

Heitt vatn og heilbrigði

-Heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi

Hrefna Kristmannsdóttir og Sigríður Halldórsdóttir

Ritröð Heilbrigðisvísindastofnunar HA nr. 1



Flest samfélög eiga það sammerkt að vilja efla heilbrigði þegna sinna þar sem heilbrigði er jafnan talið til æðstu gæða. Frá fornu fari hefur jarðhiti verið notaður á Íslandi til að efla heilbrigði landsmanna eins og fram kemur í fornsögum. Með tilkomu hitaveitna og ótakmarkaðs og ódýrs heits rennandi vatns breyttist aðstaða til almenns þrífnaðar verulega og segja má að lífshættir Íslendinga hafi traustla breyst meira við aðra einstaka viðburði. Kyndingu með olíu, kolum og gasi fylgir alla jafna verulegur útblástur ýmissa gastegunda og jafnframt fingert ryk og sót sem valdið geta margháttuðum sjúkdómum. Fullyrða má að hitaveituvæðing hefur aukið loftgæði til mikilla muna og ferskara andrúmsloft er ótvíræð lífsgæði og hefur bein áhrif á heilbrigði fólks. Um 90% íslensku þjóðarinnar býr nú við jarðvarmahitaveitur og eru áhrifin á heilbrigði og umhverfi veruleg. Árleg heildarlosun CO₂ á Íslandi er um 45 % lægri en ef kynt væri með olíu. Með tilkomu hitaveitna hættir þrífnaður að vera lúxus forréttindahópa og verður þess í stað lífsgæði hins almenna borgara. Sundlaugamenningin sem þróast hefur á Íslandi er einstök og hvergi í heiminum eru upphitaðar útisundlaugar jafnalgengar og óþekkt að almenningsundlaugar séu reknar við eins lágt útihitastig og hér er. Um 160 sundlaugar eru í rekstri hér á landi og langflestar hitaðar með jarðhita. Það tilskarar um einni sundlaug á hverja 2000 íbúa og lætur nærri að hver landsmaður fari um 15 sinnum í sund á ári. Hitaveituvatn á Íslandi hefur mjög breytilega efnasamsetningu og flokkast sumt undir heilsuvatn samkvæmt slíkum stöðlum og er sambærilegt við vatn í þekktum erlendum heilsuhælum. Heit böð eru notuð með góðum árangri í meðferð ýmissa sjúkdóma s.s. giktarsjúkdóma, húðsjúkdóma og til að lina verki. Heit böð af hæfilegu hitastigi hafa jákvæð áhrif á ósjálfráða taugakerfið, innkirtlakerfið og ónæmiskerfið og leiða til aukins jafnvægis, draga úr meinafræðilegri starfsemi, auka eigin lækningamátt líkamans og styrkja hann gegn innri og ytri áreiti. Mild hreyfing, eins og sund, í 30 mínútur á dag styrkir þar að auki ónæmiskerfið og minnkar líkurnar á ýmsum sýkingum. Þá getur sundferð ásamt hæfilegri dvöl í heitum potti aukið vellíðan og jákvæðar tilfinningar með tilheyrandi jákvæðri virkni á ónæmiskerfið. Heitt vatn minnkar stirðleika sem er eitt af þeim vandamálum sem fólk með gigt glímir við. Við hreyfingu í heitu vatni liðkast fólk og hreyfigetan eykst. Það leiðir svo til aukins styrks, betra jafnvægis, aukins úthalds og betri þyngdarstjórnunar. Mikilvægt hlutverk heita vatnsins varðandi heilbrigði er þó ekki síst fólgið í því að minnka streitu sem er ein öflugasta forvörn gegn sjúkdómum.

Óheimilt er að fjölfalda efni úr þessu riti umfram það sem heimilað er samkvæmt höfundalögum nr. 73/29, maí 1972 með áorðnum breytingum, og samningum sem *Fjölís*, samtök réttshafa, hafa gert.

Heitt vatn og heilbrigði:

Heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi

Ritröð Heilbrigðisvísindastofnunar HA nr. 1

Akureyri, 2008

Útgefandi: Heilbrigðisvísindastofnun HA

Unnið fyrir *Samorku*

ISSN 1670-8040

Heitt vatn og heilbrigði: Heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi

Höfundar:
Hrefna Kristmannsdóttir og Sigríður Halldórsdóttir
Prófessorar við Háskólann á Akureyri

Unnið fyrir SAMORKU



Heilbrigðisvísindastofnun

Efnisyfirlit

INNGANGUR	BLS. 5
HVAÐ ER HEILBRIGÐI?	BLS. 6
Áhrif umhverfispáttá á heilbrigði	BLS. 8
Heilbrigðismarkmið	BLS. 9
JARÐHITI OG HEITAVATNSNOTKUN Á ÍSLANDI	BLS. 9
Nýting jarðhita á Íslandi til eflingar heilbrigðis	Bls. 11
Gerðir vatns í hitaveitum landsins	Bls. 14
Samanburður á efnasamsetningu jarðhitavatns	Bls. 17
Útblástur gastegunda tengdar vinnslu jarðhita	Bls. 18
Flokkun vatns samkvæmt heilsuvatnsstöðlum	Bls. 18.
ÁHRIF HEITS VATNS Á HEILBRIGÐI.....	BLS 21
Tengsl vatnsgerða og heilsubaðmeðferðar	Bls. 23
Samanburður baðhefða á Íslandi og erlendis	Bls. 24
Áhrif heits vatns á verki	Bls. 27
Áhrif heits vatns til slökunar og minnkaðrar streitu	Bls. 27
SAMANTEKT.....	BLS. 29
HEIMILDALISTI.....	BLS. 32
VIÐAUKI: Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi.....	BLS. 42

Yfirlit yfir töflur og myndir

TÖFLUR

<i>Tafla 1. Samanburður á efnasamsetningu salts jarðhitavatns á Íslandi, vatni í Baden-Baden og meðalsjár.</i> [Styrkur í mg/L, nema annað sé tekið fram].....	17
<i>Tafla 2. Vatnsgerðir í stærstu hitaveitum á Íslandi.....</i>	19
<i>Tafla 3. Tengsl sjúkdómsmeðhöndlunar við þá flokka heilsuvatns sem finnast á Íslandi. (Hotta og Ishiguro, 1986).....</i>	200
<i>Tafla 4. Meðhöndlun sjúkdóma með mismunandi gerðum heilsuvatns (Hotta og Ishiguro, 1986).</i>	244
<i>Tafla 5. Markmið með ungbarnasundi.....</i>	277
<i>Tafla 6. Yfirlit yfir jákvæða og neikvæða áhrifaþætti á ónæmiskerfið.</i>	288

MYNDIR

<i>Mynd 1. Sex meginvíddir heilbrigðis [byggt á Sigríður Halldórsdóttir, 2000 bls. 87]</i>	7
<i>Mynd 2. Dreifing jarðhita á Íslandi og einfaldað jarðfræðikort af Íslandi</i>	10
<i>Mynd 3. Snorralaug, kennd við Snorra Sturluson</i>	11
<i>Mynd 4. Heitur pottur nútímans</i>	11
<i>Mynd 5. Laugarmenning í dag</i>	12
<i>Mynd 6. Dr. Edmond Bordeaux Szekely</i>	13
<i>Mynd 7. Kolaryk yfir Reykjavík um 1930 Mynd 8. Perlan í Reykjavík um 1995</i>	14
<i>Mynd 9. Samanburður á heildarstyrk uppleystra efna í jarðhitavatni og íslensku og erlendu ferskvatni</i>	15
<i>Mynd 10. Flokkun íslensks hitaveituvatns eftir Durov flokkunarlínuriti. Mjög mikill breytileiki í efnasamsetningu einkennir íslenskt hitaveituvatn eins og fram kemur á línuritunum</i>	16
<i>Mynd 11. Hlutfall stöðugra samsætna, tvívetni ($\delta^2\text{H}$) á móti súrefni 18 ($\delta^{18}\text{O}$). Regnvatnslína norðurhvelsins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961)</i>	16
<i>Mynd 12. Útblástur gróðurhúsagasa í CO_2 ígildum við vinnslu raforku með mismunandi orkugjöfum (Kristmannsdóttir and Ármannsson, 2003)</i>	18
<i>Mynd 13. Samanburður á hitastigi heilsuþaða í Japan og Evrópu (byggt á Agishi o.fl. 1996)</i>	25
<i>Mynd 14. Notkun heits vatns í endurhæfingu</i>	26
<i>Mynd 15. Kátir krakkar í sundi Mynd 16. Vinkonur í sundi</i>	26
<i>Mynd 17. Sundferð er gulls ígildi</i>	26
<i>Mynd 18. Ungbarnasund Mynd 19. Barnasund (Alsæla í sundi)</i>	27
<i>Mynd 20. Hreyfihringurinn Mynd 21. Áhersla á takmörkun kyrrsetu</i>	27

