

Heilsutengd ferðapjónusta og jarðhitavatn á Húsavík

Möguleikar á ósoneringu baðvatns



Sandra Grettisdóttir

2010

	Háskólinn á Akureyri
	Viðskipta- og raunvísindadeild
Fag	LOK 1223
Heiti verkefnis	Heilsutengd ferðaþjónusta og jarðhitavatn á Húsavík – Möguleikar á ósoneringu baðvatns
Verktími	Febrúar til apríl 2010
Nemandi	Sandra Grettisdóttir
Leiðbeinandi	Hrefna Kristmannsdóttir
Upplag	7
Blaðsíðufjöldi	74
Fjöldi viðauka	6
Fylgigögn	Engin
Útgáfu- og notkunarréttur	Opinn

Yfirlýsing

Ég lýsi því yfir að ég er höfundur þessa verkefnis og að það sé afrakstur eigin rannsókna.

Nemandi: Sandra Grettisdóttir

Það staðfestist að verkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til prófs í námskeiðinu LOK 1223.

Leiðbeinandi: Hrefna Kristmannsdóttir

Abstract

In this project the possible uses of geothermal water for health related tourism in the town of Húsavík in Iceland were studied, especially in regard to the use of saline geothermal water from Húsavíkurhöfði. The chemical composition and the balneological aspects of geothermal water in Húsavík were studied and compared to similar water in other areas of Iceland and Baden-Baden, Germany. Experiments with ozonation on bathwater from Húsavíkurhöfði were performed and the history of therapeutic baths in the town were studied. The saline water from Húsavíkurhöfði has proven effective on skin diseases such as psoriasis and eczema, therefore the possibilities of using the saline water in Húsavík in tourism are many. There are at least three different types of therapeutic baths that can be made in Húsavík, saline, freshwater and siliceous. The ozonation process provided gave good results, and opened up new possibilities to disinfecting bathwater for balneological use in Iceland even though, in some cases, the use of chemical disinfectants has to be used with ozone.

Keywords: Geothermal energy, geothermal water, health tourism, ozonation, health bathing.

Þakkir

Eftirtaldir aðilar eiga þakkir skyldar fyrir aðstoð og hjálpsemi við þetta verkefni:

Hrefna Kristmannsdóttir, Prófessor, Háskólinn á Akureyri

Rannveig Björnsdóttir, Dósent, Háskólinn á Akureyri og deildarstjóri, Matís

María Pétursdóttir, Rannsókmarmaður, Matís

Sveinn Rúnar Arason, Deildarstjóri, Sundlaug Húsavíkur

Guðný Júlíana Jóhannsdóttir, Meistaraneemi við Háskólann á Akureyri

Arnheiður Eypórsdóttir, Aðjunkt, Háskólinn á Akureyri

Jón Ásberg Salómonsson, Slökkviliðsstjóri, Húsavík

Háskólinn á Akureyri

Þorsteinn Ingi Stefánsson, Nýsköpunarmiðstöð Íslands

Kristín Kolbeinsdóttir

Útdráttur

Gerð var úttekt á möguleikum Húsavíkur til nýtingar jarðhita til heilsutengdrar ferðaþjónustu, einkum með nýtingu salts jarðhitavatns á Húsavíkurhöfða. Efnasamsetning vatns á Húsavík var skoðuð og eiginleikar þess bornir saman við svipað vatn af öðrum stöðum á Íslandi og heilsuvatn frá Baden-Baden í Þýskalandi. Yfirlit yfir staðhætti á Húsavík sem gætu nýst til heilsutengdrar ferðaþjónustu voru skoðaðir. Tilraunir voru gerðar á gerilsneyðingu vatns með ósoneringu og eiginleikar ósons voru skoðaðir með tilliti til sóttþreinsunar og gerilsneyðingar vatns. Saga heilsubaða á Húsavík var tekin saman þar sem tilraunir hafa verið gerðar á notkun vatns meðal annars gegn exemi og psoriasis. Greint er frá reynslu af notkun salta vatnsins á Húsavíkurhöfða í Sundlaug Húsavíkur án íblöndunar kemískra efna og áhrifum vatnsins. Niðurstöður verkefnisins eru þær að möguleikar Húsavíkur til heilsutengdrar ferðaþjónustu eru metnir góðir með a.m.k. þrjár mismunandi vatnsgerðir sem hægt væri að nota til heilsubaða og náttúrulegs gufubaðs. Niðurstöður ósoneringar benda til að hægt væri að nota ósoneringarútbúnað til gerilsneyðingar vatns, annað hvort sér eða með íblöndun kemískra efna sem væru þá í minna magni en reglugerðir kveða á um.

Lykilorð: Jarðhiti, jarðhitavatn, heilsutengd ferðaþjónusta, ósonering, heilsuböð.

Efnisyfirlit

1. <i>Inngangur</i>	1
2. <i>Jarðfræði Íslands</i>	2
3. <i>Jarðhiti</i>	3
4. <i>Heilsutengd ferðaþjónusta</i>	5
4.1. Ísland	5
4.2. Önnur lönd	6
5. <i>Jarðhitavatn</i>	8
5.1. Flokkun	8
5.2. Efnasamsetning	9
5.3. Áhrif	11
6. <i>Húsavík</i>	13
6.1. Bæjarsamfélagið	13
6.2. Helsta nágrenni	14
7. <i>Jarðhitavatn á Húsavík</i>	15
7.1. Efnasamsetning	15
7.2. Notkun vatns á Húsavík	19
7.3. Notkun vatns á Húsavík til heilsubaða	20
8. <i>E.coli</i>	23
9. <i>Óson</i>	24
9.1. Eiginleikar	24
9.2. Hegðun ósons í vatni	24
9.3. Framleiðsla	25
9.4. Notkun	25
9.5. Kostir og gallar	27
10. <i>Framkvæmd</i>	28
10.1. Sýnataka	28

10.2. Ósoneringarútbúnaður _____	28
10.3. Æti _____	29
10.4. Sáningaraðferð _____	30
10.5. Örverumælingar _____	30
10.6. Vatnsmælingar _____	32
11. Niðurstöður _____	33
11.1. Örverumælingar _____	33
11.2. Vatnsmælingar _____	35
12. Umræða _____	36
12.1. Ósonering _____	36
12.2. Almennar niðurstöður _____	37
13. Lokaorð _____	39
14. Heimildaskrá _____	41
15. Viðaukar _____	a
15.1. Viðauki I. Heilsuvatn yfir 40°C á Íslandi. _____	a
15.2. Viðauki II. Örverumælingar á óklóruðu söltu vatni í Sundlaug Húsavíkur. _e	
15.3. Viðauki III. Reglugerð 457/1998 um hollustuhætti á sund- og baðstöðum. __f	
15.4. Viðauki IV. Undanþága frá notkun klórs í setlaug við Sundlaug Húsavíkur.g	
15.5. Viðauki V. Hugmynd að heilsubaðstað í Sundlaug Húsavíkur. _____	h
15.6. Viðauki VI. Niðurstöður örverumælinga úr sýnatökum _____	i

Myndaskrá

<i>Mynd 1. Jarðhitakort (Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur Flóvenz, 1990).</i>	4
<i>Mynd 2. Heilsubaðvatn á Íslandi (Sandra Grettisdóttir o.fl., 2009).</i>	9
<i>Mynd 3. Húsavík, horft frá suðri yfir bæinn.</i>	13
<i>Mynd 4. Útbúnaður fyrir ósoneringu.</i>	29
<i>Mynd 5. Eyðing kóligerla úr baðvatni með ósoneringu.</i>	34
<i>Mynd 6. Eyðing kóligerla úr Butterfields buffer með ósoneringu.</i>	34

Töfluskrá

<i>Tafla 1. Flokkun jarðhitavatns fyrir heilsuþöð, aðlagð að íslensku jarðhitavatni.</i>	8
<i>Tafla 2. Efnasamsetning vatns á Húsavíkurhöfða, Hveravöllum, kalda vatnsbólínu á Húsavík, Stykkishólmi, Ærlækjarseli og Seltjarnarnesi</i>	15
<i>Tafla 3. Samanburður á helstu þáttum í efnasamsetningu vatns á Húsavíkurhöfða, Stykkishólmi, Ærlækjarseli, Seltjarnarnesi, Hveravöllum og Baden-Baden í Þýskalandi.</i>	18
<i>Tafla 4. Styrkur ósons í baðvatni við ósoneringu.</i>	29
<i>Tafla 5. Niðurstöður sáninga fyrir og eftir ósoneringu.</i>	33
<i>Tafla 6. Niðurstöður mælinga á pH og leiðni vatns í Ostakari.</i>	35

1. Inngangur

Það er ekkert vafamál hversu mikilvægt jarðhitavatn er fyrir Íslendinga, það hefur verið notað til upphitunar húsa í meira en heila öld og til rafmagnsframleiðslu í fjóra áratugi (Guðmundur Pálmason, 2005). Á síðustu árum hefur komið fram vaxandi áhugi á að nýta jarðhitavatn sem og ferskt vatn til heilsutengdrar ferðaþjónustu. Rannsóknir sem gerðar hafa verið hafa sýnt fram á góða möguleika á nýtingu jarðhitavatns til heilsutengdrar ferðamennsku og þá sérstaklega hvað varðar efnasamsetningu og áhrif vatns á mannslíkamann.

Þegar talað er um heilsuþöð í sambandi við markaðssetningu baða skaðar notkun klórefna til sótthreinsunar töluvert ímynd þeirra í augum fólks. Mikilvægt er að finna vistvæna leið til að gerilsneyða baðvatn þannig að það standist gæðakröfur Heilbrigðiseftirlita á landinu um baðvatn á almenningsstöðum. Ein leið til að sótthreinsa og gerilsneyða baðvatn án notkunar kemískra íblöndunarefna er með ósoneringu. Þar sem óson er mjög hvarfgjörn gastegund hvarfast hún hratt við öll lífræn efni í vatni (Environmental Protection Agency, 1999). Hér á landi er notaður klór til að hreinsa sundlaugar og heita potta en hægt er að kaupa heita potta með ósoneringarútbúnaði til heimanota. Við gerð þessa verkefnis voru tilraunir gerðar með ósoneringu baðvatns á Húsavík með því markmiði að sótthreinsa það og eyða bakteríunni *E.coli*. Framleiðsla ósons í tilraunum var með útfjólubláu ljósi og fjöldaákvörðun bakteríunnar *E.coli* var gerð með 5 glasa faggildri aðferð frá Matis.

Möguleikar Húsavíkur til heilsutengdrar ferðaþjónustu voru skoðaðir og þá einkum með tilliti til salta jarðhitavatnsins á Húsavíkurhöfða þar sem álit heimamanna er að vatnið hafi góð áhrif á exem og psoriasis. Fyrri ára notkun heilsubaða á Húsavík var fengin úr skýrslum frá Orkuveitu Húsavíkur og með viðtölum við heimamenn. Í ritgerðinni er einnig gefið yfirlit yfir jarðhita á Íslandi, tengsl hans við jarðfræði landsins og gerðir jarðhitavatns á landinu. Fjallað er um heilsuþöð, heilsutengda ferðaþjónustu, aðstæður á Húsavík og möguleika byggðarlagsins til uppbyggingar heilsutengdrar ferðaþjónustu í ljósi reynslu erlendis frá.

2. Jarðfræði Íslands

Ísland er staðsett í Norður-Atlantshafi á flekamótum Mið-Atlantshafshryggjar og Grænlands-Íslands-Færeyjahryggjar. Ísland er þannig hluti af neðansjávarskorpunni sem myndar hafsbotn Atlantshafsins. Ísland er frekar ungt land í jarðfræðilegum skilningi og allt berg myndaðist á síðustu 25 milljónum ára. Talið er að Ísland hafi byrjað að mótast fyrir 24 milljónum ára en elsta berg sem fundist hefur á yfirborði er 14-16 milljón ára. Yfirborð landsins er sífellt að breytast, grjót springur vegna frosthörku og vindur, sjór og jöklar rífa landið niður smám saman. Á móti kemur að eldvirkni og setmyndun bæta meiru við landið (Thor Thordarson og Armann Hoskuldsson, 2006).

Ísland stendur upp úr sjó þar sem heitur reitur liggur undir landinu. Heitum reitum fylgir mikil eldvirkni og efnasamsetning kvikunnar gefur til kynna að hún hafi bráðnað úr bergi sem ekki hefur verið á yfirborði í um 2000 milljónir ára. Undir heitum reitum er mikið uppstreymi möttulefnis sem er kallað möttulstrókur og veldur uppsöfnun af gosefnum. Ísland er á flekaskilum Ameríku- og Evrasíuflekanna sem gliðna í sundur um 2 cm á ári. Á Íslandi eru einnig tvær gerðir af flekamörkum, rekbelti og þverbrotabelti. Tvö þverbrotabelti liggja í gegnum landið sem tengja rekbeltin saman. Stærstu jarðskjálftar verða á þverbrotabeltunum sem liggja út fyrir Norður-Ísland og á Suðurlandi (Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson, 2004).

3. Jarðhiti

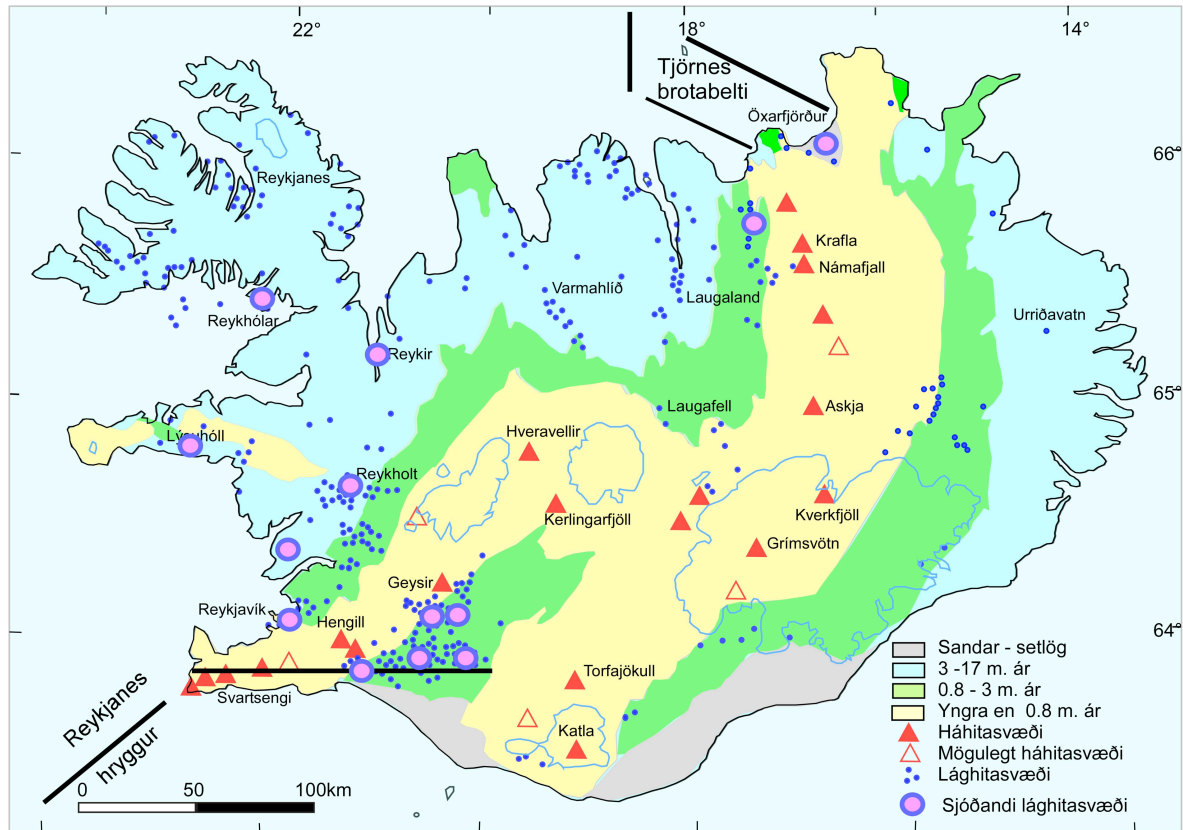
Jarðhiti finnst á jarðhitasvæðum og er skilgreindur sem hiti eða gufa sem kemur upp úr jörðinni (Guðmundur Pálmason, 2005). Hugtakið jarðvarmi er notaður um orkuna sem fæst úr jarðhita og er mældur í orkueiningum eins og júlum. Til þess að hægt sé að nýta þennan jarðhita þarf jarðskorpan að vera nógu heit og með sprungur og lek jarðlög. Vatnið er flutningsmiðill jarðhita og þarf að vera til staðar á vökva-eða gufuformi til að hægt sé að nýta það. Ísland hefur þessa eiginleika eins og öll eldfjallalönd þar sem flekamót eru. Jarðskjálftar fylgja eldfjallasvæðum og þeir gefa til kynna að bergið sé á hreyfingu og þetta getur haft áhrif á sprunguæðar og þannig á vinnsluholur jarðhita. Efri hluti jarðskorpunnar hér á landi er gerður úr basalthraunlögum, en neðri hluti hennar er að mestu byggður úr kvikuinnskotum. Heitasti hluti hennar hér er undir gosbeltunum og gliðnunarbeltunum. Þar er bergið yngst og heitast, svo kólnar það eftir því sem lengra er farið frá gosbeltunum og bergið verður eldra (Guðmundur Pálmason, 2005).

Jarðhitasvæðum á Íslandi er skipt í tvo flokka, lághitasvæði og háhitasvæði, byggðum á hitastigi á eins kílómeters (eða 1000 m) dýpi. Þessi svæði eru mjög ólík í útliti og ræðst útlit þeirra af hita og efnainnihaldi jarðhitavökvans (Guðmundur Pálmason, 2005).

Lághitasvæðin eru skilgreind þannig að hitastig í jarðhitageymnum er undir 150°C á 1000 m dýpi. Lághitasvæðunum er skipt í tvennt, lághitasvæði þar sem hitastig er undir 100°C og sjóðandi lághitasvæði. Lághitasvæði eru nokkuð mörg eins og sjá má á mynd 1 hér að neðan. Þau eru talin vera um 250 og geta verið frá einni volgru upp í margar uppsprettur á einum stað. Svæðin geta verið uppi á landi, á grunnsævi og í flæðarmáli. Lághitasvæði neðansjávar eru algengust á ströndum við Vestfirði og Breiðarfjarðareyjar en finnast einnig á Norðurlandi (Guðmundur Pálmason, 2005).

