2011.

Kl	Hiti °C	Vindátt gráður	Vindhur á ath m/s	Mesti vindhur m/s	Mesta hviða m/s	Úrkoma mm
01:00	4.1	84	3.8	4.7	7.1	0.0
02:00	4.6	83	1.9	4.2	5.7	0.0
03:00	4.8	87	5.0	5.0	7.8	0.1
04:00	4.8	75	3.6	4.0	5.6	0.0
05:00	4.9	35	2.1	3.3	4.3	0.0
06:00	4.7	80	3.6	4.1	5.3	0.0
07:00	5.8	61	2.9	2.9	4.5	0.0
08:00	6.9	85	3.3	3.4	5.0	0.0
09:00	7.6	94	5.0	5.3	7.1	0.0
10:00	8.2	91	4.2	5.3	7.2	0.0
11:00	8.1	100	6.3	7.8	9.9	0.0
12:00	9.1	92	4.0	6.5	9.3	0.0
13:00	9.7	79	5.7	6.0	7.9	0.0
14:00	10.4	79	7.7	7.9	10.6	0.0
15:00	10.4	86	6.9	7.7	9.8	0.0
16:00	10.3	91	5.0	6.9	8.5	0.0
17:00	9.7	77	5.8	5.9	8.3	0.0
18:00	9.5	79	6.5	6.5	8.8	0.0
19:00	9.0	94	4.5	6.4	8.8	0.0
20:00	8.5	75	7.5	7.5	9.7	0.0
21:00	8.1	42	3.8	7.4	9.3	0.0
22:00	7.7	25	0.0	4.6	6.0	0.0
23:00	7.3	11	1.1	2.3	4.1	0.0
24:00	6.6	64	0.5	3.9	6.8	0.0

Viðauki C

Styrkur efna í vatni

Tafla með styrk efna í vatni (mg/l)

	Landmannalaugar ¹	Hveravellir (Nýjihver) ²	Lýsuhóll (Borhola 7) ³
Dags.	07.09.1997	24.08.2004	04.05.1977
Hiti (°C)	77,2	96,4	57
Rennsli (l/sek) áætlað		2	
Sýrustig (pH/°C)	6,17/21,7	9,77/19,5	6,72/19
Kabónat (CO ₂)(t)	156	12,6	1495
Súlfíð (H ₂ S)(t)	<0,03	3,12	<0,1
Leiðni ((S/cm)/°C)	1433/25	798/25	
Kísill (SiO ₂)	266	648	219
Bór (B)	1,84	0,53	
Líþíum (Li)	0,661	0,25	
Natríum (Na)	262	162	434,1
Kalíum (K)	32,1	14,8	33,9
Magnesíum (Mg)	2,44	0,008	17,8
Kalsíum (Ca)	12,1	2,33	93,4
Strontíum (Sr)		0,0029	
Baríum (Ba)		0,00036	
Flúoríð (F)	5,86	3,23	4,60
Klóríð (Cl)	310	64,5	80,0
Brómíð (Br)	1,22		
Súlfat (SO ₄)	62,9	148	43,0
Fosfór (P)		0,00315	
Ál (Al)	0,014	0,126	
Króm (Cr)		0,0000422	
Mangan (Mn)	0,62	0,000542	
Járn (Fe)	0,069	0,0031	12,4
Kóbalt (Co)		<0,0000005	
Nikkel (Ni)		0,000184	
Kopar (Cu)		<0,0001	
Sink (Zn)		0,000933	
Arsen (As)		0,0512	
Mólfíð (Mo)		0,0329	
Kadmíum (Cd)		<0,000002	
Kvikasilfur (Hg)	<0,000005	0,0000311	
Blý (Pb)		0,0000227	
Uppleyst efni	960	1000	1526

δD (‰ SMOW)	-75,0	-93,60
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-10,30	-10,94

¹Jón Örn Bjarnason og Magnús Ólafsson (2000).

²Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson (2005).

³Ragna Karlsdóttir, Haukur Jóhannesson og Jón Benjamínsson (1981).

Viðauki D

Spurningalisti

Könnun send út til ferðapjónustuaðila sem bjóða upp á ferðir þar sem ferðamenn geta baðað sig í náttúrulega á Íslandi.

Kæri viðtakandi,

Ég er nemandi í Umhverfis- og auðlindafræði við Háskóla Íslands sem er að gera verkefni um heilnæmi og öryggi náttúrulega* á Íslandi. Mér þætti vænt um ef þú gætir tekið þér stutta stund í að svara fimm spurningum á vefslóðinni:

<http://www.surveymonkey.com/s/XXQFDD9>

Könnunin er nafnlaus og það verður ekki hægt að rekja svör til einstakra þátttakenda.

Með þökk fyrir þátttökuna,
Berglind Ósk Þ. Þórólfsdóttir

**Náttúrulega er laug með jarðhitavatni sem er ekki meðhöndlað með sótthreinsun, geislun eða annarri hreinsun (klór). Dæmi: laugin á Hveravöllum, Laugalækurinn í Landmannalaugum og Bláa lónið.*

1. Eru ferðamenn látnir vita af því að þeir baði sig í náttúrulegum á eigin ábyrgð í ferðum með ykkur?

- Já
- Nei
- Veit ekki

2. Hafið þið orðið vör við það að ferðamenn (á ykkar vegum eða annarra) hafi orðið fyrir óþægindum af völdum *sundmannakláða* (kláðabólur) eftir að hafa baðað sig í náttúrulega?

- Já, mjög mörg tilfelli (>100)
- Já nokkuð mörg tilfelli (10-100)
- Já, eitt/fá tilfelli (1-10)
- Nei
- Veit ekki

3. Hafið þið orðið vör við það að ferðamenn (á ykkar vegum eða annarra) hafi orðið fyrir *öðrum óþægindum* eftir að hafa baðað sig í náttúrulegum (t.d. blóðþrýstingsfall, svimi og/eða önnur veikindi)?

- Já, mjög mörg tilfelli (>100)
- Já nokkuð mörg tilfelli (10-100)
- Já, eitt/fá tilfelli (1-10)
- Nei
- Veit ekki

4. Hafið þið orðið vör við það að ferðamenn (á ykkar vegum eða annarra) hafi kvartað yfir miklum hita í náttúrulegum?

- Já, mjög mörg tilfelli (>100)
- Já nokkuð mörg tilfelli (10-100)
- Já, eitt/fá tilfelli (1-10)
- Nei
- Veit ekki

5. Finnst ykkur að bæta megi merkingar við náttúrulegar? (t.d. varað við hita/fall í hálfu/sundmannakláða eða annað sem við á)?

- Já, á mörgum stöðum
- Já, á fáeinum stöðum
- Nei
- Veit ekki

Bakgrunnsupplýsingar:

Hversu lengi hefur fyrirtækið starfað í ferðamennsku? (ár)