INNGANGUR

Gústaf Adolf Skúlason aðstoðarframkvæmdastjóri Samorku hafði samband við deildarforseta heilbrigðisdeildar Háskólans á Akureyri um að vinna samantekt um heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi. Heilbrigðisdeild tilnefndi Heilbrigðisvísindastofnun Háskólans á Akureyri (HHA) til að hafa umsjón með verkefninu. Samkvæmt verklýsingu sem gerð var 2008 um verkefnið skal gera samantekt um heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi þegar hitaveitur taka við af kola- og olíukyndikerfum og leggja á það faglegt mat. Horfa skal til þeirra áhrifa sem betur kynt húsakynni, vegna tilkomu upphitunar með heitu vatni, kunna að hafa haft á heilsufar, betri loftgæði, beint og óbeint. Einnig skulu rannsökuð áhrif jarðhitavatns á sundlaugar- og baðmenningu. Gera skal yfirlit yfir mismunandi gerðir jarðhitavatns í hitaveitum landsins og möguleg mismunandi áhrif á heilsufar og notagildi m.a. til heilsubaða. Samantektina skal byggja á fyrirliggjandi tölum og gögnum hjá opinberum aðilum, skýrslum, greinargerðum, rannsóknum og öðru því útgefnu efni sem tiltækt er, ásamt persónulegum viðtölum við fólk.

Við Háskólann á Akureyri hafa á undanförunum árum verið unnin allmörg verkefni sem tengjast þessu viðfangsefni, bæði um eðliseiginleika jarðhita og heilsufarsáhrif jarðhitabaða. Eini prófessor við íslenska háskóla í jarðhitafræðum er starfandi við Háskólann á Akureyri, Hrefna Kristmannsdóttir, og við heilbrigðisdeild skólans hefur verið unnið að rannsóknum á heilbrigði og áhrifaþáttum þess m.a. af Sigríði Halldórsdóttur prófessor og meistaranemum við heilbrigðisdeild. Jafnframt eru tiltæk viðamikil gögn um jarðhita á Íslandi, jarðhitanýtingu, orku- og peningasparnað vegna jarðhitakýndingar og gögn um umhverfisáhrif hjá Orkustofnun, Umhverfisstofnun og Ísor. Höfundar hafa unnið úr þessum tiltæku gögnum og jafnframt hefur Sigríður Halldórsdóttir átt viðtöl við valið úrtak fólks um jákvæð heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar og aukin lífsgæði samfara því. Á árinu 2008 eru 100 ár frá því að húshitun með jarðhita hófst á Syðri-Reykjum í Mosfellssveit og er afmælið tilefni að gerð þessarar skýrslu.



Hrefna Kristmannsdóttir
Prófessor H.A.
hk@unak.is



Sigríður Halldórsdóttir
Prófessor H.A.
sigridur@unak.is

HVAÐ ER HEILBRIGÐI?

Flest samfélög eiga það sammerkt að vilja efla heilbrigði þegna sinna þar sem heilbrigði er jafnan talið til æðstu gæða. Heilbrigði er eitt af yfirlýstum markmiðum heilbrigðisstétta og á heilbrigðisstofnunum víða um land er unnið að auknu heilbrigði landsmanna enda er *heilbrigðisþjónustunni ætlað að styrkja og efla andlegt, líkamlegt og félagslegt heilbrigði* (Lög um heilbrigðisþjónustu, 2007). Heilbrigði er hvort tveggja í senn dýrmætasta eign hvers einstaklings og um leið ein verðmætasta auðlind hverrar þjóðar (Íslensk heilbrigðisáætlun – Tillaga til þingsályktunar). Í stofnskrá Sameinuðu þjóðanna segir m.a. að það sé grundvallarréttur hvers manns að fá að njóta bestu heilsu sem völ er á, án tillits til kynþáttar, trúarbragða, stjórnmálaskoðana, efnahagslegra eða félagslegra aðstæðna. Á undanförunum áratugum hefur heilbrigði Íslendinga gjörbreyst og er nú með því besta sem gerist meðal þjóða.

Heilbrigði hefur verið rannsakað frá mörgum sjónarhólum og er þá gerður greinarmunur á heilbrigði eins og það er metið annars vegar af fagaðilum (objective health) og hins vegar eins og það er metið af einstaklingnum sjálfum (subjective health). Að upplifa heilbrigði hefur margar víddir og mögulegt er að efla heilbrigði með ýmsum aðferðum og jafnframt er hægt að draga úr heilbrigði með ýmsu móti (Sigríður Halldórsdóttir, 2000).

Heilbrigði er eins konar regnhlífahugtak sem felur í sér mörg hugtök svo sem hreysti, lífskraft, jafnvægi, frið, samræmi, ásamt því að vera laus við sjúkdóma og/eða verki. Að vera heilbrigður merkir að vera heill, hraustur, að vera laus við sjúkdóma og líða vel líkamlega sem andlega (Árni Böðvarsson, 1988; Hermann Óskarsson, 2005; Sigríður Halldórsdóttir, 2000). Heilbrigði og vellíðan jafnt sem vanheilbrigði og vanlíðan er flókinn dýnamískur ferill á vogarstöng sem felur í sér líkamlega, sálræna, andlega og félagslega þætti og aðlögunarviðbrögð við innri og ytri áreiti. Grískir lækningar til forna litu svo á að heilbrigði fæli í sér fullkomið líkamlegt jafnvægi. Þegar kraftarnir sem eru frumþættir líkamans væru í algjöru jafnvægi væri einstaklingurinn heilbrigður. Indíánar nýja heimsins álitu heilbrigði felast í tengslunum milli manna, náttúrunnar og hins yfirnáttúrulega. Hinir fornu Kínverjar litu svo á að heilbrigði væri ekki annað en birting lífskrafta líkamans sem kæmi frá allífskraftinum (Edelman & Mandle, 2002). *Skilgreining Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar (WHO) gengur út á að heilbrigði sé ástand fullkominnar líkamlegrar, andlegrar og félagslegrar vellíðunar en ekki aðeins að vera laus við sjúkdóma og heilsubrest* (www.who.int). Margir hafa gagnrýnt skilgreiningu WHO á heilbrigði og hafa bent á að fáir geti talist heilbrigðir samkvæmt þessari skilgreiningu en hún er enn í gildi hjá WHO. Ýmsir fræðimenn hafa sett fram skilgreiningar á heilbrigði og hefur áherslan jafnan verið á að heilbrigði sé ekki einungis það að vera laus við sjúkdóma, heldur sé það jákvæð hæfni til að lifa orkuríku og skapandi lífi og feli í sér að einstaklingurinn leitar líkamlegrar, huglægrar, tilfinningalegrar og andlegrar vellíðunar eða velferlis? (Nordenfelt, 1991, 1989; Pörn, 1993). Ýmsir hafa einnig lagt áherslu á að heilbrigði sé eins og vogarstöng: enginn sé alveg heilbrigður eða sjúkur, en sé í stöðugri breytingu frá sinni bestu mögulegu heilsu til lélegrar heilsu (Allender og Walton Spradley, 2001). Hver einstaklingur hefur sína

skilgreiningu á heilbrigði sem markast af menningu viðkomandi (t.d. Norðurlandabúi og Afríkubúi í miðri Sahara skilgreina líklega heilbrigði á mjög mismunandi hátt), fjárhagsstöðu, siðum og venjum ásamt fyrri reynslu (Tegern, 1994). Skilgreining á heilbrigði sem notuð er í dag í hjúkrunarfræði við heilbrigðisdeild H.A. er svohljóðandi: „Heilbrigði er margþættur veruleiki sem hefur líkamlega, huglæga, félagslega, þjóðfélagslega, tilfinningalega, trúarlega og andlega hlið. Hægt er ýmist að auka eða minnka tilfinningu einstaklings fyrir eigin heilbrigði. Heilbrigður einstaklingur er fær um að uppfylla markmið sín sem tengjast langtímahamingju hans, velferð og vellíðan“ (Sigríður Halldórsdóttir, 2006, bls. 5).