Háhitasvæði er skilgreint sem svæði þar sem hitastig fer yfir 200°C á minna en 1000 m dýpi. Þau eru á gosbeltum landsins og það sést greinilega á mynd 1. Meirihluti þeirra eru tengd megineldstöðvum sem geta að auki legið í sprungusveimi. Háhitasvæðin á Íslandi eru um 27 í heildina (Guðmundur Pálmason, 2005).

Jarðhitakortið á mynd 1 sýnir háhita- og lághitasvæði á Íslandi og brotabeltin sem eru undir landinu.



Mynd 1. Jarðhitakort (Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur Flóvenz, 1990).

4. Heilsutengd ferðapjónusta

4.1. Ísland

Náttúrulegar laugar hafa verið notaðar sem baðstaðir jafn lengi og sögur herma. Talið er að Rómversk baðmenning hafi borist hingað með víkingum og pílgrímum. Í Íslendingasögum og Sturlungu er oft minnst á laugar og laugaferðir sögupersóna. Talið er að Egill Skallagrímsson hafi þjáðst af gigtarverkjum og við þeim hafi honum þótt gott að fara í bað í heitri laug (Jón Þorsteinsson, 2005). Þannig hefur jarðhiti á Íslandi verið notaður í hundruð ára til baða og afþreyingar.

Á Íslandi er mikill fjöldi sundlauga og náttúrulegra heitra lauga úti í náttúrunni. Hér felst sundmenningin í því að fara til að hreyfa sig, slappa af eða hitta fólk. Miklir möguleikar eru þannig á rekstri heilsutengdrar ferðapjónustu með öllu þessu ógrynni af góðu jarðhitavatni sem hérlandis er til staðar (Hrefna Kristmannsdóttir, 2008).

Í Bláa lóninu er jarðhitavatn sem inniheldur mikið af steinefnum, kísil og þörungum. Samkvæmt rannsóknum Bláa lónsins hafa þörungar í lóninu góð áhrif gegn öldrun húðar þar sem þeir minnka niðurbrot kollagens í húðinni. Einnig kemur fram að kísillinn verndi húðina gegn umhverfisáhrifum þar sem hann styrkir náttúrulegt varnarlag hennar. Steinefnin eru notuð í húðvörur sem framleidd eru af fyrirtækinu og eru talin endurnæra húðina og viðhalda jafnvægi hennar (Bláa lónið, 2008a). Boðið er upp psoriasis meðferð í Bláa lóninu og hún byggist á böðum í lóninu, slökun og útfjólublárri ljósmeðferð. Einnig er kísill borinn á húðina þar sem psoriasisblettirnir eru auk ýmissa næringarkrema sem gefa raka og innihalda blöndu af mismunandi steinefnum (Bláa lónið, 2008b). Í Bláa lóninu var gerð rannsókn á lífríki Bláa lónsins árið 1992. Þar kom fram að líftími mengunargerla í lóninu var ekki langur, í mesta lagi tók 7 daga fyrir gerlana að drepast (Jakob K. Kristjánsson og Sólveig K. Pétursdóttir, 1992).

Jarðböðin við Mývatn voru opnuð árið 2004 og þar er 5000 m² baðlón með hveravatni, náttúruleg gufuböð og heitir pottar. Vatnið í lóninu er basískt og inniheldur mikið af jarðefnum. Þar sem efnainnihald er mjög hátt þrífast ekki óæskilegar bakteríur og gróður í lóninu og þar af leiðandi þarf ekki að sótthreinsa vatnið með klór eða öðrum efnum. Fólk nýtir sér böðin til heilsubótar, slökunar, hressingar eða afþreyingar (Jarðböðin við Mývatn, e.d.).

Í Hveragerði er Heilsustofnun NLFÍ (Náttúrulækningafélags Íslands) sem var stofnuð árið 1955. Stefna stofnunarinnar byggist á heilðrænum lækningum en þar er andlegt, líkamlegt og félagslegt ástand skoðað í samhengi. Markmið meðferðar þar er að auka heilsutengd lífsgæði og vellíðun gesta og þar af leiðandi hreysti þeirra (Heilsustofnun NLFÍ, e.d.a). Mataræði er hluti af meðferð á Heilsustofnun NLFÍ og þar er boðið upp á fjölbreytt grænmetisfæði og svo fisk tvisvar í viku. Gestir/sjúklingar fá te úr íslenskum villtum lækningajurtum með matnum. Notað er að mestum hluta ferskt hráefni (Heilsustofnun NLFÍ, e.d.b).

Heilsutengd ferðaþjónusta er því til á Íslandi í Heilsustofnun NLFÍ í Hveragerði og í Bláa lóninu í Grindavík. Mikil aðsókn er í Heilsustofnun NLFÍ og einnig í psoriasis meðferð í Bláa lóninu. Það væri hægt að nota náttúrufegurð og hreinleika Íslands til að markaðssetja heilsutengda ferðaþjónustu á Íslandi fyrir erlenda ferðamenn þar sem ferðamannastraumur til landsins er mjög mikill á hverju ári og fer væntanlega vaxandi vegna hagstæðs gengis. Nú þegar fara mjög margir erlendir ferðamenn í Bláa lónið og Jarðböðin við Mývatn en fyrir nýjan rekstur er gott að skilgreina ákveðinn markhóp eða markhópa og miða auglýsingar við þá.

Í Stykkishólmi er nýtt borhola (HO-01) á Hofsstöðum (um 7 km sunnan við bæinn) til hitaveitu og vatnið úr holunni er notað í 2 heita potta í sundlaug bæjarins. Efnasamsetning þessa vatns er um margt svipuð og vatnsins í Baden-Baden í Þýskalandi sem er mjög frægur og finn það staður með langa reynslu af þaðmeðferð við ýmsum kvillum eins og fram kemur síðar í ritgerðinni. Vatnið er frekar salt og mikið er af uppleystum efnum í því. Þetta vatn er talið hafa góð áhrif m.a. á psoriasis, bakverki og gigt. Vatnið hefur fengið vottun frá Institut Fresenius í Þýskalandi (Heilsuefning Stykkishólms, e.d.).

4.2. Önnur lönd

Baðmenning landa er mjög mismunandi og þaðmeðferð sem boðið er upp á á hinum ýmsum baðstöðum er einnig mjög mismunandi (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Lögð er áhersla á mismunandi þætti í meðferð, til dæmis eru psoriasisjúklingar frá Danmörku sendir til Dauðahafsins í meðferð og í Japan er hveravatn drukkið gegn nýrna- og gallsteinum. Í Japan eru leirböð eða steypiböð ekki algeng og þar eru notuð súr og mjög heit böð. Ekki er mikið af uppleystum efnum í jarðhitavatni í Japan og leggja þeir mest upp úr hitastigi vatnsins, vatnsþrýstingi og hversu hreint

vatnið er. Í Finnlandi hins vegar er siður að fara í heit gufuböð og velta sér í snjó eða synda í köldu baði með ís til skiptis. Í Þýskalandi er talið best að fara í baðlækningakúr í 3 - 4 vikur til þess að meðferðin virki. Í Evrópu skiptir efnasamsetning vatnsins mjög miklu máli þar sem það er oftast notað til drykkjar og einnig eru gufur notaðar til innöndunar gegn ýmsum kvillum (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Á Baden-Baden baðstaðnum í Þýskalandi er boðið upp á meðferð við veikindum í stoð- og hreyfikerfi líkamans, krónískum bólgum og gigt, slitum í liðamótum og hryggjarsúlu, meðhöndlun eftir uppskurði og slys á höndum og fótum, blóðrásartruflunum, veikindum í taugakerfi og öndunarvegi (Deutscher baederkalender, 1995). Baðmenning landa er því mjög mismunandi og það fer eftir hverju landi og í raun hverjum stað fyrir sig hver sérkenni baðmeðferðar er og hvaða þjónusta er boðið upp á á hverjum stað. Hér á landi væri t.d. hægt að búa til súr böð með íblöndun súrrar gufu frá háhitasvæðum í kalt ferskvatn. Möguleikar til þessa eru helst á háhitasvæðum landsins, t.d. væri möguleiki á því að gera þetta á Kröflusvæðinu en ítarlegar rannsóknir og reikninga þyrfti að gera til að athuga hvort það yrði mögulegt (Sandra Grettisdóttir, Írena Björk Ásgeirsdóttir og Hrönn Brynjarsdóttir, 2009).

5. Jarðhitavatn

5.1. Flokkun

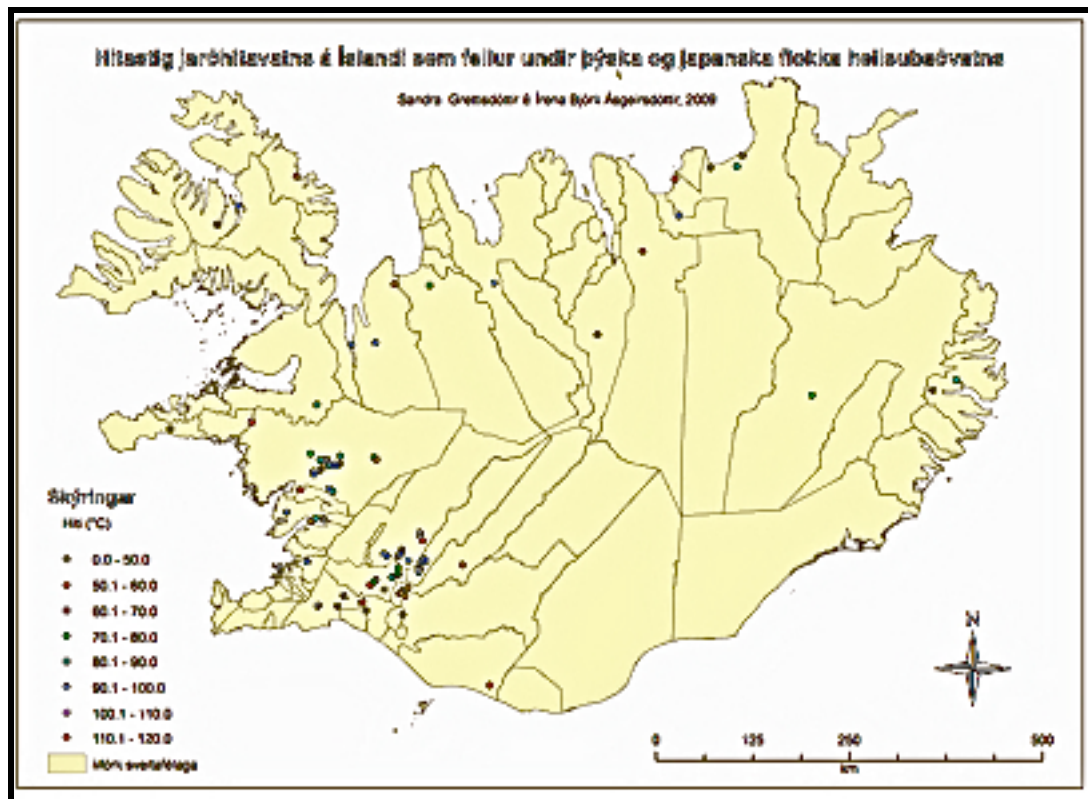
Þegar vatn er flokkað í ákveðna flokka fyrir rekstur í heilsutengdri ferðaþjónustu eru notaðir ákveðnir staðlar. Hér er flokkun gerð af Hrefnu Kristmannsdóttur árið 2008 í skýrslunni *Jarðhitaauðlindir* notuð og hana má sjá í töflu 1. Sú flokkun var gerð eftir flokkunarkerfi þýska heilsubaðasambandsins og ákveðnu kerfi sem Japanar nota. Flokkun vatnsins fer eftir styrk uppleystra efna í því (Hrefna Kristmannsdóttir, 2008).

Tafla 1. Flokkun jarðhitavats fyrir heilsuþöð, aðlagð að íslensku jarðhitavatni.

Flokkur	Heiti	Flokkun
A	Ölkelduvatn	Vatn með yfir 300 mg/L af kolsýru (CO_2 (T))
B	Brennisteinsvatn	Vatn með yfir 1 mg/L af brennisteinsvetni (H_2S) og a.m.k. baðheitt ($\sim 40^\circ\text{C}$)
C	Efnaríkt vatn	Vatn með yfir 1000 mg/L af uppleystum efnum (TDS) og a.m.k. baðheitt ($\sim 40^\circ\text{C}$)
D	Járnríkt vatn	Vatn með yfir 20 mg/L af jární ($\text{Fe}^{(II)}$) og a.m.k. baðheitt ($\sim 40^\circ\text{C}$)
E	Flúorvatn	Vatn með yfir 2 mg/L af flúor (F) og a.m.k. baðheitt

(Hrefna Kristmannsdóttir, 2008).

Baðvatn á Íslandi sem fellur undir þessa fimm flokka heilsuvats var sett inn í landfræðilegan upplýsingagrunn í verkefni þar sem það var flokkað eftir hitastigi, sýrustigi og kolsýruinnihaldi sumarið 2009. Það verkefni var styrkt af Nýsköpunarsjóði Íslands og ber nafnið “*Heilsutengd ferðaþjónusta byggð á jarðhita og hugmyndir um þróun og nýsköpun í greininni*”. Á mynd 2 sjást þessir staðir flokkaðir eftir hitastigi og í viðauka I má sjá töflu með efnasamsetningu fyrir staðina.



Mynd 2. Heilsubaðvatn á Íslandi (Sandra Grettisdóttir o.fl., 2009).

Af mynd 2 má sjá að tiltölulega margir staðir á Suðurlandi og Suðvesturlandi falla undir flokka heilsuvatns og einnig nokkrir staðir á Norðurlandi. Auk þessa vatns er til gríðarlega mikið af jarðhitavatni og fersku vatni sem hægt væri að nota til heilsubaða. Flokkun vatns er yfirleitt gerð til að sjá hvaða áhrif það vatn gæti haft á hina ýmsu kvilla og hvaða gagn það gerir umfram ferskvatn.

5.2. Efnasamsetning

Heitt vatn á Íslandi er að meirihluta upprunalega regnvatn sem sígur niður í jarðskorpuna á mjög lekum svæðum (Guðmundur Pálmason, 2005). Vatnið fer þá í opna eða lokaða hringrás í jarðskorpunni. Hringrásin byrjar þar sem kalt vatn seytlar niður í jörðina og hitnar þar vegna varmagjafa sem er heitt berg eða kvikuinnskot. Að lokum streymir vatnið upp á yfirborð eftir vatnsgengum rásum sem liggja í berginu. Í þessari hringrás seytlar vatnið um bergið í jörðinni og það verða ýmis efnahvörf niður í jarðskorpunni þar sem efni leysast úr berginu og fara út í vatnið og önnur falla út og bindast berginu. Þessi efnahvörf eru háð hitastigi, lekt og gerð bergsins og þar af leiðandi inniheldur jarðhitavatn mun meira af uppleystum efnum

en kalt vatn. Jarðhitavatn hefur mismunandi efnainnihald sem fer eftir þeim gastegundum og föstum uppleystum efnum sem í því eru (Guðmundur Pálmason, 2005).

Styrkur efna í vatni ræðst helst af þremur þáttum, styrk þeirra í úrkomu áður en vatnið féll til jarðar, gerð jarðvegsins og þeirra bergtegunda sem vatnið flæðir um og hversu lengi vatnið dvelur í jarðveginum og berginu (Stefán Arnórsson, 1997). Ef vatn kemst í snertingu við lífrænan jarðveg hefur það mikil áhrif á styrk efna í vatninu. Þar sem uppleyst efni aukast með hærra hitastigi er meira af þeim í jarðhitavatni en köldu vatni. Ef jarðhitavatn er yfir 100°C heitt eru þau efni sem voru í upprunalegu úrkomunni orðin tiltölulega lítill hluti heildarstyrks uppleystu efnanna í vatninu. Hluti efna sem leysast úr bergi þegar vatn streymir um það mynda auðleyst sölt eins og natriúmklóríð, eða matarsalt. Þessi sölt falla ekki út úr vatninu en önnur efni úr berginu geta gert það, bundist nýjum efnum og myndað þannig nýjar steindir sem geta fallið út. Basalt er sú bergtegund hér á landi sem inniheldur minnst af auðleystum söltum og þar af leiðandi er minnst af uppleystum efnum í jarðhitavatni sem hefur runnið og rennur um basalt berg. Málmar eru til staðar í mismiklu magni í algengu bergi og þegar salt vatn rennur um berg geta margir málmar losnað í vatnið. Þetta gerist frekar ef vatnið er mjög heitt. Þannig getur salt jarðhitavatn verið auðugt af málumum. Einnig getur grunnvatn verið salt þegar írennsli sjávar er í berggrunn, þetta er t.d. á vestanverðum Reykjaneskaga (Stefán Arnórsson, 1997).

Á háhitasvæðum þar sem kvikuinnskot er varmagjafi getur verið mikið af uppleystum gastegundum í vatninu. Það gerist þegar kvika afgangast í innskotum og þá fara gastegundir eins og brennisteinsvetni og kolsýra í vatnið fyrir ofan. Svoleiðis vatn er t.d. til staðar í Kröflu, Námafjalli og á Nesjavöllum. Sýru- og basahvörf eru mikilvægustu hvörfin sem verða í vatni. Þær sýrur sem helst er að finna í vatni eru kolsýra og kísilsýra. Þegar úrkoma er í andrúmslofti leysist smávegis af kolsýru upp í henni og það er þetta sem ræður sýrustigi vatnsins nema um mengun af mannavöldum sé að ræða. Sýrustig hreinnar úrkomu við frostmark vatns (0°C) er pH 5,6. Þar sem mikil mengun er í andrúmslofti vegna iðnaðar, bílaumferðar og fleira er sýrustigið oft lægra og getur farið niður í pH 4. Þegar rigningin verður svo súr (pH 4) veldur hún verulegum umhverfisskaða (Stefán Arnórsson, 1997).

Þegar regnvatn er með lágan styrk uppleystra efna og lágt sýrustig er það undirmettað af þeim helstu algengu steindum sem finnast í vatni. Þegar vatnið fer svo niður í jörðina og rennur um berg hefur það tilhneigingu til að leysa upp ýmsar steindir í berginu og einnig leysist þá mikið af auðleystum söltum út í vatnið úr berginu. Þessi ferli ganga frekar hægt fyrir sig og þetta má sjá með efnagreiningum á úrkomu, grunnvatni og yfirborðsvatni. Í úrkomunni er styrkur uppleystra efna oftast lægri en í yfirborðsvatni og grunnvatni á sama stað. Þessi munur er vegna þess að efni leysast úr berginu og í vatnið. Þegar vatn er yfirmettað af einhverju efni hefur það tilhneigingu til að fella það út og ef það er undirmettað af einhverju efni hefur það tilhneigingu til að leysa það upp. Þegar engin tilhneiging til að leysa upp ákveðnar steindir eða láta þær falla út er til staðar er jafnvægi í vatninu. Þegar vatn er yfirmettað og það fellur út steind lækkar heildarstyrkur uppleystra efna í því en þegar það er undirmettað og leysir upp einhverja steind eykst styrkur uppleystra efna. Allar algengar steindir í storkubergi eru oxíð sem eru efnasambönd súrefnis og málma eða sílíköt sem eru efnasambönd súrefnis, málma og kísils. Það sem hefur áhrif á hraða efnahvarfa er aðallega hitastig vatns og bergs. Einnig hefur undirnettunarstig frumsteinda bergs áhrif sem og stærð snertiflatarins á milli vatns og bergs (Stefán Arnórsson, 1997).

5.3. Áhrif

Vatnsþrýstingur eykst eftir því sem vatnsdýpi er meira, hann hækkar um 0,1 atm á metra. Þrýstingurinn eykst um 10% þegar komið er niður í 1 m djúpt vatn og er þá orðinn 1 atm eða 1 loftþyngd (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Heitir pottar eru yfirleitt um 1 m á dýpt og þá eru áhrif þrýstingsaukningar meiri á neðri hluta líkamans ef setið er í 1 m djúpum potti, en einnig gætir þó nokkurra áhrifa á efri hluta líkamans. Þetta er miðað við ef setið er í potti og líkaminn er ekki allur á kafi í vatninu. Vatnsþrýstingur sem væri það mikill að hann hefði áhrif á líkamann myndi þrýsta blóði frá útlimum og út í kviðarhol og brjósthol. Það leiðir til þess að þindin þrýstist upp, öndunarvöðvarnir í rifjum og þind þyrftu að vinna við innöndun, lungu stífna og lofthol þeirra minnkar. Hreyfing í vatni reynir minna á stoðkerfi og hentar ýmissi endurhæfingu vel. Samkvæmt samantekt Ólafs Gríms Björnssonar í ritinu *“Baðlækningar, læknávisindi og kúltúr”* á áhrifum baða samkvæmt eldri rannsóknnum kemur fram að blóðmagn eykst, æðar víkka, hjartað dælir meira blóði

og þvagútskilnaður hækkar ef setið eða staðið er í um 35°C heitu baði. Þessi áhrif eru talin vera vegna hitastigs og vatnsþrýstings og voru af mismunandi stærðargráðu í rannsóknunum. Áhrif gufubaða voru líka skoðuð og þar koma fram mikil líkamleg áhrif, þá aðallega vegna hærra hitastigs. Líkamshitinn hækkar um nokkrar gráður á Celcius í 80 - 100°C heitu gufubaði, hjartsláttarhraði eykst, blóðrýstingur hækkar óverulega og hormónin noradrenalín, vaxtarhormón, kortisól, β -endorphin (getur haft ávanabindandi áhrif) aukast í blóði. Hitinn örvar svitakirtla og húðblóðflæði. Rannsóknir á baðlækningum gegn gigtarsjúkdómum hafa sýnt að sjúklingum leið betur eftir meðferð með böðum og hvíld. Batinn entist þó einungis í nokkra mánuði og ekki er ljóst hvort böðin eða hvíldin höfðu meiri áhrif (Ólafur Grímur Björnsson, 2000).

Árið 1996 var gerð skýrsla á vegum Bláa lónsins til að kanna hugsanlegan lækningarmátt vatnsins í lóninu. Þá var rannsóknunum aðallega beint að psoriasis sjúklingum og rannsóknin var opin. Niðurstöður þeirra rannsókna sem gerðar voru sýndu að böð í Bláa lóninu höfðu góð áhrif á psoriasis sjúkdóminn í mörgum tilfellum. Í fyrstu rannsókninni sem var gerð í ágúst og septemeber er talið að bati sjúklinga hafi verið vegna efnasamsetningar lónsins en ekki vegna útfjólublárra geisla sólarinnar en útfjólublátt ljós er einnig notað til meðferðar psoriasis og reynist vel í mörgum tilfellum (Jón Hjaltalín Ólafsson, Bárður Sigurgeirsson og Rannveig Pálsdóttir, 1994). Fyrsta stjórnaða (e. *controlled*) rannsóknin á lækningarmætti Bláa lónsins á psoriasis sýndi að böð í lóninu höfðu góð áhrif á sjúkdóminn en væru ekki nóg sem ein sérmeðferð og eitthvað meira þyrfti til líka. Í rannsókn þar sem bornar voru saman meðferð í Bláa lóninu ásamt útfjólubláu ljósi og meðferð sem notaði einungis útfjólublátt ljós kom í ljós að meðferð með böðum og útfjólubláu ljósi virkaði hraðar heldur en meðferð einungis með útfjólubláu ljósi (Jón Hjaltalín Ólafsson, Bárður Sigurgeirsson og Rannveig Pálsdóttir, 1996).

6. Húsavík

6.1. Bæjarsamfélagið

Mannfjöldi sveitarfélagsins Norðurþings er 2.926 á árinu 2010. Mannfjöldi á Húsavík er 2.229 manns árið 2010 (Hagstofa Íslands, 2010).



Mynd 3. Húsavík, horft frá suðri yfir bæinn.

Helstu atvinnuvegir á Húsavík eru sjómennska, fiskverkun, þjónustu- og ferðamannaíðnaður, opinber þjónusta og landbúnaður. Á staðnum er kirkja sem nefnist Húsavíkurkirkja og hvalamiðstöð þar sem sett var upp vinsæl sýning um hvali. Hægt er að fara í hvalaskoðunarferðir á Húsavík. Menningarmiðstöð Þingeyinga sem heitir Safnahúsið á Húsavík inniheldur mörg söfn, m.a. sjóminjasafn, náttúrugripasafn og bókasafn. Í bænum er leikskóli, framhaldsskóli, sundlaug, íþróttahöll, tónlistarskóli, leikfélag, Heilbrigðisstofnun Þingeyinga og sjúkrahús (Norðurþing, 2006a). Í nágrenni Húsavíkur eru þrjú jarðhitasvæði og eitt af þeim er staðsett inni í bænum. Þeistareykir er jarðhitasvæði sem er u.þ.b. 25 km

suðaustan við Húsavík og Hveravellir eru u.þ.b. 20 km sunnan við bæinn (Hreinn Hjartarson, Runólfur Maack og Sigþór Jóhannesson, 2002). Á jarðhitasvæðinu sem er inni í sjálfum bænum eru volgar laugar og þar hefur verið borað með nokkrum árangri. Ekki er nægilegt jarðhitavatn í bænum né næsta nágrenni hans til upphitunar og því er leitt vatn til þeirra nota frá sjóðandi lághitasvæði á Hveravöllum í Reykjahverfi. Á Hveravöllum er jafnframt umfangsmikil ylraekt þar sem ræktað er grænmeti og blómplöntur (Garðræktarfélag Reykhverfinga, e.d.). Hitaveita hefur verið á Húsavík í öllum húsum frá árslokum 1970 (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002).

6.2. Helsta nágrenni

Botnsvatn er staðsett rétt fyrir ofan Húsavík og gönguleið er í kringum það og hægt er að veiða silung þar án veiðileyfis. Búðará rennur úr vatninu og fer í gegnum Húsavík og fallegur skruðgarður er við ána. Einnig er mikið af trjáplöntum í bænum. Húsavíkurfjall er fyrir ofan bæinn og er 417 m hátt. Hægt er að aka upp á topp fjallsins og þar er hringsjá sem sýnir nöfn annarra fjalla í kring og hversu langt er í þau (Norðurþing, 2006a).

Á Húsavíkurhöfða er jarðhiti og jarðhitavatnið er salt. Boraðar hafa verið nokkrar holur þar og hefur verið komið upp frumstæðri aðstöðu til baða fyrir psoriasissjúklinga.

Margir áhugaverðir staðir eru nálægt Húsavík en þeir eru meðal annars Dettifoss, Ásbyrgi, Jökulsárgljúfur, Hafragilsfoss, Grettisbæli, Rauðinúpur og Forvöð (Norðurþing, 2006b). Stutt er að fara í Skútustaðahrepp frá Húsavík og þar eru einnig margir áhugaverðir staðir. Sem dæmi má nefna Grjótagjá, Kröflusvæðið, Hverfjall, Laxá, Herðubreið, Dimmuborgir, Námafjall og Jarðböðin við Mývatn (Skútustaðahreppur, e.d.).

Öll þessi afþreying og sú þjónusta sem er á staðnum gerir Húsavík að ákjósanlegum stað fyrir heilsutengda ferðaþjónustu. Stutt er að keyra þaðan frá flugvelli Akureyrar, margar náttúruperlur eru við nágrenni bæjarins og mikið jarðhitavatn er á staðnum sem verður skoðað í næsta kafla.

7. Jarðhitavatn á Húsavík

7.1. Efnasamsetning

Í töflu 2 er sýnd efnagreining af jarðhitavatninu á Húsavíkurhöfða, Hveravöllum og kalda vatnsbólunni á Húsavík. Til samanburðar er sýnd efnasamsetning vatns frá þremur öðrum íslenskum lágheatasvæðum með söltu vatni.

Tafla 2. Efnasamsetning vatns á Húsavíkurhöfða, Hveravöllum, kalda vatnsbólunni á Húsavík, Stykkishólmi, Ærlækjarseli og Seltjarnarnesi

Staður	Húsavíkurhöfði	Hveravellir	Kalda vatnsbólið á Húsavík	Stykkishólmur	Ærlækjarsel	Seltjarnarnes
Borhola	H-1	HV-01	-	HO-01	Æ-1	SN-12
Sýni nr.	03-112	04-057	03-113	02-081	2006-01	02-001
Dagsetning	14.08.2003	25.11.2000	14.08.2003	11.12.2002	31.01.2006	28.05.2002
Staðsetning N deg:min:sec	66°3,326'	66°53,307'	66°2,213'	65°02,19486'	66°10,017'	-
Staðsetning W deg:min:sec	17°21,0851'	17°18,380'	17°18,663'	22°45,3168'	16°33,994'	-
Hæð m	74±43	-	115±20	-	-	-
Hitastig °C	85	128	5,0	86,2	116	108
pH/°C	8,88/22,8	9,32/22,7	8,35/22,6	8,24/23	6,9/22	8,37/27
SiO ₂ mg/L	84,8	173,5	15,2	65,9	172,0	95,0
B ppb	0,14	67,9	13,1	0,09	1,26	0,20
Na mg/L	827	57,8	12,4	671,06	949,0	624,1
K mg/L	26,2	2,27	0,31	13,53	46	13,0
Ca mg/L	237	1,69	5,33	1.019	178	582
Mg mg/L	0,015	0,002	14,4	0,444	0,311	0,502
Fe ppb	0,9	10,4	<0,4	26,2	44,8	6,8
Ti ppb	0,02	-	0,01	0,58	0,15	0,07
CO ₂ (heildarkarb) mg/L	2,1	35,9	23,8	3,6	23,2	5,4
H ₂ S mg/L	0,096	1,42	-	0,08	0,24	0,091
Leiðni mS/cm v.25°C	5.195	-	115	-	5.615	-
Rn Bq/L	3,1	-	3,0	-	16,9	-
δ ² H ‰	-124,1	-100,0	-72,8	-67,1	-102,8	-73,7
δ ¹⁸ O ‰	-14,89	-13,78	-10,5	-11,11	-10,96	-10,44

δ %	-4,98	10,2	11,2	21,8	-15,1	9,8
SO₄ mg/L	83	30,7	2,86	326	99	291
Cl mg/L	1.760	11,3	13,0	2.980	1.671	1.820
F mg/L	0,15	0,95	0,05	1,4	<0,75	0,72
P ppb	<1,0	<1	25,8	0,9	<40	1,1
Uppleyst efni mg/L	3.020	303	62	5.085	3.136	3.431
Ag ppb	<0,050	-	<0,050	0,0021	<0,5	0,0031
Al ppb	47,5	205	10,8	18,9	25,5	11,3
As ppb	13,20	1,14	0,72	0,62	12,00	0,93
Au ppb	<0,0010	0,0008	<0,0010	0,0006	<0,01	0,0013
Ba ppb	1,98	0,79	0,04	107	7,76	61,0
Br ppb	6.150	5,0	73,9	10.700	5.390	7.320
Cd ppb	0,033	<0,002	<0,002	0,0295	<0,05	0,0174
Co ppb	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005
Cr ppb	<0,01	0,04	0,29	0,035	0,197	<0,01
Cs ppb	4,86	0,563	<0,03	2,28	1,34	0,94
Cu ppb	<0,1	0,11	<0,1	0,212	<0,05	0,149
Ga ppb	1,17	3,87	0,15	0,25	0,21	0,42
Ge ppb	2,54	3,99	0,012	1,88	3,5	1,54
Hg ppb	0,017	0,584	<0,002	0,01	0,14	0,06
I ppb	59,6	2,1	11,1	616	106	184
Li ppb	261	16,6	0,48	88,3	364	71,6
Mn ppb	1,41	0,1	<0,03	22,8	23,0	15,7
Mo ppb	15,5	10,2	0,70	12,5	24,0	11,6
Ni ppb	<0,05	0,06	<0,05	0,129	1,3	0,069
Pb ppb	0,019	0,029	<0,010	0,514	<0,3	0,034
Rb ppb	150	8,66	0,58	51,2	219	40,0
Sb ppb	0,190	0,116	<0,010	0,109	<0,1	0,070
Se ppb	0,1	-	0,22	0,033	<0,02	-
Sn ppb	0,070	0,323	<0,050	0,023	<0,5	<0,020
Sr ppm	0,85	-	3,7	5,63	7,26	2,43
Th ppb	<0,020	<0,002	<0,020	<0,0020	<0,2	<0,0020
Ti ppb	0,02	0,1	0,01	0,58	0,15	0,07
Tl ppb	0,077	<0,003	<0,030	0,018	<0,05	0,048
U ppb	<0,0005	0,0004	0,0067	<0,0005	<0,01	<0,0005
V ppb	0,19	1,79	14,10	0,036	0,284	0,076
W ppb	0,46	1,4	0,08	0,066	<0,5	1,19
Zn ppb	0,34	0,9	1,99	5,38	2,87	0,11

(Hrefna Kristmannsdóttir, 2004 og Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Halldór Ármannsson, 2005)

Samkvæmt töflu 2 fellur vatn á Húsavíkurhöfða, Stykkishólmi, Seltjarnarnesi og Ærlækjarseli undir flokk C eða efnaríkt vatn samkvæmt þeim stöðlum heilsuvatns sem gefnir eru fyrir í ritgerðinni. Einnig er áhugavert hvað vatnið á þessum fjórum stöðum er salt en mesta seltan er í Stykkishólmi þar sem vatnið er einmitt notað til baða gegn húðsjúkdómum líkt og í Ostakarínu á Húsavíkurhöfða. Allar þessar fjórar vatnsgerðirnar eru frekar líkar.

Áberandi er hvað vatn á Húsavík er létt, sem sést af hlutfalli vetnissamsætna ($\delta^2\text{H} \text{‰}$) í töflunni hér að ofan. Þessi hlutföll fyrir vatnið af Húsavíkurhöfða og úr Hafralækjarskóla benda til þess að vatnið á báðum stöðum sé eitt það léttasta á landinu og talið er að vatnið sé frá því fyrir síðustu ísöld (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004 og Hrefna Kristmannsdóttir, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Jan Heinemeier, 2007).

Frá Hveravöllum rennur heitt vatn til Húsavíkur og eins og sést af töflu 2 er vatnið frekar ferskt, með seltu upp á 11,3 mg/L. Vatnið er með aðeins hærra sýrustig en vatnið á Húsavíkurhöfða og inniheldur 10 sinnum minna af uppleystum efnum. Það er hins vegar kísilríkt (um 173 mg/L SiO_2) enda sjóðandi lágheatasvæði. Styrkur brennisteinsvetnis er einnig hár og það fellur í flokk B heilsuvatns.

Kalda grunnvatnið í vatnsbóli Húsavíkur má telja sem dæmigert grunnvatn sem runnið hefur um basaltberg og þar sem loftfirt efnahvörf hafa ekki mikið átt sér stað. Vatnið er frekar ungt og hefur ekki runnið langar leiðir sem sést af vetnissamsætuhlutfalli þess. Styrkur efna í grunnvatninu eru fyrir neðan öll mörk neysluvatns og telst því mjög hæft til neyslu og drykkjar (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004).

Tafla 3. Samanburður á helstu þáttum í efnasamsetningu vatns á Húsavíkurhöfða, Stykkishólmi, Ærlækjarseli, Seltjarnarnesi, Hveravöllum og Baden-Baden í Þýskalandi.

Staður	Húsavíkurhöfði	Stykkishólmur	Ærlækjarsel	Seltjarnarnes	Hveravellir	Baden-Baden
Borhola	H-1	HO-01	Æ-1	SN-12	HV-01	-
Hitastig °C	85	86,2	116	108	128	56
pH/°C	8,88/22,8	8,24/23	6,9/22	8,37/27	9,32/22,7	8,2/20
CO ₂ (heildarkarb.) mg/L	2,1	3,6	23,2	5,4	35,9	20,4
SiO ₂ mg/L	84,8	65,9	172,0	95,0	173,5	167
Uppleyst efni mg/L	3.020	5.085	3.136	3.431	303	3.115
Na mg/L	827	671,06	949,0	624,1	57,8	851
K mg/L	26,2	13,53	46	13,0	2,27	32,9
Mg mg/L	0,015	0,444	0,311	0,502	0,002	58
Ca mg/L	237	1.019	178	582	1,69	144
Sr mg/L	0,85	5,63	7,26	2,43	-	4,3
F mg/L	0,15	1,4	<0,75	0,72	0,95	0,6
Cl mg/L	1.760	2.980	1.671	1.820	11,3	1.442
Br mg/L	6,15	10,7	5,39	7,32	0,005	1,6
SO ₄ mg/L	83	326	99	291	30,7	209
Rn Bq/L	3,1	-	16,9	-	-	26

(Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, Ólafur Grímur Björnsson, 2000 og Wedepol, 1969).