Hvernig svo sem við skilgreinum heilbrigði er ljóst að umhverfisþættir hafa mikil áhrif á heilbrigði einstaklinga, samfélaga og þjóða því heilbrigði byggist á samspili áhrifaþátta erfða og umhverfis, sem annað hvort hjálpa eða hindra einstaklinginn í að uppfylla þarfir sínar og í að ná sinni bestu mögulegu heilsu.

Besta mögulega heilbrigði tengist oft því að fólk getur gert allt sem það þarfnast og þráir, er fullt af lífi og orku, nýtur lífsins til fulls og ekkert angrar það og það er í friði og sátt við sjálft sig og aðra. Heilbrigði má skipta í meginatriðum í fimm megin víddir: Líkamlegt, andlegt, tilfinningalegt, hugrænt og félagslegt heilbrigði. Alla þættina má efla með ýmsu móti bæði hjá einstaklingum og samfélaginu. Segja má að heilbrigði hafi einnig sjöttu víddina en hún lítur að samfélaginu sjálfu þannig að samfélög geta verið heilbrigð eða sjúk (Sigríður Halldórsdóttir, 2000).



Mynd 1. Sex meginvíddir heilbrigðis [byggt á Sigríður Halldórsdóttir, 2000 bls. 87]

Upplifun á heilbrigði er mjög huglæg. Hver einstaklingur hefur tilhneigingu til að sjá sig sem veikan ef:

1. Honum líður illa, 2. Hann hefur einkenni eins og sársauka, 3. Ef hann getur ekki unnið sín daglegu störf. Heilbrigður einstaklingur hefur venjulega einhvern sjúkleika, líkamlegan eða andlegan t.d. minniháttar verki (smá bakverkur, magaverkur, höfuðverkur o.s.frv.). Á sama hátt getur einstaklingur sem er mjög veikur, jafnvel að dauða kominn verið heilbrigður á vissum sviðum, t.d. andlega. Þó að heilbrigði og vanheilbrigði séu þannig huglæg og afstæð hugtök og mörkin milli heilsu og vanheilsu séu oft óljós hefur hver einstaklingur sína skilgreiningu á því og markast sú skilgreining af menningu viðkomandi, fjárhagsstöðu, gildismati hans, venjum og fyrri reynslu. Einstaklingur A getur haft sömu einkenni og einstaklingur B; A getur sagt sig heilbrigðan en B aftur að hann sé veikur.

Áhrif umhverfisþátta á heilbrigði

Ljóst er að lífshættir einstaklinga og umhverfi þeirra ráða miklu um heilbrigði fólks. Það eru fjölmargir ytri þættir sem hafa áhrif á heilbrigði einstaklinga og samfélaga.

Meðal umhverfisþátta sem hafa áhrif á heilbrigði eru þyngdarkrafturinn, ljós og hljóðbylgjur, hitastig, vindhraði, loftþrýstingur, raki, sólargeislun, loftmengun, súrefni, CO₂ og CO magn í lofti, rafsegulmagnssvið, árstíðaskipti og sýklar. Mengað loft, menguð fæða, mengað vatn og aðrir mengunarþættir valda beint eða óbeint fjölmörgum sjúkdómum. Þeir sem flytjast frá einu landsvæði til annars taka t.d. upp krabbameinsmynstur nýja staðarins. Dánartíðni af völdum krabbameins, svo og annarra sjúkdóma, er því mismunandi eftir landssvæðum.

Veðurfræðileg áreiti verða einkum vegna hitastillingarstöðvar undirstúku (hypothalamus) og ósjálfráða taugakerfisins. Árstíðabundnar breytingar hafa áhrif á öll lífeðlisfræðileg kerfi. Á veturna lækkar kalk, magnesíum og fosfat í blóði, starfsemi skjaldkirtilsins eykst, svo og starfsemi nýrnahettuberkjarins. Blóðrauði (hemoglobin) hækkar og magasýruframléiðsla eykst. Þessar breytingar gerast hægt og sýna eiginleika undirstúku til að varðveita varma og orku á köldum vetrarmánuðum. Daglegar breytingar á hita virka sem áreiti og hafa áhrif á einstaklinginn. Áhrif við miklum kulda fela í sér aukna þvaglosun án aukinnar vökvatekju ásamt aukinni framléiðslu á TSH (thyroid-stimulating hormon), aukningu á hvítum blóðkornum og blóðflögum, hækkun á blóðrauða (hemoglobulini), lækkun í sökki og aukinni segaleysingu (fibrinolysis). Gagnstæð áhrif verða við mikinn hita.

Um 90% af loftmengun er frá mannum sjálfum komin. Hækkun á CO í blóði veldur svima, höfuðverk og þreytu. Ef fólk þjáist af hjartasjúkdómum, öndunarfærasjúkdómum eða skorti á blóðrauða (anemíu) er CO mjög hættulegt því það þjáist þegar af minnkandi getu til súrefnisflutnings, lífeðlisfræðilega séð. Auk gastegunda geta svifagnir í lofti valdið heilsubresti og neikvæð áhrif kolaryks á heilsufar manna eru þekkt og vel rannsökuð. Loftmengun er mikið vandamál víða um heim t.d. í Asíu. Margir Kínverjar bíða t.d. mikið heilsutjón af völdum mengunar í ört vaxandi borgum einkum vegna kolaryks. Kolaryk veldur m.a. öndunarfærasjúkdómum eins og astma og lungnakrabbameini (Zhao o.fl. 2008; Luo o.fl., 1996; Finkelman o.fl., 1999). Talið er að hálf milljón Indverja láti lífið á hverju ári af völdum öndunarfærasjúkdóma sem rekja megi til loftmengunar. Sýnt hefur verið fram á marktæk tengsl loftmengunar við hjarta- og æðasjúkdóma þ.á.m. hjartaáföll (viðtal við Þórarinn Gíslason, yfirlækni og prófessor H.Í., 2007). Loftgæði í Reykjavík eru almennt með því allra besta sem gerist í borgum heimsins aðallega vegna

Lítills magns af kolaryki. Þessi auknu loftgæði eru ein eftirsóknarverðustu heilsufarsáhrif heitavatnsnotkunar á Íslandi.

Heilbrigðismarkmið

Heilbrigðismarkmið eru sett fram til að stuðla að og bæta heilbrigði einstaklingsins. Þessu höfuðmarkmiði má skipta í þrjú þætti:

- **Að bæta árum við lífið.** Markmiðið er að ótímabærum dauðsföllum fækki og lífslíkur aukist.
- **Að bæta heilbrigði við lífið.** Markmiðið er að fólkið í framtíðinni eigi fleiri ár sem einkennist af heilbrigði og starfsemi, fólk fái færri sjúkdóma og verði sjaldnar fyrir slysum en áður.
- **Að bæta lífi við árin.** Markmiðið er að heilbrigði aukist og að fleira fólki en nú finnist það vera hraust og stjórnari starfsdegi sínum þannig að því finnist lífið ríkt af reynslu og breytilegum verkefnum (Íslensk heilbrigðisáætlun – Tillaga til þingsályktunar).