Vatnið á Húsavíkurhöfða, Stykkishólmi, Ærlækjarseli og Seltjarnarnesi er tiltölulega líkt vatninu á þýska baðstaðnum Baden-Baden samkvæmt töflu 3. Á þeim stað er baðmeðferð notuð gegn veikindum í stoð- og hreyfikerfi líkamans, krónískum bólgum, gigt og fleira eins og fram kemur frammar í ritgerðinni (Deutscher baederkalender, 1995). Baden-Baden vatnið er þó nokkuð kaldara en á íslensku stöðunum og áberandi er að styrkur magnesíums er margfalt meiri en hér og einnig er styrkur kalsíums og brómíðs lægri en hér. Minnsti munurinn á styrk kalsíums er á milli Húsavíkurhöfða og Baden-Baden. Þar að auki er meiri geislavirkni í vatninu frá Baden-Baden. Þessi munur í efnasamsetningu stafar einkum af því að vatnið hvarfast við berg af mismunandi gerðum (Hrefna Kristmannsdóttir, 2008). Heildarkarbnat í Baden-Baden vatninu er um tífalt meira heldur en á Húsavíkurhöfða en svipað og vatnið á Ærlækjarseli. Vatnið er þó langt frá því að vera karbónatvatn. Heildar uppleyst efni í vatninu í Baden-Baden er svipað og í vatninu á Húsavíkurhöfða, Ærlækjarseli og Seltjarnarnesi en aðeins minna en í vatninu í Stykkishólmi. Vatnið í Baden-Baden er aðeins minna salt heldur en vatnið á Húsavíkurhöfða, Stykkishólmi, Ærlækjarseli og Seltjarnarnesi.

Það hversu vatnið er líkt vatninu í Baden-Baden og ýmsum öðrum þekktum heilsuhælum gæti aukið líkurnar á að góðir möguleikar séu fyrir hagstæðri markaðssetningu íslensks vatns sem heilsuvatns. Vatnið á Hveravöllum er efnasnaðara en á hinum stöðunum og tiltölulega ferskara. Einnig er sýrustig og kísilinnihald vatnsins frá Hveravöllum hærra en í efnaríka vatninu á hinum stöðunum. Það fellur í flokk B heilsuvatns samkvæmt stöðlum og er þá væntanlega ágætt vatn til nota í heilsutengdri ferðaþjónustu.

7.2. Notkun vatns á Húsavík

Á Hveravöllum sem eru um 18 km norðan við Húsavík eru þrjár borholur, HV-1, HV-10 og HV-16, sem gefa samtals 95 L/s flæði af 121°C heitu vatni. Vatn úr hverunum á Hveravöllum er nýtt og þeir saman gefa 35 – 40 L/s af 95 – 100°C heitu vatni. Heildarrennsli frá Hveravöllum til Húsavíkur er um 90 L/s og vatn umfram það sem hitveitan nýtir er á bilinu 5 - 50 L/s eftir árstíma. Mikið magn af köldu vatni er notað til kælingar í Orkuveitu Húsavíkur, um 200 L/s af um 23 °C köldu vatni (Hreinn Hjartarson, munnleg heimild 20. apríl 2010), en vatnið frá Hveravöllum er 121°C þegar það kemur í orkuverið og er fyrst nýtt til raforkuframleiðslu. Affallsvatnið sem er um 80°C heitt er svo nýtt í hitaveituna. Upphitaða kælivatnið býður upp á margs konar nýtingu, m.a. til fiskeldis og einnig má nota það til heilsubaða (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002). Vatn frá Hveravöllum er þannig nýtt til húshitunar á Húsavík og í sveitinni í kring, til rafmagnsframleiðslu með Kalina tækni, fiskeldi, snjóbræðslu og iðnaðarnotkunar á Húsavík. Einnig hefur vatnið verið notað til grænmetisræktunar síðan á seinni hluta 18. aldar (Lúðvík S. Georgsson, Kristján Sæmundsson og Hreinn Hjartarson, 2005).

Fimm borholur voru boraðar á Húsavík á árunum 1960 - 1965 en vatnið úr þeim reyndist innihalda of mikla seltu til að vera nýtanlegt til hitaveitukerfis. Rafmagn er framleitt úr vatni frá Hveravöllum sem kemur 121°C heitt inn í rafstöð og er kælt með vatni frá vatnsbóli bæjarins sem byrjar á því að fara í eimsvala rafstöðvarinnar. Vatnið er kælt niður í um 80°C og er svo nýtt í hitaveituna eins og fram kemur hér að ofan (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002). Í skýrslu Orkuveitu Húsavíkur frá árinu 2002 um fjölnýtingu jarðhita á Húsavík kemur fram að frá dreifistöð getur komið:

1. 121°C heitt vatn til rafmagnsframleiðslu í rafstöð.
2. 121°C heitt vatn til iðnaðarnota á iðnaðarsvæðinu við Orkustöðina eða á hafnarsvæðinu á Húsavík.
3. 80°C vatn til húshitunar og iðnaðarnota á Húsavík.
4. 4°C kælivatn fyrir rafstöðina.
5. 4°C vatn fyrir vatnsveitu á iðnaðarsvæðinu við Orkustöðina.
6. 23°C vatn fyrir fiskeldi.
7. 23 - 35°C vatn fyrir baðlón (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002)

Þessi upptalning sýnir að hægt er að nýta vatnið nokkrum sinnum áður en því er dælt út í sjó. Baðlónið sem þarna er talað um er staðsett í 0,9 km fjarlægð frá Orkustöðinni á Húsavík og vatnið fer síðan úr lóninu í tilbúna tjörn neðan við Þjóðveginn og þá loks til sjávar (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002).

Ferskt vatn er til staðar í miklu magni á Húsavík og hefur verið notað til fiskvinnslu og fiskeldis á síðustu áratugum. Ferska vatnið er ekki nýtt til fullnustu og hægt væri að nýta það miklu betur samkvæmt skýrslu frá Orkuveitu Húsavíkur 2002 (Hreinn Hjartarson o.fl., 2002).

Á Húsavík eru þannig til staðar nokkrar mismunandi vatnsgerðir sem allar væri hægt að nýta til heilsubaða. Salta vatnið frá Húsavíkurhöfða hefur reynst gott gegn exemi og psoriasis og frekari athuganir væri hægt að gera á því. Einnig er ferskt vatn til staðar sem mögulegt væri að nýta til ferskra baða með því að skerpa aðeins á hitastiginu og loks er kísil- og breinnisteinsríkt vatn frá Hveravöllum leitt til bæjarins. Einnig væri möguleiki á að nýta gufuna frá Hveravöllum til náttúrulegra gufubaða. Gufan frá Hveravöllum er frekar gassnauð þar sem vatnið er frekar kalt, eða um 121°C eins og fram kom hér að ofan og er því heppilegt að nýta það til gufubaða.

7.3. Notkun vatns á Húsavík til heilsubaða

Orkuveita Húsavíkur hefur gert tilraunir í sambandi við heilsuöð á Húsavík á síðustu 15 árum. Byrjað var á því að leiða vatn úr borholu sem staðsett er við hliðina á sjúkrahúsi bæjarins í kjallara þess. Niðurstöður þeirrar tilraunar voru að lækningarmáttur vatnsins var nánast enginn. Næsta tilraun var gerð með sjóholu sem staðsett er í suðurhluta bæjarins við Haukamýri. Vatni var dælt úr holunni og hitað upp með varmaskipti. Þá var vatnið leitt í fiskeldiskar þar sem fólk fékk að

baða sig. Niðurstöður voru þær að vatnið hjálpaði fólki með húðsjúkdóma að einhverju leyti en þótti ekki nægilega gott. Þriðja tilraunin var þannig að vatni var dælt upp og leitt í ryðfrítt ostakar úr 1500 m djúpri borholu á Húsavíkurhöfða. Vatnið úr þeirri holu inniheldur frekar mikla seltu og talið er að vatnið sé eitt það elsta sem finnst hér á landi (Höskuldur Skúli Hallgrímsson, 2005). Ostakarið var sett upp árið 1992. Næst á eftir þessu var vatni úr söltu holunni (H-1) leitt niður í Sundlaug Húsavíkur í einn af þremur heitum pottum sem þar eru til staðar. Vatnið þar var notað í um það bil 2 ár til baða. Sýni voru tekin úr pottinum á þeim tíma af Heilbrigðiseftirliti Norðurlands eystra til að athuga hvort óhætt væri að nota hann án íblöndunar klórefna. Niðurstöður þeirra rannsókna má sjá í viðauka II og tafla yfir gæðakröfur um örveruinnihald í laugavatni er í viðauka III. Undanþága frá notkun klórs í setlaug við Sundlaug Húsavíkur fékkst frá heilbrigðisfulltrúa í júní 2006. Bréfið frá Þorkeli Björnssyni heilbrigðisfulltrúa til skrifstofu Norðurþings þar sem undanþagan er veitt 30. júní 2006 má sjá í viðauka IV. Niðurstöður örverumælinga í óklóruðum heitum potti með salta vatninu frá Húsavíkurhöfða komu ekki vel út í flest skipti sem mælingar voru gerðar. Sýni voru tekin alls sex sinnum og voru í lagi í eitt skipti, eða í júlí 2007 eftir að nýbyrjað var að nota klór í pottinn. Í fjögur skipti var of mikill heildargerlafjöldi við 37°C og í eitt skipti var of mikið af bakteríunni *P.aeruginosa* í vatninu. Byrjað var að nota pottinn með salta vatninu í kringum júní 2007 og fram í maí eða júní 2008. Þegar vatnið var leitt niður í sundlaugina voru gerðar teikningar af hugsanlegum heilsuvatnspottum. Þar var áætlað að búa til uppsprettu þar sem vatnið kæmi upp úr jörðinni og myndi renna í foss niður í læk með brú yfir. Þá færi vatnið í laug þar sem búin yrði til nokkurs konar strönd með sólbaðssvæði. Næst yrði vatnið leitt í litlum læk áfram í grjótagjá sem yrði laug í grjóthlöðnum helli. Þá loks færi vatnið í heitan pott í sundlauginni. Til þess að nýta vatnið sem best kom fram hugmynd um að setja klór í vatnið þegar það rynni úr heita pottinum og leiða það í sundlaugina. Mynd af þessu eftir arkitektinn Helga Hafliðason má sjá í viðauka V. Hætt var að nota vatnið í sundlauginni vegna jarðvegs sem kom með vatninu út í pottinn, aðallega mold og drullu. Nokkrum mánuðum síðar gaf dælan sig vegna tæringar. Deildarstjóri Sundlaugar Húsavíkur telur að jarðvegur hafi borist í holuna vegna jarðskjálfta sem urðu á svipuðum tíma. Einnig var byrjað að nota klór í laugina eftir að sýni frá Heilbrigðiseftirliti Norðurlands eystra gáfu til kynna of mikinn fjölda bakteríunnar *P.aeruginosa* (Sveinn Rúnar Arason, munnleg heimild 8. apríl 2010).

Ostakarið á Húsavíkurhöfða er opið öllum þeim sem hafa áhuga á að baða sig á staðnum. Sírennslí er í karinu og það tekur um 20 manns í einu. Búningsaðstaða er við karið og þar er þrifið að minnsta kosti einu sinni í viku. Heimamenn sem eru með psoriasis fara oft í Ostakarið og dæmi eru um að einstaklingar fari þangað á hverju kvöldi (Jón Ásberg Salómonsson, munnleg heimild 26. mars 2010). Vatnið í Ostakarinu er kælt með fersku köldu vatni úr vatnsbóli Húsavíkurbæjar og baðgestir geta sjálfir kælt vatnið ef þeim finnst það of heitt (Sveinn Rúnar Arason, munnleg heimild 15. apríl 2010).

Þar sem Ostakarið er ekki opinber baðstaður eru ekki tekin örverufræðisýni af Heilbrigðiseftirlitinu til að athuga hvort mengun í vatninu sé hættuleg baðgestum.

8. *E. coli*

Escherichia coli (*E. coli*) eða kólígerlar finnast í þörmum manna og annarra dýra sem hafa heitt blóð. *E. coli* er ríkjandi baktería í þörmunum og er kjörfrjáls og loftfirt baktería. *E. coli* er yfirleitt harmlaus en getur verið sýkingavaldur og getur smitast með vatni og veldur þá niðurgangi í mönnum. Bakterían er notuð til að ákvarða hvort mengun sé í vatni eða ekki. Margir stofnar eru til af *E. coli* og þeir eru mishættulegir mönnum. *Escherichia* er ættkvísl og *E. coli* er tegund innan hennar. Hann er stuttur Gram-neikvæður stafur, katalasa-jákvæður, oxidasa-neikvæður, myndar ekki dvalargró og getur gerjað laktósa. Það er hægt að aðgreina *E. coli* frá öðrum tegundum í ættkvíslinni með nokkrum sykurlaunaprófum og öðrum lífefnafræðilegum prófum. *E. coli* getur vaxið niður í 7 - 10°C með kjörhitastigið 37°C. Kjörsýrustigið er hlutlaust eða pH 7, hann getur samt vaxið alveg niður í pH 4,4 (Adams og Moss, 2000).

Mengun *E. coli* í vatnssýni er ákvörðuð með svokallaðri fimm glasa MPN (*e. Most Probable Number*) aðferð eða fjöldaákvörðun á kólígerlum í vatni. Heildarfjöldi gerlanna er fundinn miðað við niðurstöður eftir töflu sem var gerð fyrir ákvörðun kólígerla í neysluvatni. Þessi aðferð kemur frá bandarísku matvæla- og lyfjastofnunni (FDA) og er notuð af Matís (Down og Ito, 2001).

9. Óson

9.1. Eiginleikar

Óson (O_3) er litarlaus lofttegund og er á gasformi við herbergishita. Stingandi lykt er af ósoni og lyktin finnst allt niður að styrkleika 0,02 ppm (mg/L) (Environmental Protection Agency, 1999). Óson er mjög eyðandi og eitruð lofttegund. Óson er næstöflugasti oxari sem notaður er við vatnshreinsun, sá öflugasti er hýdroxíl radikalinn ($\bullet OH$). Óson oxar mörg lífræn og ólífræn efni í vatni. Við 20°C er uppleysanleiki 100% ósons í vatni 570 mg/L. En þess má geta að klór er um 12 sinnum leysanlegri í vatni en óson. Styrkleiki ósons í vatnsmeðhöndlun er oftast fyrir neðan 14% sem takmarkar massafærslukraft ósons á gasformi í vatnið. Dæmigerður styrkleiki ósons í vatnsmeðhöndlun er frá <0,1 mg/L að 1 mg/L en hægt er að finna hærri styrkleika undir kjöraðstæðum. Óson leysist upp í vatni nánast um leið og það kemst í snertingu við það, ferlið er mjög flókið og innifelur í sér framleiðslu frjálsra hýdroxíl radikala. Þessir hýdroxíl radikalar hvarfast mjög hratt og eru með hvörfunarhraða af stærðargráðunni $10^{10} - 10^{13} M^{-1} s^{-1}$. Á hinn bóginn er helmingunartími hýdroxíl radikala af stærðargráðu míkrósekúnda og þar af leiðandi fer styrkleiki hýdroxíl radikala aldrei yfir $10^{-12} M$. Óson getur hvarfast á tvo vegu í vatni, í fyrsta lagi með beinni oxun sambanda vegna ósons ($O_{3(aq)}$) og í öðru lagi vegna oxunarsambanda með frjálsum hýdroxíl radikölum sem myndast við sundrun ósons í vatninu. Oxun með hreinu ósoni er hægari en oxun með hýdroxíl radikölum. Oxun með ósoni er ráðandi undir súrum aðstæðum og oxun með hýdroxíl radikölum er ráðandi við hátt sýrustig, útfjólubláa geislun (UV) og þegar vetnisperoxíð er til staðar (Environmental Protection Agency, 1999).

9.2. Hegðun ósons í vatni

Uppleypsanleiki ósons í vatni minnkar með hitastigi. Helmingunartími ósons í vatni eykst með auknu sýrustigi og aukinni seltu. Hvörf ósons við lífræn efni geta hraðað því hversu fljótt óson hverfur úr vatninu, helmingunartíminn verður þá hærri. Þeir þættir sem hafa áhrif á niðurbrot ósons eru sýrustig, lífræn efni og selta. Lífræn efni taka mjög mikið af ósoni ef þau eru til staðar í vatninu og hvörf ósons við lífræn efni valda súrnun vatns. Niðurstöður rannsókna sýna að lítill styrkur ósons á

bakteríur sem eru í snertingu við lífræn efni, næringaræti eða næringaragar hefur ekki neikvæð áhrif á bakteríuna, það er hún skaðast ekki af snertingu við ósonið undir þeim aðstæðum. Þegar mikið er af lífrænum efnum í vatninu þarf meiri styrk ósons en þegar vatnið er frekar efnasnautt þar sem ósonið hvarfast við öll lífræn efni, en ekki bara bakteríur. Þegar næringaræti er notað þarf mjög mikið óson út í vatnið til að sótthreinsa það alveg. Í kerfum þar sem óson er notað til að eyða lífrænum efnum úr vatni þarf góða hringrás til að ná út í alla hluta vatnsins, þar sem ósonið hvarfast mjög fljótt getur það verið farið úr vatninu áður en það nær að oxa allt vatnið (Ingram og Barnes, 1954).

9.3. Framleiðsla

Óson var fyrst notað í vatnsmeðferð árið 1893 í Hollandi. Það er notað til að sótthreinsa og oxa vatn og þannig eyða lífrænum- og ólífrænum efnum og lífverum úr vatni. Algengasta aðferðin við framleiðslu ósons er Corona hleðsla (e. *Corona discharge*) en þá er gas sem inniheldur súrefni látið streyma í gegnum tvö rafskaut sem eru aðskilin með einangrandi afhleðslubili. Straumur er settur á rafskautin þannig að rafeindir flæða í gegnum bilið og þessar rafeindir gefa næga orku til að sundra súrefnissameindunum þannig að óson myndast. Aðrar leiðir til að framleiða óson eru með útfjólubláu ljósi og rafgreiningarhvarfí (Environmental Protection Agency, 1999).

9.4. Notkun

Óson er notað í drykkjarmedhöndlun af ýmsum toga. Hér í þessum kafla verða algengustu notkunar aðferðirnar taldar upp (Environmental Protection Agency, 1999).

Óson er notað til að sótthreinsa vatn og er mjög öflugur oxari sem nær að sótthreinsa hraðar en önnur sótthreinsiefni. Einnig þarf minni styrkleika af ósoni til að sótthreinsa en af öðrum efnum. Helsti gallinn við óson er að oftast þarf að nota einhver önnur efni með í vatnið þar sem það virkar ekki í gegnum allt kerfið heldur einungis á þeim stað sem því er dælt út í vatnið. Þar af leiðandi þarf að nota einhver klórefni með. Óson eyðir mörgum tegundum sýkjandi lífvera eins og bakteríum, frumdýrum og vírusum. Hraði ósonsundrunar er háð hitastigi, sýrustigi og styrk

lífrænna- og ólífrænna efna í vatninu. Nýtni ósons til sótthreinsunar er óháð sýrustigi vatns en sundrun ósons gerist hraðar við hátt sýrustig. Eftir því sem hitastigið er hærra því óleysanlegra og óstöðugra verður óson í vatni en sótthreinsunar- og efnafræðilegir oxunarfaster haldast tiltölulega stöðugir. Þannig hefur hitastig lítil sem engin áhrif á hraða sótthreinsunar á bakteríum. Samkvæmt rannsóknum Wuhrmann og Meyrath árið 1955 kom fram að styrkur *E.coli* í vatni minnkaði um 99,99% eftir minna en eina mínútu þegar óson var í vatninu af styrkleika 9 µg/L við hitastigið 12°C. Aðrar bakteríur eins og *Staphylococcus* og *Streptococcus faecalis* þurftu helmingi lengri tíma en *E.coli*. Rannsóknir hafa sýnt að Gram-neikvæðar bakteríur á borð við *E.coli* og *Salmonella* eyðast hraðar úr vatni þegar óson er dælt í það heldur en Gram-jákvæðar bakteríur eins og *Bacillus*, *Mycobacteria*, *Staphylococcus* og *Streptococcus*. Vírusar sýna meira viðnám gegn óson en virkar (*e. vegetative*) bakteríur en minna viðnám heldur en bakteríur af tegundinni *Mycobacteria* sem eru með svipur. Frumdýr sýna einnig meira viðnám en bakteríur og vírusar. Óson getur myndað aukaafurðir þegar það hvarfast við niðurbriótanleg lífræn efni (NOM) sem geta verið aldehyð, sýrur, ýmis brómíðsambönd og vetnisperoxíð (Environmental Protection Agency, 1999).

Óson oxar járn og mangan yfir í járnhýdroxíð og manganhýdroxíð. Ósonmagnið sem þarf er 0,43 mg óson á 1 mg járn og 0,88 mg óson á 1 mg mangan. Þegar óson hefur hvarfast við þessi efni þarf að fjarlægja þau með síun (Environmental Protection Agency, 1999).

Óson er notað til að eyða samböndum sem gefa frá sér lykt og bragð í vatni. Reynslan sýnir að það hafi þurft 2,5 - 2,7 mg/L af ósoni og 10 mínútna snertitíma til að minnka merkjanlegt bragð og lykt í vatni (Environmental Protection Agency, 1999).

Óson er einnig hægt að nota til að auka lífbrotagirni lífrænna efna í vatni sem þá er hægt að fjarlægja með síun. Ósonering hefur þau áhrif á niðurbriótanleg lífræn efni (NOM) að þau brotna hraðar niður og þessi aukning getur leitt til aukins örveruvaxtar í vatni ef þau eru ekki síuð út (Environmental Protection Agency, 1999).

Árið 2003 var gerð rannsókn á oxun ósons til sótthreinsunar á ófrumbjarga (HPC) bakteríum, heildar kólígerlum, saurgerlum og saurstreptókókkum í borholuvatni (Jyoti og Pandit, 2004). Fjöldi baktería í vatninu var um 2.500 – 8.000 CFU/mL af HPC bakteríum, 50 - 200 heildarkólígerlar í 100 mL, 20 - 100

saurkólígerlar í 100 mL og 30 - 200 saurstreptókokkar í 100 mL af vatni. Mismunandi styrkleiki ósons var sett út í 1 L af vatninu og athugað hversu langan tíma það tók bakteríurnar og gerlana til að drepast. Þar kom í ljós að við styrkleika 0,5 mg/L O₃ náðist um 46% sótthreinsun fyrir HPC bakteríurnar eftir 15 mínútna ósoneringu og 82% sótthreinsun eftir eina klukkustund. Niðurstöðurnar fyrir hina gerlana sýndu svipaða tilhneigingu. Einnig kom fram að sótthreinsun gekk hraðar við hærri styrk ósons í vatninu þar sem meiri snertitími var þá á milli ósons og bakteríanna. Þegar styrkleiki ósons var 4 mg/L O₃ náðist um 93% sótthreinsun eftir 15 mínútur. Fyrir heildarkólígerla við styrkleikann 4 mg/L O₃ var fjöldi dauðra gerla um 100 eftir 15 mínútur (Jyoti og Pandit, 2004).

Óson er notað í sundlaugar víða erlendis en oftast með öðrum kemískum efnum. Sundlaug í Glenwood Springs, Colorado í Bandaríkjunum hefur notað óson og klór saman síðan árið 1991 og hefur gengið vel. Ástæðan fyrir því að óson er ekki notað eingöngu er sú að það virkar ekki stöðugt í gegnum kerfið (BioOzone Corporation, 2006).

9.5. Kostir og gallar

Kostirnir við óson eru að það virkar betur en klórefni í sótthreinsun, það oxar járn, mangan og súlfíð, það stjórnar lykt, bragði og lit, það virkar mjög fljótt og þarf stuttan snertitíma. Þegar brómíð er ekki til staðar myndast engin halógen aukaefni vegna sótthreinsunar, eina aukaefnið sem myndast þegar óson sundrast er uppleyst súrefni og virkni ósons ræðst ekki af sýrustigi vatnsins (Environmental Protection Agency, 1999).

Gallar við ósonframleiðslu til sótthreinsunar eru að stofnkostnaður er meiri, mikla orku þarf til að framleiða óson í miklu magni, óson er tærandi og eitrad, síur þarf vegna lífrænna leifa í vatninu og óson eyðist hratt við hátt sýru- og hitastig. Jafnframt virkar óson ekki í gegnum allt kerfið heldur bara á þeim stað sem því er dælt út í vatnið (Environmental Protection Agency, 1999).

10. Framkvæmd

10.1. Sýnataka

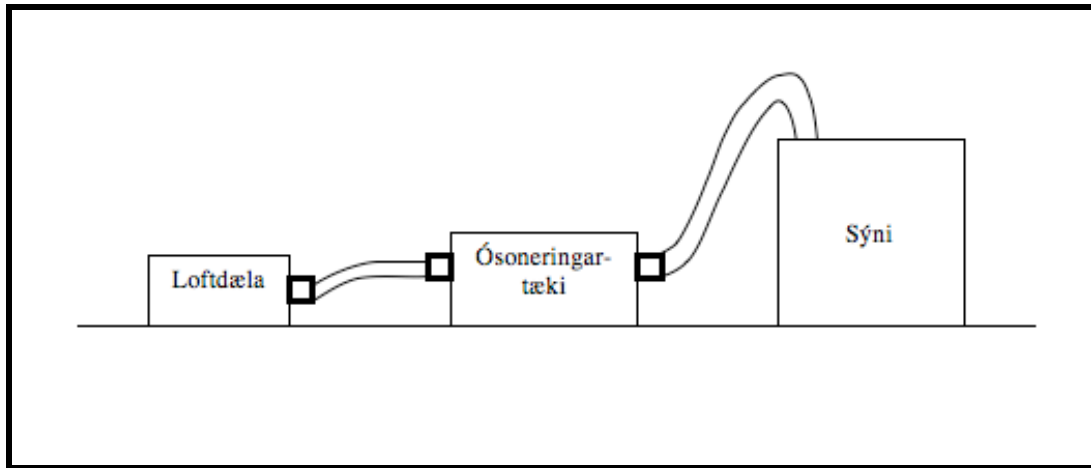
Sýni voru tekin úr Ostakarínu á Húsavíkurhöfða 31. mars 2010 (A og B) og 8. apríl 2010 (B og C). Sýni voru tekin í plastflöskur sem búið var að dauðhreinsa í 15 mínútur við 121°C. Hitastig vatns í Ostakari var 42°C og mælingar á rannsóknarstofu hófust þegar vatnið var komið nálægt herbergishita. Í seinni sýnatöku voru tekin sýni úr kranavatni og af baðvatni úr Ostakari eftir að ein manneskja hafði verið í vatninu í um það bil 15 mínútur.

Einnig var ósonering gerð eftir að 1 mL *E.coli* var bætt út í 1 L af Butterfields buffer 13. apríl 2010 (E). Þetta var gert til að athuga hvort *E.coli* DSM-6897 stofninn myndi vaxa í hlutlausum dauðhreinsuðum vökva. Þetta var gert 13. apríl 2010.

Sáð var beint úr næringaræti með *E.coli* DSM-6897 sem hafði verið ræktað við 35°C í 20 klst í tvöfalt LST, einfalt LST og EC- og BGLB gerjunarglös. Þetta var gert til að athuga hvort stofninn myndi gefa jákvæða svörun við saurkólí í EC gerjunarglösum. Þetta var gert 14. apríl 2010.

10.2. Ósoneringarútbúnaður

Ósoneringartækið sem notað var er frá framleiðandanum HydroAir í Bandaríkjunum. Það heitir *Bath & Spa Ozonator 21-5133*. Það gefur 30 mg af ósoni á einni klukkustund miðað við loftflæðið 1,4 L/s. Slanga var tengd úr tækinu og leidd ofan í vatnið. Dreifingarkubbur var á enda slöngunnar og var hún einnig notuð til þess að hræra í vatninu annað slagið.



Mynd 4. Útbúnaður fyrir ósoneringu.

Ósoneringartækið var tengt við loftdælu sem dælir 60 L/klst eða 1 L/mín og 0,0167 L/s. Magn ósons sem fór út í vatnið er sýnt í töflu 4.

Tafla 4. Styrkur ósons í baðvatni við ósoneringu.

Tími (mín)	Magn ósons (mg/L)
0	0
15	0,089
30	0,178
60	0,356

Það þýðir að 0,09 mg af óson fór út í vatnið á 15 mínútum, 0,18 mg höfðu farið út í vatnið eftir hálf tíma og 0,36 mg eftir einn klukkutíma.

10.3. Æti

Æti var gert samkvæmt leiðbeiningum á umbúðum frá framleiðanda, sem var Difco í öllum tilfellum nema fyrir Butterfields Buffer sem var gerður úr Stock lausn. Ætin sem voru úbúin má sjá hér fyrir neðan.

Butterfields buffer: 1,25 mL af Butterfields buffer stock lausn blandað í 1 L af eimuðu vatni. Sett í dauðhreinsun í 15 mín við 121°C.

Nutrient broth: 8 g af dufti leyst upp í 1 L af eimuðu vatni. Lausnin hituð og látin sjóða í 1 mínútu. Sett í dauðhreinsun í 15 mín við 121°C.

Lauryl Typtose broth (LST): 35,6 g duft leyst upp í 1 L af eimuðu vatni. Látið hitna og hrært í á meðan til að leysa duftið alveg upp. Sett í tilraunaglös sem innihéldu lítil gerjunarglös með opið niður og sett í dauðhreinsun í 15 mínútur við 121°C.

Brilliant Green Bile Broth 2%: 40 g duft leyst upp í 1 L af eimuðu vatni. Látið hitna og hrært í á meðan til að leysa duftið alveg upp. Sett í tilraunaglös sem innihéldu lítil gerjunarglös með opið niður og sett í dauðhreinsun í 15 mínútur við 121°C. Notað til staðfestingar kólígerla í sýnum.

EC medium: 37 g duft leyst upp í 1 L af eimuðu vatni. Látið hitna og hrært í á meðan til að leysa duftið alveg upp. Sett í tilraunaglös sem innihéldu lítil gerjunarglös með opið niður og sett í dauðhreinsun í 15 mínútur við 121°C. Notað til staðfestingar saurkólígerla í sýnum.

10.4. Sáningaraðferð

Notast var við 5 glasa faggilda aðferð frá Matís við staðfestingu á *E.coli*. Aðferðin er komin frá bandarísku matvæla- og lyfjastofnuninni (FDA) og var gefin út í bók árið 2001. Aðferðin heitir MPN aðferð (*e. Most Probable Number*) og er notuð við fjöldaákvörðun á kólígerlum í vatni. Þá er heildarfjöldi kólígerlanna fundinn miðað við niðurstöður eftir töflu sem notuð er fyrir ákvörðum kólígerla í neysluvatni (Down og Ito, 2001). Aðferðinni er lýst í næsta kafla.

10.5. Örverumælingar

Daginn áður en sýni voru tekin var hreinn *E.coli* stofn settur í kolbu með 50 mL af næringaræti (*e. Nutrition broth*) með sáningarlykkju. Kolban var sett í ræktun í hitara með hristingi í um 20 klst á 120 rpm og við 35°C. Stofninn *E.coli* DSM-6897 var notaður við tilraunir í þessari ritgerð, hann var geymdur í ísskáp við 10°C á Marine agar frá framleiðandanum Difco frá 29. janúar 2010.

Á rannsóknarstofu voru sýni sett í 1 L dauðhreinsaða kolbu og *E.coli* rækt bætt út í. Þá var sýnið ósonerað í 1 klst. Sýni voru tekin áður en *E.coli* var bætt út í (0. sýni), eftir að *E.coli* var bætt út í (1. sýni), eftir 15 mínútur af ósoneringu (2. sýni), eftir 30 mínútur af ósoneringu (3. sýni) og eftir 60 mínútur af ósoneringu (4. sýni). Einnig var gert eitt sýni fyrir vatnið beint úr krana áður en það rann ofan í Ostakarið. Ósonering í dauðhreinsuðum Butterfields buffer var gerð, þá var 1 mL *E.coli* bætt út í 1 L af Butterfields buffer. Þar sem Butterfields bufferinn var dauðhreinsaður var reiknað með að ekki þyrfti 0. sýni þar sem svörun í gerjunarglösum yrði engin. Ekki var gerð mæling fyrir 0. sýni heldur bara fyrir sýni 1 – 4, það er eftir íbætingu *E.coli*, 15-, 30- og 60 mínútna ósoneringu.

Þrjár þynningarraðir (1:10, 1:100 og 1:1000) fyrir allar mælingar voru gerðar með Butterfields buffer.

Dagur 1:

50 mL af sýni (1:1) sáð í flösku með 50 mL af tvöföldu LST.

10 mL af sýni (1:1) sáð í glas með 10 mL af tvöföldu LST.

1 mL af sýni (1:1) sáð í glas með 10 mL af einföldu LST.

1 mL úr 1:10 þynningu sáð í glas með 10 mL af einföldu LST.

1 mL úr 1:100 þynningu sáð í glas með 10 mL af einföldu LST.

1 mL úr 1:1000 þynningu sáð í glas með 10 mL af einföldu LST.

Allar sáningar voru ræktaðar í hitaskáp í 48 klst við 35°C.

Dagur 3:

Fjöldi jákvæðra glasa skráður og umsáð úr jákvæðum glösum með sáningarlykkju yfir í EC- og BGLB gerjunarglös. BGLB-gerjunarglös sett í hitaskáp við 35°C í 48 klst og EC-gerjunarglös sett í vatnsbað við 45°C í 24 klst.

Dagur 4:

Fjöldi jákvæðra EC-glasa skráður.

Dagur 5:

Fjöldi jákvæðra BGLB-glasa skráður.

10.6. Vatnsmælingar

Hitastig í Ostakarínu var mælt á staðnum með nákvæmum hitamæli af gerðinni Digi-Sense Thermometer RTD Platinum frá Cole-Parmer Instrument Co. og gefur hitastig í gráðum á Celsius, °C. Sýni til að mæla sýrustig og leiðni vatnsins voru tekin úr Ostakarínu í seinni sýnatöku. Sýnataka fór þannig fram að sílíkonslanga var þrædd í gegnum Masterflex E/S Portable Sampler dælu frá Cole-Parmer Instrument Co. og annar endi slöngunnar settur ofan í vatnið. Hinn endi slöngunnar var tengdur við kælispiral. Vatnið var látið flæða í gegnum slönguna í nokkrar mínútur til að skola búnaðinn. Sýni voru tekin í 3 brúnar 250 – 300 mL glerflöskur sem voru skolaðar þrisvar sinnum með vatninu sem kom út úr kælispiralnum og síðan fylltar og lokað fyrir. Gætt var að því að engar loftbólur kæmu í flöskurnar.

Á rannsóknarstofu daginn eftir voru gerðar mælingar á sýrustigi og leiðni.

Sýrustig var mælt með mælinum Metrohm 704 pH og Metrohm Aquatrode elektróðu (Pt 0-13 / 0-60°C). Byrjað var á því að kvarða mælinn með tveimur staðallausnum upp á pH 4.00±0,02 (25°C) og pH 7.00±0,02 (25°C) sem eru frá fyrirtækinu Metrohm. Niðurstöður eru í töflu 6 í kafla 11.2.