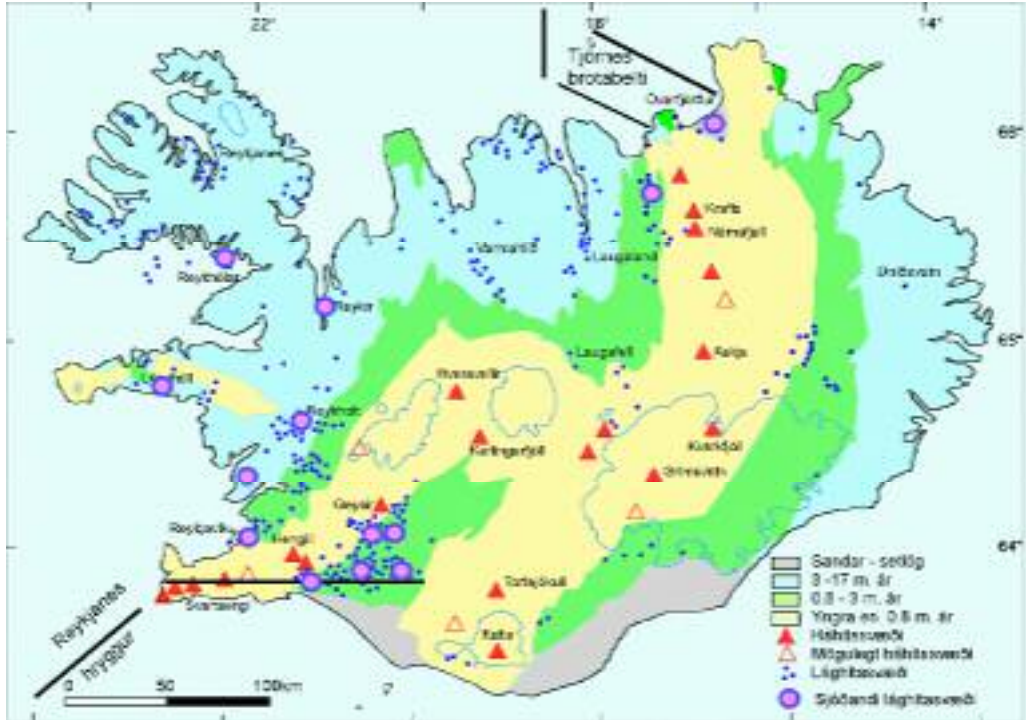
Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin (WHO) hefur sett fram markmið um heilbrigði og þau þrjú markmið sem eru hornsteinar í þessu sambandi eru eftirfarandi:

- **Að stuðla að heilbrigðu lífni.** Áróður fyrir heilbrigðum lífsháttum er nauðsyn í nútímaþjóðfélagi enda hefur verið sýnt fram á að venjur og lífshættir hafa veruleg og oft úrslitaáhrif á heilbrigði einstaklingsins.
- **Að draga úr hættum sem valda heilsutjóni.** Vaxandi athygli beinist að streitu ýmis konar og þeim áhrifum sem hún hefur á andlega líðan og líkamlega sjúkdóma. Fræðimenn eru sammála um að líkamsrækt og líkamleg þjálfun sé undirstaða heilbrigði. Líkamleg þjálfun er nauðsynleg fyrir alla aldurshópa. Breyttar þjóðfélagsaðstæður, atvinnuhættir og færri áreynslutækifæri gera meiri kröfur um líkamsrækt og þjálfun fyrir alla aldurshópa en áður.
- **Að reka heilbrigðiskerfi sem þjónar fólkinu** (WHO, 1992).

JARÐHITI OG HEITAVATNSNOTKUN Á ÍSLANDI

Jarðhiti er mikill á Íslandi, sem stafar af því að varmaflæði er mikið upp á yfirborð og grunnt á heitt berg og kviku, auk þess sem gnægð vatns er til staðar til að nema varmann og flytja hann til yfirborðsins. Jarðhitasvæðin á Íslandi eru staðbundin hringrásarkerfi þar sem kalt grunnvatn hríslast niður í jörðina og nemur varma úr heitu bergi eða kviku, stígur síðan aftur hærra upp í jarðskorpuna og hluti þess kemur fram á yfirborði um sprungur og glufur. Vatnið í jarðhitakerfunum er yfirleitt að uppruna rigningarvatn, en dæmi eru einnig um sjávaruppruna vatnsins. Til að slíkt hringrásarkerfi geti komist á þarf lekt bergsins

að vera nægileg og bergið að vera sprungið. Íslensku jarðhitasvæðin skiptast í háhitasvæði sem öll eru í gosbeltinu og eru yfir 200 °C heit á 1 km dýpi og lághitasvæði sem eru í eldra Kvarter og í Tertíer bergi og eru með hitastig undir 150 °C á 1 km dýpi (Mynd 2).



Mynd 2. Dreifing jarðhita á Íslandi og einfaldað jarðfræðikort af Íslandi.

[Byggt á korti Axels Björnssonar o.fl. (1990) með síðari viðbótum].

Nýting jarðhita til húshitunar í stórum stíl hófst með lagningu hitaveitu frá Þvottalaugunum í Reykjavík árið 1930. Þegar hitaveita var lögð frá Reykjum í Mosfellssveit árið 1943 hófst síðan formlegur rekstur Hitaveitu Reykjavíkur. Í kjölfar olíuverðshækkana á áttunda áratugnum stórkjóst jarðhitaleit og hitaveituvæðing að frumkvæði stjórnvalda. Leiddi það til þess að hlutur jarðhita í orkunotkun við húshitun á landinu jókst úr 43% árið 1970 í nær 90% í dag. Á undanförunum árum hefur aukning jarðhitanýtingar til húshitunar ekki verið mikil, en þó bætast við ein og ein veita. Átak stjórnvalda til jarðhitaleitar á svokölluðum köldum svæðum hefur skilað talsverðum árangri. Nýjasta hitaveitan í þéttbýli, sem er afrakstur þess átaks er á Eskifirði. Ef kynnt væri með olíu hér á landi í stað jarðhita þyrfti rúm 600 þúsund tonn af olíu. Árlegur sparnaður er rúmlega 20 milljarðar á ári miðað við það að kynda með jarðhita í stað olíu. Jafnframt er árleg heildarlosun af CO₂ útblæstri á landinu um 45 % lægri en ef kynnt væri með olíu (Guðmundur Pálmason, 2005).

Um 160 sundlaugar eru í rekstri hér á landi og langflestar, eða um 130 eru hitaðar með jarðhita (Árni Ragnarsson, 2006). Það tilsvavar um einni sundlaug á hverja 2000 íbúa. Miðað við flatarmál er 89% sundlauganna hitað með jarðhita, 7% með rafmagni og 4% með olíu. Hlutur höfuðborgarsvæðisins er um 29% af heildarflatarmáli allra sundlauga í landinu. Aðsókn að sundstöðum hefur aukist á undanförunum árum og nú jafngildir hún því að hver landsmaður fari um 15 sinnum í sund á ári. Ný

sundlaug af meðalstærð notar árlega álíka mikið af heitu vatni og þarf til að hita 80-100 einbýlishús. Þar við bætist að fjöldi Íslendinga hefur sett upp heita potta við híbýli sín og sumarhús.

Nýting jarðhita á Íslandi til eflingar heilbrigðis

Frá fornu fari hefur jarðhiti verið notaður á Íslandi til að efla heilbrigði landsmanna eins og fram kemur í *Íslendingasögum*, *Sturlungu* og *Biskupasögum*. Laugar voru notaðar til að auka hreinlæti, í félagslegum tilgangi og til lækninga. Jón Þorsteinsson bendir á að rómversk baðmenning hafi vafalaust borist til Norðurlanda með víkingum og pílágrímum og Íslendingar hafi átt auðvelt með að tileinka sér hana vegna jarðhitans. Fjöldi lauga og tíðar laugaferðir sem getið er um í ofangreindum ritum benda til að þrífnaður hafi verið í hávegum hafður á söguöld og eitthvað lengur (Jón Þorsteinsson, 2005). Þorvaldur Thoroddsen telur upp nær 700 hverfi og laugar á Íslandi og flestar eru í Árnessýslu og Borgarfirði (Þorvaldur Thoroddsen, 1910; Jón Þorsteinsson, 2005).



Mynd 3. Snorralaug.

[Mynd og umfjöllun er fengin á www.snorrastofa.is]

Snorralaug er líklega ein þekktasta laug frá fyrri tíma. Fyrst er getið um laug í Reykholti í *Landnámu* og í *Sturlungu* kemur hún við sögu á dögum Snorra Sturlusonar (1178-1241) og síðar. Laugin er meðal þeirra fornleifa sem fyrstar voru friðlýstar á Íslandi, árið 1817. Hún er tæplega fjórir metrar í þvermál og 0,70 – 1,0 m djúp. Ofan í hana liggja nokkur þrep og lágt set er meðfram laugarveggjunum. Hún er grafin niður í þetta móhelli sem heldur vel vatni og hlaðin úr tilhöggnu hveragrjóti, sem fengið er í nágrenninu. Vatni er veitt í laugina í lokuðum stökk úr hvernum Skriflu.



Mynd 4. Heitur pottur nútímans.