Leiðni var mæld með EC meter mæli af gerðinni model 1481-61 frá framleiðandanum Cole-Parmer Instrument Co. Byrjað var á því að kvarða mælinn með 1413 µS@25°C leiðnistaðli frá Oakton og með 84 µS@25°C leiðnistaðli frá Oakton. Mælirinn var skolaður með sýninu og næst var mælt í öðru glasi. Mælingin var gerð þrisvar og meðaltal er gefið í niðurstöðum sem eru í töflu 6 í kafla 11.2

11. Niðurstöður

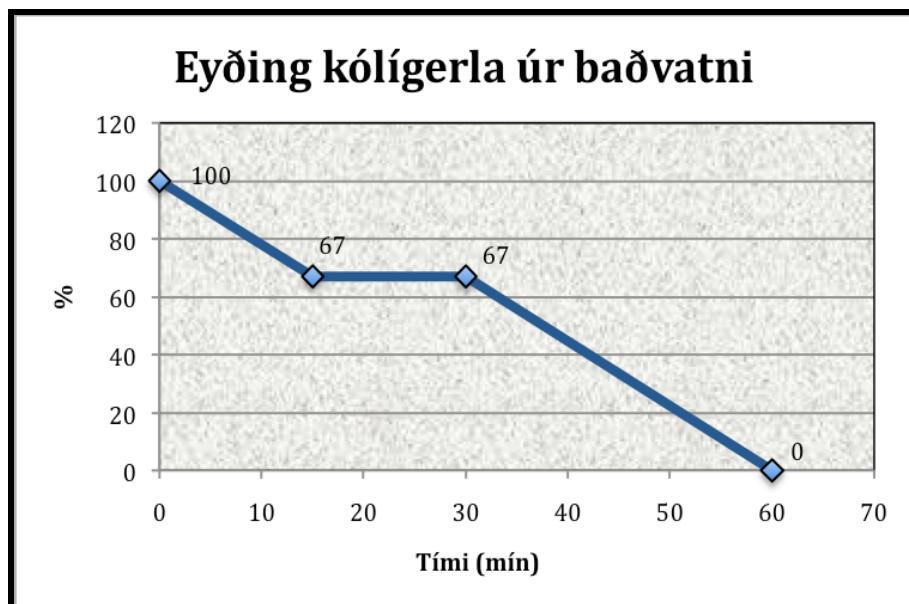
11.1. Örverumælingar

Tafla 5 sýnir niðurstöður ósoneringar á baðvatni úr Ostakarinu á Húsavík eftir 1,5 mL íbætingu *E.coli* ræktar (A), eftir 2 mL íbætingu *E.coli* ræktar (B og C), á kranavatni úr Ostakarinu á Húsavík (D) og Butterfields buffer (E). Sýningar voru gerðar áður en *E.coli* var bætt út í (0. sýni), eftir að *E.coli* var bætt út í (1. sýni), eftir 15 mínútur af ósoneringu (2. sýni), eftir 30 mínútur af ósoneringu (3. sýni) og eftir 60 mínútur af ósoneringu (4. sýni). Þessar niðurstöður eru unnar úr töflum 7 – 30 í viðauka VI.

Tafla 5. Niðurstöður sýninga fyrir og eftir ósoneringu.

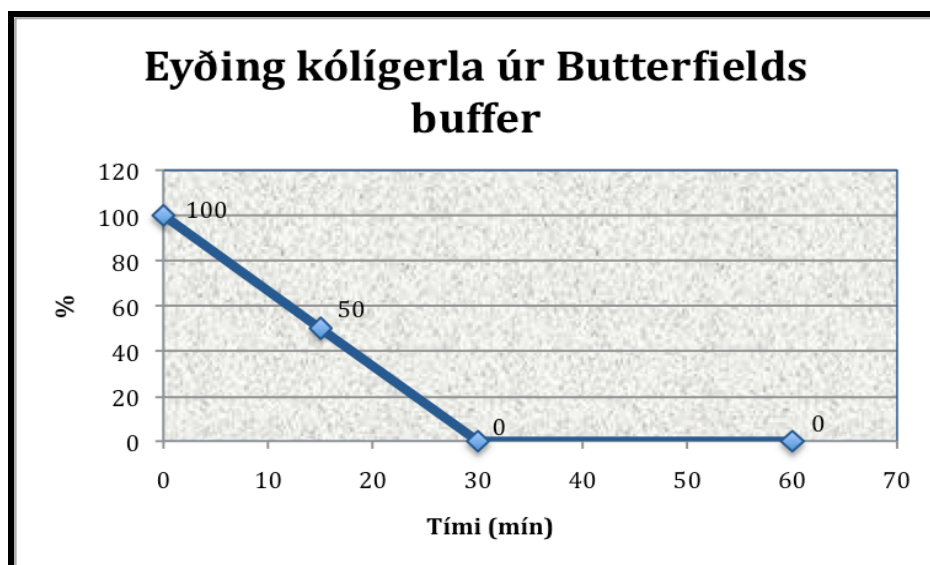
		0. sýni (A)	1. sýni (A)	2. sýni (A)	3. sýni (A)	4. sýni (A)
Fyrri sýnataka (A)	Saurkólí (CFU/100 mL)	<1	<1	<1	<1	<1
Fyrri sýnataka (B)	Saurkólí (CFU/100 mL)	<1	<1	<1	<1	<1
Seinni sýnataka (C)	Saurkólí (CFU/100 mL)	<1	<1	<1	<1	<1
Seinni sýnataka (D)	Saurkólí (CFU/100 mL)	<1	<1	<1	<1	<1
Butterfields buffer (E)	Saurkólí (CFU/100 mL)	0	<1	<1	<1	<1

Á mynd 5 sjást niðurstöður ósoneringar þegar *E.coli* rækt var bætt út í 1 L af baðvatni úr Ostakarinu á Húsavík. Upplýsingarnar á mynd 5 eru fengnar úr töflum 17 - 21 í viðauka VI. Myndin sýnir prósentufækkun jákvæðra BGLB-gerjunarglasa, en jákvæð svörun við þeim glösum þýða að kólígerlar eru til staðar í sýni.



Mynd 5. Eyðing kólígerla úr baðvatni með ósoneringu.

Mynd 6 sýnir niðurstöður mælinga þegar *E.coli* DSM-6897 rækt var bætt út í 1 L af Butterfields buffer og jákvæð svörun kom í BGLB-gerjunarglös. Upplýsingarnar á mynd 6 eru fengnar út töflum 27 – 30 í viðauka VI. Myndin sýnir prósentufækkun jákvæðra BGLB gerjunarglasa.



Mynd 6. Eyðing kólígerla úr Butterfields buffer með ósoneringu.

11.2. Vatnsmælingar

Niðurstöður mælinga fyrir hitastig, sýrustig og leiðni á vatninu í Ostakarinu eru í töflu 6.

Tafla 6. Niðurstöður mælinga á pH og leiðni vatns í Ostakari.

Hitastig í Ostakari °C	42
Sýrustig pH	8.81
Leiðni $\mu\text{S}/\text{cm}$	4673

12. Umræða

12.1. Ósonering

Niðurstöður sáninga sem eru í töflu 5 í kafla 11.1 hér að ofan benda til þess að engir saurkólígerlar hafi náð að vaxa í EC-gerjunarglösum. Eitthvað hefur orðið til þess að saurkólígerlar uxu ekki upp í EC ætinu sem ekki er hægt að skýra. Samkvæmt öllu ætti að koma fram jákvæð svörun í EC-gerjunarglösum eins og í BGLB-gerjunarglösum og í forræktuninni með LST æti. Breyting í svörun á gasmyndun í BGLB-gerjunarglösum bendir til þess að bakterían hafi verið á lífi þar en ekki í EC-gerjunarglösunum. Hugsanlega ræktast saurkólígerlar þessa stofns af *E.coli* ekki upp í EC-gerjunarglösum en mjög fáir stofnar sýna þá hegðun og það er ekki mjög líkleg útskýring. Þetta þyrfti að athuga nánar en var ekki hluti þessa verkefnis. Þegar sáð var beint úr *E.coli* rækt í næringaræti í æti með einföldu LST, tvöföldu LST og EC- og BGLB æti kom jákvæð svörun við sáningu í tvöfalt LST æti eins og sést í töflu 31 í viðauka VI. Það þýðir að bakterían hafi vaxið upp í ætinu og verið lifandi í næringarætinu áður en henni var sáð og haldist lifandi eftir sáningu.

Þar sem sáningar úr baðvatni, áður en *E.coli* DSM-6897 var bætt út í það, gáfu neikvæðar niðurstöður en jákvæður vöxtur var í forrækt með glösum með tvöföldu LST æti og svo í BGLB-gerjunarglösum eftir umsáningu má áætla að kólígerlar hafi vaxið upp í vatninu. Ósoneringin var framkvæmd alls fimm sinnum og í tveimur tilfellum virtust kólígerlar vera á lífi í vatninu. Töflur með þessum niðurstöðum má sjá í viðauka VI. Í þeim tveimur tilfellum þar sem kólígerlar fundust er einnig vísbending um að ósonering hafi drepið kólígerla þar sem engin jákvæð svörun var í BGLB gerjunarglösum eftir einnar klukkustundar ósoneringu. Þessar niðurstöður má sjá á myndum 5 og 6 hér að ofan í kafla 11.1 og í töflum í viðauka VI.

Samkvæmt þessu verkefni eyðir ósonering kólígerlum úr baðvatni á einni klukkustund eins og sést á myndum 5 og 6 í kafla 11.1 hér að ofan. Á mynd 5 sést að fjöldi jákvæðra BGLB glasa minnkaði um 33% eftir 15 mínútur af ósoneringu, var sá sami eftir 30 mínútna ósoneringu og engin jákvæð glös voru eftir klukkutíma ósoneringu. Af mynd 6 má sjá að fjöldi jákvæðra glasa minnkaði um helming eftir 15 mínútna ósoneringu og engin jákvæð glös voru eftir þegar búið var að ósonera vatnið í klukkutíma. Einnig má benda á skýrsluna “*Heilsutengd ferðaþjónusta*

byggð á jarðhita og hugmyndir um þróun og nýsköpun í greininni” þar sem tilraun var gerð á ósoneringu baðvatns frá Ytri-Vík eftir að fólk hafði setið í baðlaug á staðnum og niðurstöðurnar voru þær að saurkóligerlar hurfu úr vatninu eftir 2 klst ósoneringu (Sandra Grettisdóttir o.fl., 2009). Mögulegt væri að nota óson á baðstöðum hérlendis ef leyfi fengist frá Heilbrigðiseftirliti. Stærsti gallinn við notkun ósoneringar á baðvatni er að ekki er hægt að hreinsa vatnið á meðan fólk er ofan í því eins og með kemísk íblöndunarefni. Því er mikilvægt að afla meiri upplýsinga og gera rannsóknir á hversu oft og títt þyrfti að ósonera baðvatn ef nota ætti ósoneringu við sótthreinsun baðvatns á almenningsstöðum. Einnig þyrfti að athuga kostnað og hagkvæmni notkunar ósoneringar og bera kosti þess og galla saman við notkun klórefna.

Ef nota á ósoneringu til gerilsneyðingar baðvatns þyrfti að vita heildargerlafjöldann til að vita hversu mikið magn ósons þyrfti að dæla út í vatnið til að hreinsa það. Ef tilraunir yrðu gerðar á heildarfjölda gerla í vatninu væri mögulega hægt að finna meðaltal heildarfjöldans og reikna út styrk ósons sem þyrfti í vatnið út frá því. Tilraunir þyrfti að gera á þessu til að athuga hvað væri hagkvæmast.

12.2. Almennar niðurstöður

Möguleikar Húsavíkur til heilsutengdrar ferðaþjónustu eru mjög góðir samkvæmt niðurstöðum þessa verkefnis. Húsavík er fallegur staður með mikið af jarðhitavatni og gæti boðið upp á að minnsta kosti þrjár tegundir heilsubaða. Salta vatnið hefur reynst vel gegn psoriasis og dæmi eru um að einstaklingar fari nánast á hverjum degi til að baða sig í Ostakarínu á Húsavíkurhöfða til að halda sjúkdómnum niðri. Í bænum er sjúkrahús og tiltölulega stutt er að keyra til Húsavíkur frá Akureyri þar sem er flugvöllur. Reynsla af salta vatninu í Sundlaug Húsavíkur reyndist góð þar til of mikill gerlafjöldi leiddi til þess að setja þurfti klór út í vatnið. Eftir jarðhræringar á svæðinu fór að koma mikil drulla í heita pottinn með salta vatninu svo hætt var að nota hann. Stuttu seinna féll dælan niður í borholuna vegna tæringar á lögnum. Verkefni er í vinnslu þar sem leiða á vatnið af Húsavíkurhöfða aftur til sundlaugarinnar og athuga hvort nægilegt rennsli sé til að leiða það aftur í einn heitan pott. Þegar búið er að fullkanna möguleika og aðstöðu á svæðinu þarf að gera markaðsúttekt og skilgreina viðskiptahugmyndir varðandi uppbyggingu heilsutengdrar ferðaþjónustu. Sá þáttur er utan viðfangsefni þessa lokaverkefnis.

Þar sem ekki þyrfti mjög mikið vatnsrennsli til nýtingar í heilsutengda ferðaþjónustu væri möguleiki á að nýta vatnið af Húsavíkurhöfða þar sem mögulegt hámarksrennsli þar er um 29 L/s upp úr holunni. Vatnið inniheldur of mikla seltu til að vera notað beint til hitaveitu og einnig var áætlað að það þyrfti um 50 L/s til að standa undir hitaveitu fyrir Húsavík (Jens Tómasson, Guðmundur Pálmason, Jón Jónsson og Sveinbjörn Björnsson, 1969). Í Sundlaug Húsavíkur eru um 173 m³ í sundlauginni, 12 m³ í stærsta heita pottinum, 10 m³ í barnalaug og um 10 m³ í minni heita pottinum. Rennsli frá Húsavíkurhöfða niður í sundlaugina er um 11 L/s (Sveinn Rúnar Arason, munnleg heimild 21. apríl 2010). Þannig renna 15.840 L af höfðanum á dag eða 15,84 m³. Það vatn yrði því nóg í um einn og hálfan heitan pott og gæti verið nýtt til heilsubaða þó það hefði ekki dugað fyrir hitaveituna til upphitunar húsa.

13. Lokaorð

Möguleikar Húsavíkur til heilsutengdrar ferðaþjónustu eru miklir og hægt væri að leggja mikið upp úr heilsuböðum í efnaríku og söltu jarðhitavatni í markaðssetningu. Einnig væri hægt að bjóða upp á böð í fersku vatni, bæði upphituðu vatni og kísil- og brennisteinsríku jarðhitavatni, og gufuböð með hreinni gufu frá Hveravöllum. Þar sem reynsla af böðum í salta vatninu á Húsavík hefur verið góð og reynst vel gegn psoriasis væri hægt að markaðssetja vatnið sem gott salt og efnaríkt heilsuvatn. Hægt væri að sækja um vottun vatnsins líkt og gert var í Stykkishólmi.

Ósonering er góður og vistvænn kostur við sóttþreinsun og gerilsneyðingu vatns í stað kemískra íblöndunarefna. Þó þeir gallar séu á gjöf Njarðar að hreinsa þyrfti baðvatnið á meðan engar manneskjur væru í því, ósonið virkar bara þar sem því væri dælt út í vatnið og góð hringrás þyrfti að vera á vatninu væri að minnsta kosti hægt að minnka notkun kemískra íblöndunarefna að talsverðu leyti með ósoneringu. Þessi möguleiki, að blanda saman ósoneringu og notkun kemískra íblöndunarefna, er til staðar á Húsavík. Einnig væri hægt að nota ósoneringu eina sér ef leyfi fengist til þess frá Heilbrigðiseftirliti. Aðalatriðin eru þau að finna þyrfti út hvenær og hversu oft þyrfti að hreinsa vatnið og hve mikið magn ósons væri nauðsynlegt. Hægt væri að komast að þessu með fleiri og ítarlegri tilraunum. Einnig þyrfti að athuga viðskipta- og kostnaðarþætti í sambandi við ósoneringu baðvatns og athuga hversu hagkvæmt væri að nota óson í stað klórefna við sóttþreinsun.

Áhugavert væri að gera rannsóknir á salta vatninu af Húsavíkurhöfða ef tekst að leiða það aftur í Sundlaug Húsavíkur. Það verkefni er í vinnslu og samkvæmt nýjustu heimildum (17. apríl 2010) er komið um 11 L/s rennsli til sundlaugarinnar. Í framhaldi af þessu verkefni væri mögulegt að gera tilraunir með ósoneringarútbúnað í Sundlaug Húsavíkur til að athuga hvort hann stæðist kröfur Heilbrigðiseftirlitsins um heildargerlafjölda á almennum baðstöðum. Með þeim tilraunum væri möguleiki á að sanna hreinsunarmátt ósons á vatni og sýna að notkun kemískra efna á baðstöðum er ekki endilega nauðsynleg. Þar sem notkun ósoneringar er umhverfisvænni kostur en notkun kemískra efna og sleppir engum aukaefnum út í náttúruna bætir það ímynd sundstaða töluvert og gerir staðina náttúrulegri og hreinni, en það er einmitt sú ímynd sem flestir ferðamenn hafa af Íslandi með alla þá endurnýjanlegu orku sem hér er notuð.

Eins og sýnt hefur verið fram á í ritgerðinni þá er mikið til af góðu hráefni til að byggja upp heilsutengda ferðaþjónustu á Húsavík og vísbendingar um að nóg vatn sé til staðar til nýtingar baða. Einnig er val um a.m.k. þrjár mismunandi gerðir heilsubaða. Æskilegt væri að gera átak til þess að koma af stað verkefnum tengdri heilsutengdri ferðaþjónustu sem byggir á böðum á allra næstu árum. Ekki er óraunhæft að slík verkefni gætu skapað tugi nýrra starfa í byggðarlaginu og jafnframt aukið önnur störf við verslun og þjónustu.

14. Heimildaskrá

Adams, M.R. og Moss, M.O. (2000). *Food Microbiology*, bls 217-219. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

BioOzone Corporation. (2006). *Hot Springs Swimming Pool: Glenwood Springs, Colorado: Ozone Water Treatment, Color Removal and Ozone Purification*. Sótt 15. apríl af http://www.biozone.com/hot_springs_pool.html

Bláa lónið. (2008a). *Virk hraefni*. Sótt 22. mars af <http://www.bluelagoon.is/Badstadur/Blaa-lonid/Virk-hraefni/>

Bláa lónið. (2008b). *Psoriasis meðferð*. Sótt 22. mars af <http://www.bluelagoon.is/Laekningalind/Psoriasis-medferd/>

Deutscher baederkalender, bls. 235. (1995). Þýskaland: Bonn: Deutscher Baederverband e.V.

Down, F.P. og Ito, K. (Ritstj.). (2001). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, bls 75-76. Washington: American Public Health Association.

Environmental Protective Agency. (1999, apríl). *Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual*. USA.

Garðræktarfélag Reykhverfinga. (e.d.). *Stutt ágríp af sögu félagsins*. Sótt 20. apríl af <http://grhveravellir.is/>

Guðmundur Pálmason. (2005). *Jarðhitabók: Eðli og nýting auðlindar*, bls. 15, 21-24, 29-30, 41, 69-70. Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.

Hagstofa Íslands. (2010, 16. mars). Mannfjöldi 1. janúar 2010. *Hagtíðindi: Statistical series 95 (42)*, bls. 1-20.

Heilsuefning Stykkishólms. (e.d.). *Vatnið góða í Stykkishólmi*. Sótt 3. apríl af <http://www.spa.is/heilsuefning/heilsa/vatnid-goda/>

Heilsustofnun NLFÍ. (e.d.a). *Sagan - náttúrulækningastefnan*. Sótt 22. mars af <http://www.hnlfi.is/Heilsustofnun-NLFI/Sagan/>

Heilsustofnun NLFÍ. (e.d.b). *Næring og matur*. Sótt 22. mars af <http://www.hnlfi.is/Naering-og-matur/>

Hrefna Kristmannsdóttir. (2004). *Efnasamsetning kalds neysluvatns á Húsavík, vatns frá Húsavíkurhöfða og Hafralækjaskóla*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.

Hrefna Kristmannsdóttir. (2008, febrúar). *Jarðhitaauðlindir: Tækifæri til atvinnusköpunar og byggðaeftlingar á Norðausturlandi með heilsutengdri ferðapjónustu*. (Skýrsla FMSÍ-S-03-2008). Akureyri: Ferðamálaasetur Íslands.

Hrefna Kristmannsdóttir, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Jan Heinemeier. (2007). Evolution and origin of geothermal brines in Öxarfjörður NE Iceland, 2007, bls. 223-227. Bullen & Wang (ritstj.). *Water-Rock interaction*. London: Taylor & Francis Group.

Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Halldór Ármannsson. (2005). *Verkefnið Vatnsauðlindir Íslands: Lokaskýrsla um niðurstöður verkefnisins*. (Skýrsla HK-05/04). Akureyri: Háskólinn á Akureyri: Auðlindadeild.

Hreinn Hjartarson, Runólfur Maack og Sigþór Jóhannesson. (2002, maí). *Orkuveita Húsavíkur: Fjölnýting jarðhita*. (Thermie verkefni nr. GE 321 / 98 / IS / DK). Húsavík: Orkuveita Húsavíkur.

Höskuldur Skúli Hallgrímsson. (2005, 17. maí). *Heilsuvatn frá Höfða í sundlaugina*. Orkuveita Húsavíkur. Sótt 13. apríl af http://www.oh.is/news/heilsuvatn_fra_hoda_i_sundlaugina/

- Ingram, M. og Barnes, Ella M. (1954). Sterilization by means of ozone. *Journal of Applied Microbiology* **17** (2), bls. 246-271.
- Jakob K. Kristjánsson og Sólveig K. Pétursdóttir. (1992, júní). *Lífriki Bláa lónsins: Tegundasamsetning, þéttleiki og lífsskilyrði*. (Skýrsla ITÍ 9211 LD 02). Reykjavík: Iðntæknistofnun.
- Jarðböðin við Mývatn. (e.d.). *Um böðin*. Sótt 22. mars af http://www.jardbodin.is/Um_bodin/Sagan/
- Jens Tómasson, Guðmundur Pálmason, Jón Jónsson og Sveinbjörn Björnsson. (1969, mars). *Jarðhiti við Húsavík*. Orkustofnun: Jarðhitadeild.
- Jóhann Ísak Pétursson og Jón Gauti Jónsson. (2004). *Almenn jarðfræði*, bls. 29, 31, 54. Reykjavík: Iðmennt-iðnú.
- Jón Hjaltalín Ólafsson, Bárður Sigurgeirsson og Rannveig Pálsdóttir. (1994). The effect bathing in a thermal lagoon in Iceland has on psoriasis. A preliminary study. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* (3), bls. 460-464.
- Jón Hjaltalín Ólafsson, Bárður Sigurgeirsson og Rannveig Pálsdóttir. (1996). Psoriasis Treatment: Bathing in a Thermal Lagoon Combined with UVB, versus UVB treatment Only. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* (76), bls. 228-230.
- Jón Þorsteinsson. (2005). Heitar laugar á Íslandi til forna. *Læknablaðið* **91** (07), bls. 617-621.
- Jyoti, K.K. og Pandit, A.B. (2004). Ozone and cavitation for water disinfection. *Biochemical Engineering Journal* (18), bls. 9-19.

Lúðvík S. Georgsson, Kristján Sæmundsson og Hreinn Hjartarson. (2005, apríl). *Exploration and Development of the Hveravellir Geothermal Field, N-Iceland*. Reykjavík: Orkustofnun: ÍSOR.

Norðurþing. (2006a). *Um Húsavík*. Húsavík. Sótt 22. mars af <http://www.husavik.is/?mod=forsida&sport=husavik>

Norðurþing. (2006b). *Vinsælar staðir*. Sótt 22. mars af <http://www.husavik.is/?mod=sidur&mod2=view&id=249&sport=ferdamenn>

Ólafur Grímur Björnsson. (2000). *Baðlækningar, læknávisindi og kúltúr*, bls. 9-10, 30, 53-54. Reykjavík: Orkustofnun.

ProMat-rannsóknþjónusta. (2007). *Rannsóknarniðurstöður*. Akureyri: ProMat.

Reglugerð um hollustuhætti á sund og baðstöðum nr. 457/1998.

Sandra Grettisdóttir, Írena Björk Ásgeirsdóttir og Hrönn Brynjarsdóttir. (2009). *Heilsutengd ferðaþjónusta byggð á jarðhita og hugmyndir um þróun og nýsköpun í greininni*. Reykjavík: Nýsköpunarsjóður námsmanna.

Skútustaðahreppur. (e.d.). *Áhugaverðir staðir*. Sótt 22. mars af <http://www.myv.is/ferdaupplýsingar/ahugaverdir-stadir/>

Stefán Arnórsson. (1997). Samspil vatns og bergs: I. Vatnið. *Náttúrufræðingurinn* **66 (2)**, bls. 73-87.

Thor Thordarson og Armann Hoskuldsson. (2006). *Iceland*, bls. 5. England.

Umhverfisstofnun. (2006, 22. maí). *Rannsóknarniðurstöður*. Reykjavík: Umhverfisstofnun: Rannsóknarstofa.

Weepol, K.H. (Ritstj.). (1969). *Handbook of Geochemistry*. Berlín: Springer Verlag.

Myndir

Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur Flóvenz. (1990). [Mynd 1]. Uppruni hvera og lauga á Íslandi. Náttúrufræðingurinn **60 (1)**, bls. 15-38

15. Viðaukar

15.1. Viðauki I. Heilsuvatn yfir 40°C á Íslandi.

Taflan hér að neðan sýnir það vatn á Íslandi sem er yfir 40°C heitt og fellur í einhvern af þeim fimm flokkum heilsustaðla sem gefnir eru upp í kafla 5.1. Taflan er tekin úr skýrslunni “*Heilsutengd ferðaþjónusta byggð á jarðhita og hugmyndir um þróun og nýsköpun í greininni*”.

							Gerð vatns				
							A	B	C	D	E
							>300	>1	>1000	>20 mg/l	>2
							mg/l	mg/l	mg/l	Fe	mg/l F
							CO ₂	H ₂ S	TDS		
Sveitarfélag	Staður	Hiti (°C)	Holunúmer	Dagsetning	pH	pH/°C	CO ₂ (mg/l)	H ₂ S (mg/l)	TDS (mg/l)	Fe (µg/L)	F (mg/l)
Eyjafjarðarsveit	Hólsgerði	40.7	Laug	24/6/2003	9.63	23.8	22.1	0.015	299.3		4.25
Fljótaldshérað	Laugarvellir	70.5		20/8/1974	7.38	20	342.8	0	599		1.16
Norðurþing	Hveravellir	103	HV-01	19/11/1999	9.49	22	29.4	1.2	338	4.2	1.04
Norðurþing	Hveravellir	98	Syðsti-Hver	15/8/1968	9.5	98	31,4	1,3	345	16.4	1,6
Norðurþing	Skógarlón	116	Æ-1	30/1/2006	6.9	22	23.2	0.24	3135.7	44.8	<0,75
Norðurþing	Húsavíkurhöfði	53	h-1	14/8/2003	8.88	22.8	2.1	0.096	3020.4	0.9	0.15
Norðurþing	Ytribakki	82	BA-03	30/1/2006	7.55	22	17.9	0.007	11424.0	83.5	<0,75
Norðurþing	Lón	44.6		19/6/2007	7.33	22.4	0.1		13082.7		0.09
Þingeyjarsveit	Stórutjarnir	63.3	ST-04	24/11/1990	9.7	18	17.4	1.05	255		0.755
Húnaþing vestra	Reykir	98	RS-03	25/4/1986	8.63	22	13.9	0.3	992		2.305
Húnaþing vestra	Sigríðarstaðir	60.6		23/9/2004	9.42	21	7.6		336.6	<0.0004	2.2
Húnaþing vestra	Laugarbakki	99.1	LB-2	25/11/1999	9.17	23	8.73	0.21	563	0.005	3.83
Húnavatnshreppur	Reykir v. Reykjabr	7	RR-12	10/11/2003	9.59	22.5	23.2		263.3	0.010	5.37
Sveitarfélagið Skagafjörður	Varmahlíð	91	VH-3	11/11/2003	9.53	22.7	35.0		297.0	0.001	2.17
Fjarðarbyggð	Eskifjörður	80.8	ES-02A	24/5/2005	9.09	22.6	6.5	0.05	1257.9	6.7	2.62
Fjarðarbyggð	Áreyjar	43.5	AE-01	28/09/1990	9.7	14	6.05	0.07	414		2.064
Hvalfjarðarsveit	Leirá	94	LG-01	10/12/1984	6.8	22	215.9	0	1010		2,3
Hvalfjarðarsveit	Hrafnabjörg	84	HB-05	2/6/1991	9.1	22	28.9	0.23	388.5		6.755

Hvalfjarðarsveit	Míðsandur	100			9.17	23.5	28.6	1,77	422		3,78
Borgarbyggð	Breiðagerði	90	BG-01		9.35		42.2		419		2.75
Borgarbyggð	Logaland	100	Hver	7/11/1991	9.41	22	28.6	2.23	380	0	3.169
Borgarbyggð	Teitsgil	76.7	HF-01	15/7/2002	9.32	24	23.3	0.34		5.0	14.2
Borgarbyggð	Húsafell	61.9	HF-02	15/7/2002	9.44	25	14.6	0.12		0.8	12.1
Borgarbyggð	Jaðrar	76.5			9.17	9.17			1608		2.1
Borgarbyggð	Bær	52.8	BB-03	28/10/2004	9.62	20.4	23.7	2.58		10.0	2.58
Borgarbyggð	Hellur	95			9.1	20			165.5		2.25
Borgarbyggð	Háafell	90			9.65	9.65			381.2		2
Borgarbyggð	Snartarstaðir/ Hóll	99	SS-05	5/5/1996	9.48	24	25.4	1.71	317	8.1	2.561
Borgarbyggð	Brautartunga	88	Brautartungu -hver	20/4/1983	9.32	22	32.2	0.44	391		2.24
Borgarbyggð	Runnar	71		5/8/2002	9.51	23	18.8	0.54		14.4	2.13
Borgarbyggð	Runnar		Þvottalaug	5/7/1982	9.49	25	22.2	0.2	350		2.26
Borgarbyggð	Deildartunga; Viðigerði	100.2	Hver	2/8/2002	9.41	24	21.9	1.39		1.8	2.34
Borgarbyggð	Kleppjárns- reykir	101	Kleppjárnsre- ykhver	5/7/1982	9.53	25	23.8	0.68	356		2.52
Borgarbyggð	Hamrar -/ Í landi Ásgarðs	63	Hamralaug	16/2/1983	9.61	21	19.1	0.44	305		2.2
Borgarbyggð	Sturlureykir	97	Sturlureykja- hver	16/2/1983	9.48	19	24	1.87	377		3.03
Borgarbyggð	Laugavellir	86	Baðlauga- hver	15/2/1983	9.34	19	35.1	1.73	386		3.24
Borgarbyggð	Snældubeins- staðir	101			9.36	18	33.1	2.13	367		3.24
Borgarbyggð	Kjalvararstaðir	89.5		29/9/2004	9.21	23.2				3.8	3.23
Borgarbyggð	Kópareykir	97	Kópareykir	4/8/2002	9.13	23	39	3.31		2.9	4.03
Borgarbyggð	Reykholt	100	RH-01	2/8/2002	9.25	24	30.4	1.52		7.0	2.24
Borgarbyggð	Hægindi	99.6	Hægindakots -hver	31/7/2002	9.2	24	36.3	3.39		2.7	2.43
Borgarbyggð	Hurðarbak	101	Hurðabaks- hver	5/7/1982	9.36	25	33	0.4	369		2.65
Borgarbyggð	Hurðarbak	100.1		3/8/2002	9.38	23	26.5	1.43		3.2	2.49
Borgarbyggð	Úlfsstaðir	50	US-03	3/8/2002	9.32	22	39.5	0.72		11.0	3.07
Borgarbyggð	Einifell	71			9.2	71	9.5	0.5	328		2
Borgarbyggð	Brúarreykir	84	Hver	18/11/1987	9.49	21	27.59	0.38	331		2
Skorradalshreppur	Efrihreppur	51.5			8.24	16	77.1	0.14	408		4.62
	Snæfellsbær	45.0	LH-06		6.21	24.8	1145			1.55	4.4
	Dalabyggð	83	GR-09	8/8/2003	8.94	19.6	34.5	0.9339		1.8	6.04
Rangárþing Eystra	Skógar	53		29/8/2003	9.45	22	60.56 5	0.4075 968		3.5	3.2
Rangárþing Ytra	Kaldárholt	67.8	KH-34		10.3 2	23	12.5	0.16	212	3.2	2,21
Flóahreppur	Sölvholt	50	SH-01		8.95	8.95	9.2		1941		0.3
Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Þjórsárdalur	67.5		12/9/2002	9.18	20	5.0	0.468		<0.4	4.50

Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Brjánsstaðir	63.9	BR-02	5/9/2002	8.90	26	11.2	0.040		2.4	2.16
Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Hlemmiskeið	68.5	HS-6	5/9/2002	9.67	26	6.5	0.017		8.9	2.57
Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Húsatóftir	73.5	HT-08	5/9/2002	9.64	26	6.0	0.070		0.9	2.44
Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Brautarholt	68.8	BH-02	5/9/2002	9.61	27	6.7	0.031		1.8	2.38
Skeiða- og Gnúpverjahreppur	Reykir	68.3	RE-03	5/9/2002	9.53	26	10.1	0.287		2.1	2.61
Hrunamannahreppur	Flúðir og nágrenni	95.2	FL-8	12/9/2002	9.29	21	40.6	1.557		2.2	1.31
Hrunamannahreppur	Flúðir	99.8		12/9/2002	9.24	22	41.5	1.678		1.8	1.38
Hrunamannahreppur	Flúðir	98			9.21	22	45.9	2.23	287	8.4	1.35
Hrunamannahreppur	Hellisholt	96	HH-01		9.17	20	46.7	2			
Hrunamannahreppur	Grafarbakki	108	GB-02		9.25	22	46.8	2.15	279	4.8	1.37
Hrunamannahreppur	Kotlaugar	90	KL-01		7.02	22	81.3	0	468		2
Hrunamannahreppur	Reykjaból	97	RB-01		9.45	24	54.4	5.3	584	0	1.841
Hrunamannahreppur	Laugar	98.4		12/9/2002	9.56	23	38.4	4.556		6.4	1.93
Hrunamannahreppur	Kópavatn	94	KV-01	11/9/2002	8.88	22	52.7	1.802		1.4	1.68
Hrunamannahreppur	Reykjadalur	97.8	RD-01	12/9/2002	9.21	23	43.5	2.173		0.6	1.24
Hrunamannahreppur	Þórarinsstaðir	98.9		12/9/2002	9.27	23	47.3	2.467		0.5	1.53
Bláskógabyggð	Böðmódsstaðir	100	BS-01/23		8.9	86	18	3.9	402	0.139	2.2
Bláskógabyggð	Laugarvatn	97	Aðalhver	6/9/2002	9.38	24	23.9	12.240		2.5	2.96
Bláskógabyggð	Útey	90.2	Hver	31/8/2003	9.36	22	35.8	26.343 84		4.5	2.61
Bláskógabyggð	Helludalur	59	HD-02	7/8/2002	7.56	22	279	0	553	0.013	5.25
Bláskógabyggð	Neðridalur	69	ND-01	7/8/2002	7.55	22	449	0.04	803	0.054	5.25
Bláskógabyggð	Skálholt	97	Þorlákshver	5/9/2002	9.37	22	20.1	0.925		2.5	2.18
Bláskógabyggð	Spóastaðir	76.4	SS-01	6/9/2002	9.06	23	37.8	1.175		1.0	2.89
Bláskógabyggð	Syðrireykir	98.6	Hver Reykjagil	6/9/2002	9.28	24	30.8	1.930		3.3	2.37
Bláskógabyggð	Efrireykir	120	ER-23				30.1	4.8			2.39
Bláskógabyggð	Haukadalur	49.5			8.92	22	166.3	0.86	1033	4	12
Bláskógabyggð	Stórafljót	98	Reykholts- hver	31/8/2003	9.4	23.0	30.4	3.5306 88		4	2.45
Bláskógabyggð	Kjarnholt	56	KH-03		7.85	22.6	393	0	770		1.71
Grímsnes- og Grafningshreppur	Klausturhólar	120	KH-01	8/11/1987	6.92	20	273	3.77	895		1.08
Grímsnes- og Grafningshreppur	Kringla	81.3	KR-01	6/9/2002	9.37	23	14.0	3.563		1.2	2.38
Grímsnes- og Grafningshreppur	Hæðarendi	80	HE-02		6.71	25	1226	0.54	1816		1.59
Grímsnes- og Grafningshreppur	Eyvík	100	EV-01	25/6/1986	8	22	116.4	0	601		2

Grímsnes- og Grafningshreppur	Reykjanes	78	Hver		9.59	20	27.7	0.4	374		2.4
Grímsnes- og Grafningshreppur	Miðengi	55.3		9/3/2005	6.26	22.9	2460			3.41	0.06
Hveragerðisbær	Hveragerði	135	NLFÍ-02	24/9/1991	8.99	24	55	17.5	651	0	1.665
Sveitafélagið Ölfus	Ölfusdalur	83	HV-02,04	14/2/1984	8.62	23	57.8	7.8	435		0.92
Sveitafélagið Ölfus	Öxnalækur	98	ÖL-01	19/7/1983	6.86	20	119.8	3.08	725	9.2	1.3
Sveitafélagið Ölfus	Kröggólfsstaðir	100	KS-01	5/11/1989	9.32	20	44.83	1.07	808		1.093
Sveitafélagið Ölfus	Eystri-Bakki	100	EB-01	1/8/1995	9.05	25	6.2	0.19	1138		0.552
Sveitafélagið Ölfus	Laugarbakkar	55.4		5/9/2002	9.56	23	33.1	1.414		0.4	0.60
Sveitafélagið Ölfus	Bakki	118	BA-1	2/2/2005	8.86	23	4.73	0.65	1272	3.7	0.51
Reykjavík	Reykjahlíð		MG-35		9.74	23	23.5	1.28		0.022	0.85
Seltjarnarnes		119	SN-06		8.22	22	7.3	0.17	3930	0.0276	0.68
Mosfellsbær	Norðurreykir	92.9		3/2/2003	9.78	18	23.39	1.459			0.86
Vestmannaeyjar	Heimaey	34			6.77	21.6	234	<0,03	17110	6.9	0.34
Kjósahreppur	Hvammsvík	62.3		12/4/2009	9.14	22	22.4	1.86		0.5	5.79
Súðavíkurhreppur	Heydalur	44.3	Galtahryggs- laug í Heydal	7.24.2003	9.96		13.3	**	120	33.9	0.17
Súðarvíkurhreppur	Reykjanes við djúpið	87.1	Ofan sundlaugar	18/7/2003	8.82		2,8	0	1331	5,4	0,16
	Reykjanes við djúpið	93.5	Á hlaði skóla	18/7/2003	8.84		2,5	0	1335	4,6	0,16
Ísafjarðarbær	Reykjafjarðar- laug nyrðri		Kirkjuból	18/8/1977	10		13,4	< 0,1	169		2,06
Árneshreppur	Krossneslaug		Hitaveitubró	30/8/1976	10.3		9.7	0.1	232		3.11

(Sandra Grettisdóttir o.fl., 2009).