Í Víga-Glúmssögu segir: Einn dag er menn váru at Hrafnagilslaugu, kom þar Þorvarður. Hann var gleðimaður mikill ok henti at mörgu gaman. Víst er að í nútímapottum eru margir gleðigjafar og sameiginleg sundferð eykur félagsandann og getur, samkvæmt viðmælendum okkar, styrkt félagatengsli (mynd fengin á www.reycup.is).

Jón Þorsteinsson gígtarlæknir telur að Egill Skallagrímsson hafi þjáðst af gígtarverkjum og því þótt gott að fara í heita laug en síðustu orð Egils Skallagrímssonar eru samkvæmt sögunni „vil ek fara til laugar“ (Jón Þorsteinsson, 2005, bls. 617). Margar laugar voru taldar hafa yfirnáttúrulegan lækningamátt og nefnir Jón t.d. Vígðulaug á Laugarvatni, Krosslaug í Lundarreykjadal, Marteinslaug í Haukadal og Sælingsdalslaug í Dölum sem dæmi. Sumar laugar gegndu margþættu hlutverki til forna og er

Lýsuhólslaug dæmi um það en hún var sundlaug, þvottalaug og samkomustaður sveitarinnar. Hún er löngu horfin en heita vatnið sem er ölkelduvatn rennur í skólasundlaugina (Jón Þorsteinsson, 2005).

Í laugum til forna fékk fólk heitt vatn og útiloft, eftirsóknarverða tvennu eins og viðmælendur okkar lögðu áherslu á.



Mynd 5. Laugarmening í dag.

Fyrstur til að lýsa íslenskum laugum svo vitað sé er Dithmar Blefken sem var á Íslandi árið 1563. Hann ritar í bók sína *Islandia*:

Á stað þeim á ströndinni sem heitir Turlockshaven, eru tvær uppsprettur, ólíks eðlis, önnur heit og hin köld. Er vatn leitt úr þeim í baðlaug eina og blandað svo að hæfilegt sé. Er afar heilnæmt að baða sig þar (Blefken, 1946; Jón Þorsteinsson, 2005 bls. 619).

Bók Blefken hafði nokkur áhrif á mynd erlendra manna af Íslandi, einkum í norðanverðri Evrópu. Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson (1772/1974) lýstu mörgum laugum í *Ferðabók* sinni og meðal annarra Laugarneslaug. Þeir skrifa:

Hverinn, sem heita vatnið rennur frá, er all-vatnsmikill og sjóðandi heitur...Baðlaugin er allstór og djúp. Heiti lækurinn frá hvernun rennur í hana, en einnig kalt vatn, sem temprar mjög hitann í lauginni ...einkum er laugin sótt af farmönnum úr Hólminum og starfsfólki Innréttinganna í Reykjavík á laugardags- og sunnudagskvöldum [Tilvitnun hjá Jóni Þorsteinssyni, 2005 bls. 619-620].

Eftir lýsingu Eggerts og Bjarna að dæma var fólkið í Laugarneslauginni á þessum tíma fyrsta íslenska verksmiðjustarfsfólkið því Innréttingarnar var framtak nokkurra Íslendinga, þeirra á meðal Skúla Magnússonar, til að koma á laggirnar verksmiðjuframleiðslu á Íslandi. Starfsemin varð fjölþætt, tók til jarðræktartilrauna, brennisteinsvinnslu, ullarvefsmiðja, litunar, kaðlagerðar, skinnaverkunar, skipasmíða og útgerðar, svo það helsta sé nefnt. Var það án efa eftirsóknarvert fyrir verkafólkið að komast í bað og slökun í heitu vatninu. Eggert og Bjarni voru fyrstir til að lýsa jarðbaðinu í Þjórsárholti. Því var einnig lýst af enskum ferðalangi, John Coles, sem kom ríðandi frá Geysi allur lurkum laminn, flýtti sér í baðið og fann ekki til gíttar upp frá því (Coles, 1882; Jón Þorsteinsson, 2005, bls. 621).



Dr. Edmond Bordeaux Szekely, prófessor í læknisfræði, skrifaði yfir 80 bækur. Hann rannsakaði langlífi víða um heim og hafði þá vinnutilgátu að ástæðan fyrir langlífi Íslendinga væri einkum þrennt: heita vatnið, hreina loftið og ómengið fiskur. Hann var á tíræðisaldri þegar hann ráðgerði ferð til Íslands til að rannsaka betur langlífi Íslendinga en dó sama ár.

Mynd 6. Dr. Edmond Bordeaux Szekely.

Litlum sögum fer um laugar á miðöldum og húshitun með jarðhita hófst ekki fyrr en um 1900 eftir rituðum heimildum. Nokkru áður var þó farið að byggja sundlaugar vítt og breitt um landið og eins og fram kom hér á undan eru nú um 160 sundlaugar í rekstri héraðs (Árni Ragnarsson, 2001). Sú sundlaugamenning sem þróast hefur á Íslandi er einstök og hvergi í heiminum eru upphitaðar útisundlaugar jafnalngar og óþekkt að almenningssundlaugar séu reknar við eins lágt útihitastig og hér er. Lækningar og endurhæfing með jarðhitavatni eru þó ekki mjög útbreiddar né algengar. Fyrsta eiginlega heilsuhælið sem nýtti jarðhitavatn var Heilsustofnun Hveragerðis, sem komið var á fót árið 1955 af Náttúrulækningafélagi Íslands. Bláa lónið hf var svo stofnað árið 1992 og er meginmarkmið stofnunarinnar að vera í forystu um uppbyggingu heilsu- og ferðaþjónustu á Íslandi. Öll starfsemin byggir á sérkennum og eiginleikum jarðsjávarins sem inniheldur steinefni, kísil og þörungum svo og nálægð við jarðsjóinn og einstakt umhverfi hans (The Blue Lagoon committee, 1996).

Uppgröftur í Reykholti sýnir forna hitaveitu, en ekki eru til ritaðar heimildir um húshitun með jarðhita fyrr en um 1900 (Guðrún Sveinbjarnardóttir pers. uppl., Guðmundur Pálmason 2005, Sveinn Þórðarson, 1998). Á Syðri Reykjum í Mosfellssveit hófst húshitun með jarðhitavatni árið 1908 og er það gjarnan talið upphaf hitaveituvæðingar á Íslandi þó heimildir séu um nýtingu jarðhita til upphitunar nokkrum árum fyrr í Borgarfirði (Sveinn Þórðarson, 1998). Leifar eftir mismunandi nýtingu jarðhita sjást víðs vegar um landið-ketilhús/þvottahús, sauðfjárvottahús o.fl. Fyrstu boranir eftir jarðhita voru 1755 þegar Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson fengu hingað jarðnafar danska vísindafélgasins. Um 1930 má segja að jarðhitaboranir hefjist fyrir alvöru með borunum í Þvottalaugarnar í Reykjavík (Axel Björnsson, 2005).

Heilsufarsáhrif vegna kyndingar húsa með jarðhita eru margvísleg. Með tilkomu hitaveitna og ótakmarkaðs og ódýrs heits rennandi vatns breyttist aðstaða til almenns þrífnaðar verulega og segja má að lífshættir Íslendinga hafi trauðla breyst meira við aðra einstaka viðburði. Með tilkomu hitaveitna hættir þrífnaður, einkum persónuleg þríf en einnig þríf á heimilum, að vera lúxus forréttindahópa yfir í að verða lífsgæði hins almenna borgara.

Kyndingu með olíu, kolum og gasi fylgir alla jafna verulegur útblástur ýmissa gastegunda (einkum CO₂, SO₂, NO_x) og jafnframt fíngert ryk og sótt. Þrátt fyrir að Reykjavík hafi verið fremur lítill bær þegar hún var hitaveituvædd bar talsvert á mengun vegna kolakyndingar að vetrarlagi eins og fram kemur á Mynd 7, sem tekin er um 1930 af óþekktum ljósmyndara. Til samanburðar er sýnd mynd yfir Reykjavík (Mynd 8) frá um 1995, sem sýnir Perluna með hitaveitutönkunum og tært og heiðskírt loftið í borginni.



Mynd 7. Kolaryk yfir Reykjavík um 1930.



Mynd 8. Perlan í Reykjavík um 1995.