15.2. Viðauki II. Örverumælingar á óklóruðu söltu vatni í Sundlaug Húsavíkur.

Taflan hér að neðan sýnir niðurstöður úr sýnatökum á heitum potti í Sundlaug Húsavíkur með óklóruðu söltu vatni frá Húsavíkurhöfða sem gerðar voru af Heilbrigðiseftirliti Norðausturlands.

Dagsetning	Heildargerla- fjöldi við 37°C	Kólígerlar, síun	Saur- kólígerlar	P.aeruginosa	Niðurstaða Heilbrigðiseftirlits
16.5.2006	2600	0		0	Stenst ekki gæðakröfur vegna heildarfjölda gerla við 37°C
1.6.2006	180.000	1	1		-
20.6.2006	<200.000	0		0	-
25-28.7.2007	1 CFU/100 mL			<1 CFU/100 mL	Í lagi
19.9.2006	>20.000				Stenst ekki gæðakröfur vegna heildarfjölda gerla við 37°C
13-15.11.2007	156 CFU/100 mL	<1 CFU/100 mL		32 CFU/100 mL	Ábótavant vegna <i>P.aeruginosa</i>

(Umhverfisstofnun, 2006 og ProMat-rannsóknarþjónusta, 2007).

15.3. Viðauki III. Reglugerð 457/1998 um hollustuhætti á sund- og baðstöðum.

Taflan hér að neðan sýnir þær gæðakröfur sem gerðar eru á örveruinnihaldi í laugavatni.

Mælingar	Eining	Viðmiðunargildi	Hámark	Til athugunar
Gerlafjöldi v/37°C	pr. 100 mL	0 - 500	1000	Regubundin rannsókn
Kólígerlar	pr. 100 mL	0	<1	Nýtt sýni skal rannsakað m.t.t. gerlafj. við 37°C kólígerla og <i>P.aeruginosa</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	pr. 100 mL	0	<1	hafi niðurstöður sýnt gerlafjölda yfir 1000 pr. 100 mL

(Reglugerð 457/1998).

15.4. Viðauki IV. Undanþága frá notkun klórs í setlaug við Sundlaug Húsavíkur.

Eftirfarandi bréf barst til Skrifstofu Norðurþings í júní 2006 og þar kemur fram að undanþága frá notkun klórs í setlaug við Sundlaug Húsavíkur var veitt.

Skrifstofa Norðurþings
Erla Sigurðardóttir
framkvstj. fjölskyldu og þjónustusviðs
Ketilsbraut 17-19
640 Húsavík

Húsavík, 30 júní 2006

Efni: Undanþága frá notkun klórs í setlaug við Sundlaug Húsavíkur.

Vísað er til undanþágu sem Umhverfissráðuneytið veitti Sundlaug Húsavíkur til að vikja frá ákvæði 11. gr. reglugerðar nr. 457/1998 um hollustuhætti á sund og baðstöðum varðandi sótthreinsun vatns með natríumhýpóklóríð eða öðrum viðurkenndum klórgjafa.

Undanþágan, er miðaðist við að ekki yrði notaður klór við eina setlaug, var skilyrt á þann hátt að Heilbrigðisfirlit Norðurlands eystra annaðist sýnatöku á vatninu og að sýnin uppfylltu gæðakröfur varðandi örveruinnihalds í laugarvatni, samanber áður nefnda reglugerð.

Heilbrigðisfirlit Norðurlands eystra hefur tekið þrjú sýni af vatninu og öll hafa þau farið vel yfir viðmiðunarmörk, þrátt fyrir að í öllum tilfellum hafi ekki verið margir gestir í setlauginni.

Það er því niðurstaða Heilbrigðisfirlits Norðurlands eystra að við núverandi aðstæður geti staðurinn ekki uppfyllt settar gæðakröfur, og að þegar í stað skuli vatn viðkomandi potts hreinsað með klóri eins og annað vatn sem Sundlaug Húsavíkur notar í laug og öðrum setlaugum.

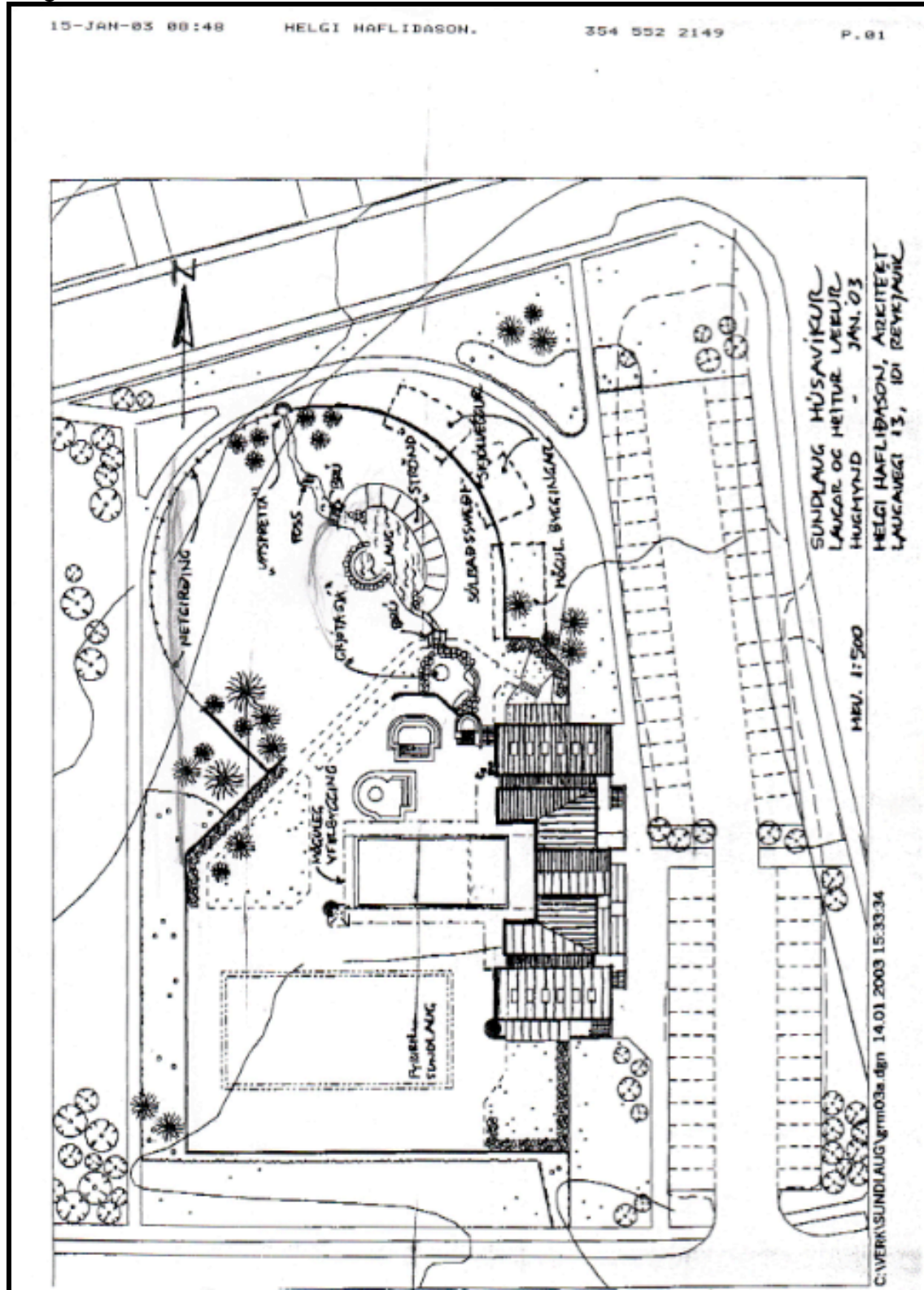
Geti Sundlaug Húsavíkur sýnt fram á að hægt sé að auka gegnumstreymi vatns í viðkomandi pott á þann hátt að uppfylltum gæðakröfum varðandi örveruinnihald vatnsins verði náð, verður málið skodað að nýju.

Virðingarfyllt

Þorkell Björnsson
heilbrigðisfulltrúi

15.5. Viðauki V. Hugmynd að heilsuþaðstað í Sundlaug Húsavíkur.

Myndin hér að neðan sýnir hugmynd að heilsuþaðstað í Sundlaug Húsavíkur eftir Helga Hafliðason arkitekt.



15.6. Viðauki VI. Niðurstöður örverumælinga úr sýnatökum

Eftirfarandi töflur sýna niðurstöður örverumælinga á vatni fyrir og eftir ósoneringu á baðvatni og Butterfields buffer. Einnig eru niðurstöður beinnar sáningar úr næringaræti með *E.coli* í LST, EC og BGLB æti.

Töflur 7 - 11 sýna niðurstöður ósoneringar á baðvatni úr Ostakarínu á Húsavík. Niðurstöðurnar eru úr fyrri sýnatöku, þann 31. mars 2010.

Tafla 7. Baðvatn beint úr Ostakari.

0. sýni (A)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	0	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	0	-	-
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

- = ekki sáð

Tafla 8. Eftir íbætingu 1,5 mL *E.coli* ræktunar í baðvatn.

1. sýni (A)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	4	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 9. Eftir 15 mínútna ósoneringu á baðvatni með 1,5 mL *E.coli*.

2. sýni (A)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	3	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 10. Eftir 30 mínútna ósoneringu á baðvatni með 1,5 mL *E.coli*.

3. sýni (A)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	3	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 11. Eftir 60 mínútna ósoneringu á baðvatni með 1,5 mL *E.coli*.

4. sýni (A)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	3	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Töflur 12 – 16 sýna niðurstöður ósoneringar á baðvatni eftir að 2,0 mL af *E.coli* rækt var bætt út í. Niðurstöðurnar eru úr fyrri sýnatökunni, þann 31. mars 2010.

Tafla 12. Baðvatn beint úr Ostakari.

0. sýni (B)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	0	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	0	-	-
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

- = ekki sáð

Tafla 13. Eftir 2,0 mL íbætingu á *E.coli* út í baðvatn.

1. sýni (B)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	2	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	1	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 14. Eftir 15 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL *E.coli*.

2. sýni (B)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Dynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	1	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	1	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 15. Eftir 30 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL íbætingu *E.coli*.

3. sýni (B)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Dynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	1	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	1	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 16. Eftir 60 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL *E.coli*.

4. sýni (B)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Dynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	1	0	0
5	Einfalt	1:1	1	1	0	0
5	Einfalt	1:10	1	2	0	0
5	Einfalt	1:100	1	2	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Töflur 17 – 21 sýna niðurstöður ósoneringar á baðvatni úr Ostakarinu á Húsavík eftir að 2,0 mL af *E.coli* var bætt út í. Niðurstöðurnar eru úr seinni sýnatökunni, þann 8. apríl 2010.

Tafla 17. Vatn beint úr Ostakari.

0. sýni (C)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	1
5	Tvöfalt	1:1	10	2	0	2
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 18. Eftir 2,0 mL íbætingu á *E.coli* í baðvatn.

1. sýni (C)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	1
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	1
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 19. Eftir 15 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL *E.coli*.

2. sýni (C)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	1
5	Tvöfalt	1:1	10	4	0	1
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 20. Eftir 30 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL *E.coli*.

3. sýni (C)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	1	0	1
5	Tvöfalt	1:1	10	3	0	1
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

- = ekki sáð

Tafla 21. Eftir 60 mínútna ósoneringu á baðvatni með 2,0 mL *E.coli*.

4. sýni (C)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	0	-	-
5	Einfalt	1:1	1	0	-	-
5	Einfalt	1:10	1	0	-	-
5	Einfalt	1:100	1	0	-	-
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	-

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Töflur 22 – 26 sýna niðurstöður ósoneringar á kranavatni úr Ostakarínu á Húsavík eftir að 2,0 mL af *E.coli* var bætt út í. Niðurstöðurnar eru úr seinni sýnatökunni, þann 8. apríl 2010.

Tafla 22. Vatn beint úr krana úr borholu H-1 á Húsavíkurhöfða.

0. sýni (D)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	0	-	0
5	Tvöfalt	1:1	10	0	-	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	0
5	Einfalt	1:10	1	0	-	0
5	Einfalt	1:100	1	0	-	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	0

- = ekki sáð

Tafla 23. Eftir 2,0 mL íbætingu á *E.coli* í kranavatn.

1. sýni (D)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	0
5	Einfalt	1:10	1	0	-	0
5	Einfalt	1:100	1	0	-	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	0

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 24. Eftir 15 mínútna ósoneringu á kranavatni með 2,0 mL íbætingu *E.coli*.

2. sýni (D)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	4	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	0
5	Einfalt	1:10	1	0	-	0
5	Einfalt	1:100	1	0	-	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	0

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 25. Eftir 30 mínútna ósoneringu á kranavatni með 2,0 mL *E.coli*.

3. sýni (D)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	4	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	0
5	Einfalt	1:10	1	0	-	0
5	Einfalt	1:100	1	0	-	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	0

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Tafla 26. Eftir 60 mínútna ósoneringu á kranavatni með 2,0 mL *E.coli*.

4. sýni (D)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	*	0	0
5	Tvöfalt	1:1	10	4	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	-	0
5	Einfalt	1:10	1	0	-	0
5	Einfalt	1:100	1	0	-	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	-	0

* = of gruggugt til að sjá hvort gasmyndun væri jákvæð, sáð úr glasi

- = ekki sáð

Töflur 27 – 30 sýna niðurstöður ósoneringar á Butterfields buffer eftir að 1,0 mL af *E.coli* rækt í næringaræti var bætt út í.

Tafla 27. Eftir 1,0 mL íbætingu *E.coli* í Butterfields buffer.

1. sýni (E)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Dynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	-	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	2
5	Einfalt	1:1	1	0	0	0
5	Einfalt	1:10	1	0	0	0
5	Einfalt	1:100	1	0	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	0	0

- = ekki sáð

Tafla 28. Eftir 15 mínútna ósoneringu á Butterfields buffer með 1,0 mL *E.coli*.

2. sýni (E)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Dynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	-	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	1
5	Einfalt	1:1	1	0	0	0
5	Einfalt	1:10	1	0	0	0
5	Einfalt	1:100	1	0	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	0	0

- = ekki sáð

Tafla 29. Eftir 30 mínútna ósoneringu á Butterfields buffer með 1,0 mL *E.coli*.

3. sýni (E)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	-	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	0	0
5	Einfalt	1:10	1	0	0	0
5	Einfalt	1:100	1	0	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	0	0

- = ekki sáð

Tafla 30. Eftir 60 mínútna ósoneringu á Butterfields buffer með 1,0 mL *E.coli*.

4. sýni (E)						
Fjöldi glasa	Styrkleiki LST	Þynning	Magn sýnis (mL)	Fjöldi jákvæðra glasa LST	Fjöldi jákvæðra glasa EC	Fjöldi jákvæðra glasa BGLB
1	Tvöfalt	1:1	50	-	-	-
5	Tvöfalt	1:1	10	5	0	0
5	Einfalt	1:1	1	0	0	0
5	Einfalt	1:10	1	0	0	0
5	Einfalt	1:100	1	0	0	0
5	Einfalt	1:1000	1	0	0	0

- = ekki sáð

Niðurstöður úr öllum töflum hér að ofan, töflur 7 – 30, gefa MPN < 1 CFU / 100 mL samkvæmt töflum fyrir fjöldaákvörðun *E.coli* í vatni með 5 glasa aðferð. Þetta þýðir að fjöldi saurkólí í 100 mL sé minni en 1 CFU (*e. colony forming unit*) í baðvatninu sem notað var.

Tafla 31 hér að neðan sýnir niðurstöður þegar sáð var beint úr *E.coli* rækt í næringaræti í æti með einföldu LST, tvöföldu LST og EC- og BGLB æti.

Tafla 31.

Sáð úr næringaræti með <i>E.coli</i>				
Fjöldi glasa	Tegund ætis	Þynning	Magn ræktunar (µL)	Fjöldi jákvæðra glasa
3	Einfalt LST	1:1	5-10	0
3	Tvöfalt LST	1:1	5-10	2
3	EC	1:1	5-10	0
3	BGLB	1:10	5-10	0