Eftir að farið var að framleiða heitt vatn á Nesjavöllum með upphitun kalds vatns með háhita berst brennisteinsvetnisgas (H_2S) þaðan til höfuðborgarsvæðisins og veldur nokkurri lyktarmengun að sumra mati. Í háhitagufu er verulegur styrkur brennisteinsvetnis, en styrkur brennisteinsvetnis í andrúmsloftinu er langt undir heilsufarsmörkum hérlandis (Ármannsson and Kristmannsdóttir, 1992, Kristmannsdóttir and Ármannsson, 2003; Umhverfisstofnun, persónulegar upplýsingar).

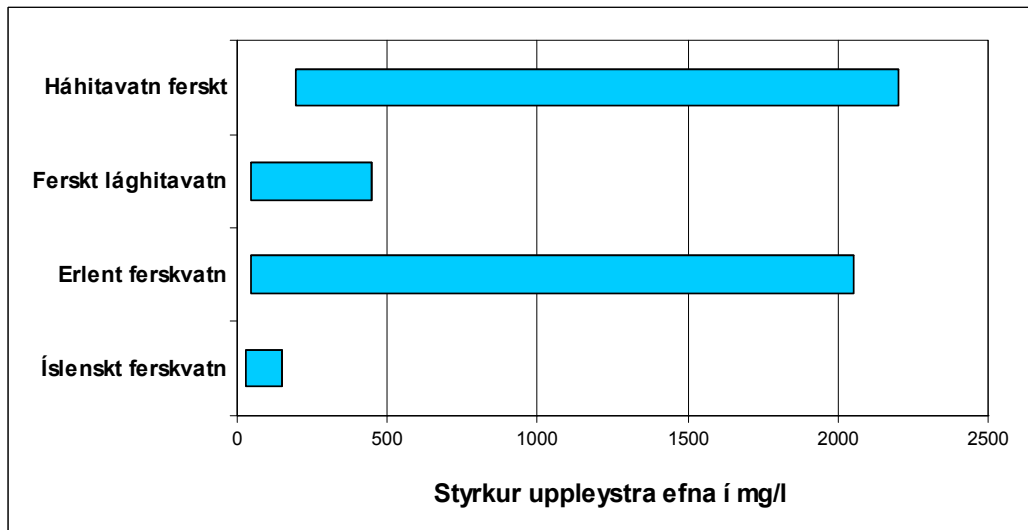
Mat á lífsgæðum er ekki einhlítt, en þar er algengast að beita félagsfræðilegum aðferðum og síðar í skýrslunni eru nokkrar niðurstöður frá slíkum rannsóknum tengdar heitavatnsnotkun og jarðhita. Það sem viðmælendum okkar kom saman um var að til lífsgæða megi telja ótakmarkaðan aðgang að heitu vatni á lágu verði og almennan aðgang að sundlaugum og heitum pottum. Einnig væri ferskara andrúmsloft ótvíræð lífsgæði. Þótt rafkynding sé mengunarlaus þá hefur hún yfirleitt þann ágalla að bein rafkynding þurrkar loft innandyrna og þó að notuð sé raftúpaðferð þá er heitt kranavatn yfirleitt ekki ótakmarkað og nokkurn tíma tekur að hita vatnið upp. Þá er oft önnur efnasamsetning á heita vatninu en upphituðu köldu vatni og getur það verið kostur að minnsta kosti hvað varðar vinnslueiginleika vatnsins til upphitunar (Hrefna Kristmannsdóttir, 2008).

Gerðir vatns í hitaveitum landsins

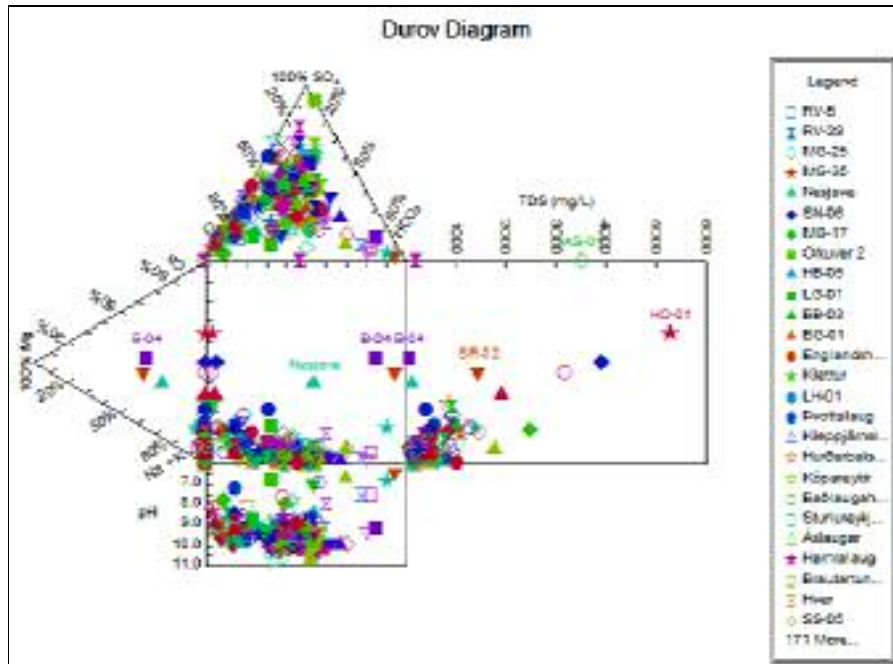
Jarðhitavatn á Íslandi er yfirleitt mjög efnasnautt þar sem það er að öllu jöfnu regnvatn að uppruna og mikið vatn fellur til og lekt berglaga mikil. Á mynd 9 er sýndur samanburður á heildarefnastyrk ósalts jarðhitavatns, bæði lághita og háhita og íslensks og erlends ferskvatns. Íslenska lághitavatnið er yfirleitt efnasnauðara en algengt er með erlent ferskvatn og jafnvel ósalt háhitavatn er álíka efnaríkt og erlent ferskvatn. Á nokkrum stöðum á Íslandi er jarðhitavatn saltblandað og slíkt vatn er notað í nokkrar hitaveitur (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004). Í viðauka 1 (a, b, c, d, e, f,) eru sýndar efnagreiningar á heita vatninu hjá öllum opinberum hitaveitum á Íslandi og í allmörgum smærri veitum. Töflurnar eru að uppistöðu til úr gagnagrunni sem gerður var fyrir vefsíðuna lagnaval.is, en með síðari viðbótum (www.lagnaval.is, lagnaval, 2007, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 2005, 2006). Mjög mismunandi var hversu ítarlegar efnagreiningarnar eru, þar sem í eldri greiningum eru oft aðeins greind svokölluð aðalefni. Aðalefni eru efni sem skipta meginmáli hvað eiginleika vatnsins varðar og eru jafnframt yfirleitt í hærri styrk en þau efni sem kölluð eru snefilefni. Á mynd 10 er sýnt

svokallað Durov flokkunarlínurit yfir hitaveituvatnið, teiknað með forritinu AqQa frá RockWare (2005). Durov línuritið flokkar vatnið eftir hlutfallslegum styrk helstu katjóna (Na+K, Ca, Mg) og anjóna (Cl, SO₄, HCO₃) í sýnunum og eru búin til tvö þríhyrningslínurit fyrir annars vegar hlutfallslegan jafngildisstyrk helstu katjóna og hins vegar hlutfallslegan jafngildisstyrk helstu antjóna. Þessi gröf eru tengd í ferningslaga línurit og það síðan tengt heildarstyrk uppleystra efna og gildi pH. Línuritið sýnir fyrst og fremst hversu breytilegt hitaveituvatn á Íslandi er að efnasamsetningu. Flestallt vatn er alkalíríkt með Na (natríum) sem ráðandi katjón og sumt er kalsíumríkt, með Ca (kalsíum) sem ráðandi katjón. Þegar litið er á flokkun samkvæmt ráðandi anjónum, klóríði (Cl), sulfati (SO₄²⁻) og bikarbónati (HCO₃⁻) er nánast jöfn dreifing yfir allt þríhyrningsgrafið. Þó flestallt vatnið sé efnasnautt þá er dreifing í heildarstyrk uppleystra efna veruleg, frá undir 100 mg/L í upphituðu köldu vatni allt að um 5000 mg/L í saltasta vatninu. Dreifing í sýrustigi er jafnframt mjög mikil, frá 7-11.

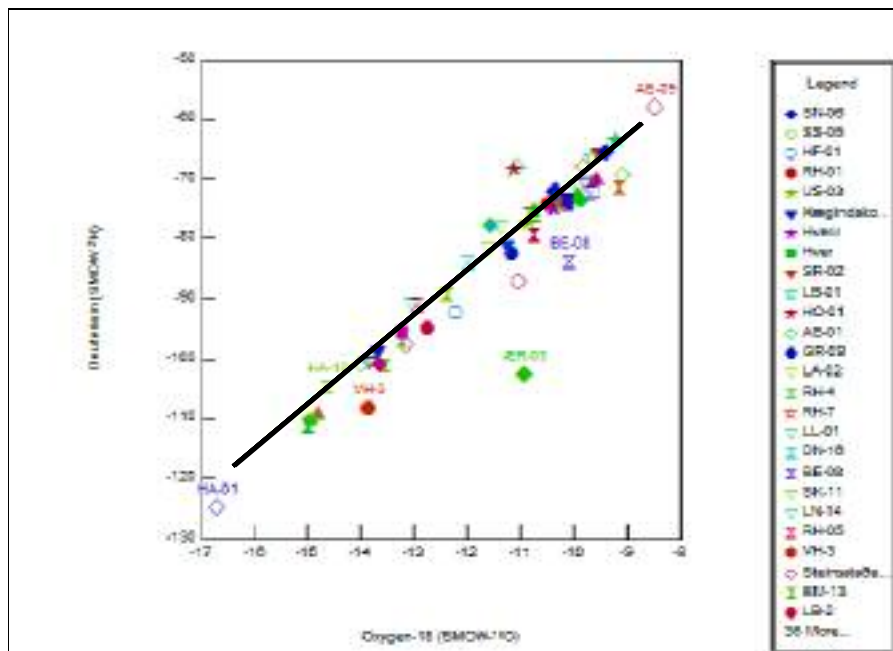
Mynd 9. Samanburður á heildarstyrk uppleystra efna í jarðhitavatni og íslensku og erlendu ferskvatni.



Uppruni jarðhitavatsins er rigningarrvatn og á mynd 11 er sýnt hlutfall stöðugra samsætna vetnis og súrefnis í vatni. Þetta hlutfall sýnir fyrst og fremst uppruna vatnsins og hversu langt frá sjó úrkoman féll sem þau eiga uppruna sinn í. Sýnin raða sér á og við svokallaða regnvatnslínu norðurhvelsins sem sýnir sambandið milli vetnis og súrefnissætna á norðurhveli jarðar. Nokkur sýni falla þó langt utan við og stafar það annars vegar af því að vatnið er mjög gamalt og hins vegar af hvörfum við berg í iðrum jarðhitakerfa (Árný Sveinbjörnsdóttir o.fl., 1995).



Mynd 10. Flokkun íslensks hitaveituvatns eftir Durov flokkunarlínuriti. Mjög mikill breytileiki í efnasamsetningu einkennir íslenskt hitaveituvatn eins og fram kemur á línuritunum.



Mynd 11. Hlutfall stöðugra samsætna í íslensku hitaveituvatni, tvívetni ($\delta^2\text{H}$) á móti súrefni 18 ($\delta^{18}\text{O}$). Regnvatnslína norðrhvælsins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Samanburður á efnasamsetningu íslensks og erlends jarðhitavatns

Íslenskt jarðhitavatn er í mörgum tilvikum svipað og vatn sem notað er á frægum erlendum heilsuhælum. Vatn frá Seltjarnarnesi, Stykkishólmi, Húsavíkurhöfða og í Öxarfirði er talsvert líkt að efnainnihaldi því vatni, sem frá forsögulegum tímum hefur verið notað til baða á þekktum miðevrópskum baðstöðum eins og t.d. Baden-Baden í Þýskalandi (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000, Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Á öllum þessum stöðum hafa psoriasissjúklingar notað vatnið til baða og talið sig hafa bata af. Vatnið hefur jafnframt nýst vel við meðhöndlun annarra húðsjúkdóma og iktsýki. Í Baden-Baden beinist það meðferð einkum að stoðkerfissjúkdómum, það er iktsýki og slitgikt, eftirmeðferð vegna slysa/skurðaðgerða á beinum og liðum, eftirmeðferð vegna lamana, eða það meðferðin er til hjálpar sjúklingum með öndunarvegssjúkdóma (Fresenius og Kußmaul, 1998).

Í töflu 1 er sýndur samanburður á vatni í Baden-Baden og söltu jarðhitavatni á Íslandi. Einnig meðalefnasamsetning venjulegs sjávar. Vatnið í Baden Baden er kaldara en salta jarðhitavatnið í Stykkishólmi, Seltjarnarnesi og í Öxarfirði. Þó selta sé svipuð þá eru hlutföll katjóna ólík, einkum er áberandi hvað magnesíum er miklum mun hærra og kalsíum lægra en á íslensku svæðunum. Lægri brómíðstyrkur og meiri geislavirkni er einnig áberandi. Megindrættir í efnasamsetningu eru þó ótrúlega svipaðir miðað við þann ólíka berggrunn sem vatnið hefur hvarfast við.

Tafla 1. Samanburður á efnasamsetningu salts jarðhitavatns á Íslandi, vatni í Baden-Baden og meðalsjávar. [Styrkur í mg/L, nema annað sé tekið fram].

Staður	Seltjarnarnes SN-12 [”]	Stykkishólmur HO-01#	Öxarfirður Æ-3 [“]	Húsavíkurhöfði ”	Baden-Baden #	Meðal-sjór * ”	Lýsu hól “	Karlovy Vary ^x	Glerá GYN-7 [”]	Hot spring Arkansas [□]
Hitastig °C	107	87	116	70	56	-	45	72	61	61
pH/°C	8,41/21	8,45/23	6,9/22	8,88/23	8,2/20	8,0/25	6,2/25	6,6/20	9,87/21	-
Heildkarb.(CO ₂)	6,8	9,0	23,2	2,1	20,4	102	1145	1927	16,4	119
Brennistv.H ₂ S	0,12	0,07	0,24	0,1	-	-	0	-	0,053	-
Kísill (SiO ₂)	106	73	172	84,8	167	3	212	71,1	75,5	42
Uppleyst efni	3.620	4.260	3.081	3.020	3.115	35.000	2008	6388	178	167
Natríum (Na)	656	731	949	827	851	10.800	417	1713	46,0	4,0
Kalíum (K)	12,9	13,9	46	26,2	32,9	390	30,6	118	0,52	1,5
Magnesíum (Mg)	0,44	0,51	0,31	0,015	58	1.290	27,2	44,0	0,001	4,8
Kalsíum (Ca)	602	1.150	178	237	144	410	100	129	2,45	45
Strontíum (Sr)	2,6	-	7,3	0,85	4,3		0,42	2,0	0,01	-
Flúoríð (F)	0,78	1,07	0,28	0,15	0,6	1,3	4,04	6,2	0,6	0,2
Klóríð (Cl)	1.900	2.920	1.671	1.760	1.442	19.400	78,1	618	11,3	1,8
Brómíð (Br)	6,6	9,9	5,4	6,15	1,6	67	0,03	-	0,04	-
Súlfat (SO ₄)	339	325	99	83	209	2.700	40	1702	33	8,0
Radon Bq/L	1,1	0,016	16,9	3,1	26	-	0,8	7,8	2,6	-

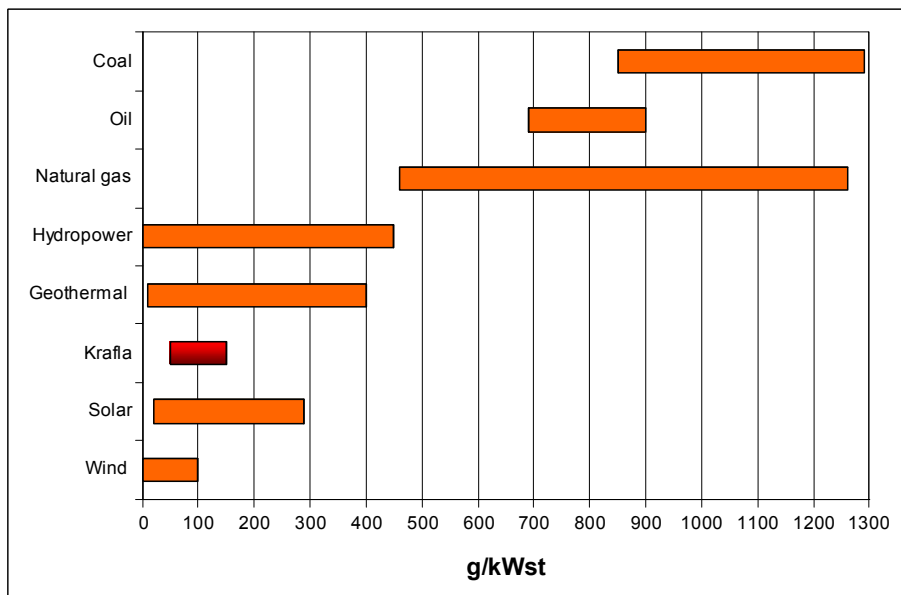
[“] Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, # Ólafur Grímur Björnsson, 2000 * Wedepol, 1969, ^x Paces, 1974, [□] Lund, 1996.

Í töflu 1 er líka sýndur samanburður á heitu kolsýruvatni frá Lýsuhóli á Snæfellsnesi og slíku vatni frá hinu fræga heilsuhæli í Karlovy Vary í Tékklandi. Vatnið er að mörgu leyti svipað en vatnið í Karlovy Vary er saltara og súlfatríkara, sem hefur áhrif á styrk annarra efna. Aftast í töflunni er sýnt vatn frá bandarísku heilsuhæli í Arkansas og til samanburðar vatn úr Eyjafirði, sem hefur svipaðan heildarstyrk uppleystra efna og er að mörgu leyti svipað, þó það hafi jafnframt önnur einkenni.

Útblástur gastegunda tengdar vinnslu jarðhita

Eins og fram kom hér að framan er heildarútblastur CO₂ á Íslandi um 45 % lægri en hann væri ef kynt væri alfarið með olíu í stað kola. Þó fylgir nokkur gasútblastur vinnslu háhita, en aðeins brot af því sem fylgir flestri annarri orkuvinnslu. Þetta kemur vel fram á mynd 12 þar sem borin er saman útblástur gróðurhúsagasa í CO₂ ígildum við vinnslu raforku með mismunandi orkugjöfum.

Mynd 12. Útblástur gróðurhúsagasa í CO₂ ígildum við vinnslu raforku með mismunandi orkugjöfum (Kristmannsdóttir og Ármannsson, 2003).



Helstu gastegundir sem fylgja orkuvinnslu með jarðhita eru CO₂, H₂S, CH₄ og H₂. Heildarútblastur vegna háhitavinnslu er nú um 124 þ tonn á ári og útblástur H₂S um 17 þ tonn árlega (Halldór Ármannsson munnl. uppl.). Tæpur helmingur af CO₂ útblæstrinum er frá Nesjavöllum og Svartsengi, þar sem framleitt er heitt vatn til kyndingar, en rúmlega helmingur útblásturs H₂S. Þessi svæði framleiða jafnframt verulega mikið rafmagn (uppsett afl nær 170 MW) svo útblásturinn er alls ekki einvörðungu tengdur upphitun.

Flokkun vatns samkvæmt heilsuvatnsstöðlum

Í skýrslum um heilsutengda ferðþjónustu hefur jarðhitavatn á Íslandi verið flokkað samkvæmt staðhæfðri flokkun (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000, Ólöf Harpa Jósefsdóttir og Hrefna Kristmannsdóttir, 2005,

Hrefna Kristmannsdóttir, 2008). Flokkunin var byggð á þýsku heilsustaðlaflokkuninni með tilliti til japanskrar flokkunar (Fresenius and Kußmaul, 1998, Agishi et al., 1995). Skilgreining flokkanna var þannig:

- 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 ($\text{Fe}^{(III)}$) 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 ($\sim 40^\circ\text{C}$)

Í erlendum flokkunum er einnig algengt að fram komi:

Joðíðvatn Joðstyrkur yfir 1 mg/L og

Geislavirkt vatn radon í styrk yfir 666 Bq/L

Tafla 2. Vatnsgerðir í stærstu hitaveitum á Íslandi.

Vatnsgerð/Hitaveita	Ferskt vatn	Ölkelduvatn	Brennisteinsv.	Efnaríkt vatn	Flúorvatn
Orkuveita Reykjavíkur	X		X		(X)
Hitaveita Seltjarnarness				X	
Hitaveita Suðurnesja	X				
Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar			X		X
Hitaveita Stykkishólms				X	
Hitaveita Skagafjarðar			X		X
Hitaveita Blönduóss			X		X
Hitaveita Dalvíkur	X				
Norðurorka	X				
Hitaveita Reykjhlíðar	X				
Orkuveita Húsavíkur			X		
Hitaveita Egilsstaða og Fella	X				
Hitaveita Rangæinga					X
Hitaveita Hveragerðis			X		
Hitaveita Selfoss	X				
Hitaveita Þorlákshafnar				X	

Slíkar vatnsgerðir finnast hins vegar ekki á Íslandi þar sem lítið er af geislavirkun efnum og joði í íslenskum berggrunni.

Sé skoðuð efnasamsetning vatns í hitaveitum landsins kemur í ljós að algengast er að vatnið í þeim sé annaðhvort ferskt og falli ekki undir neinn flokk heilsuvatns, eða að það sé brennisteinsríkt vatn. Í nokkrum hitaveitum er efnaríkt vatn, sem er þá saltmengað og einnig er flúorvatn ekki óalgengt. Engin hitaveita notar járnríkt vatn, en verið er að athuga byggingu hitaveitu í Grundarfirði, sem mun nýta kolsýruvatn, sem reyndar er líka saltmengað.

Í töflu 2 eru sýndar vatnsgerðir í stærri opinberum hitaveitum hvað varðar flokkun í heilsuvatn. Undir Orkuveitu Reykjavíkur er höfuðborgarsvæðið, en aðrar veitur í eigu fyrirtækisins eru sundurliðaðar sérstaklega. Flúorvatn á veitusvæði Orkuveitunnar er einungis í Hvammsvík og því sett í sviga. Þess ber að geta að vatn sem flokkast sem "ferskt vatn" samkvæmt heilsuvatsflokkun getur verið nægilega saltblandað til að hafa áhrif á vinnslueiginleika hvað hitaveitunot varðar, þ.e. aukna hættu á tæringu komist súrefni í vatnið og aukna útfellingahættu. Þetta á t.d. við um vatnið í Selfossveitum.

Tafla 3. Tengsl sjúkdómsmeðhöndlunar við þá flokka heilsuvatns sem finnast á Íslandi (Hotta og Ishiguro, 1986).

Vatnsgerð	Meðferð við:	Möguleg óhagstæð áhrif
Efnaríkt vatn: Natríum klóríð gerð	Endurhæfing eftir skurðaðgerðir, gigtveiki, líkamssár, ófrjósemi, liðagigt, háþrýstingi. Inntaka gagnast við meltingartruflunum.	Óhófleg drykkja vatnsins er óhagstæð fyrir fólk með háan blóðþrýsting og hjartasjúkdóma.
Karbónat vatn: kalsíum/magnesíum gerð	Þrálátar meltingartruflanir, ofnæmi, þrálátir húðsjúkdómar. Inntaka gagnast við sykursýki, gallsteinum, blöðrubólgu og þvagsýrugigt.	Óhófleg drykkja vatnsins er óhagstæð fyrir fólk með háan blóðþrýsting eða meltingarsjúkdóma.
Karbónat vatn: natríumbíkarbónatgerð	Sykursýki, þvagsýrugigt, eiturlyfjasýki, gallsteinum, bronkitis og gefur heilbrigðan litarhátt.	
Brennisteinsvatn(H ₂ S)	Mýkir húð og sótthreinsar. Virkar á hjartasjúkdóma, æðakölkun og bronkitis.	Ekki fyrir viðkvæma húð. Forðist sápunotkun samhliða. Fellur á málma. Fólk með niðurgang má ekki drekka slíkt vatn.
Ferskt jarðhitavatn	Gigtveiki, taugahvoti, beinbroti, líkamssárum, blóðrásarvandamálum, háþrýstingi, húðsjúkdómum. Inntaka gagnast við meltingartruflunum og þreytu	

Eins og fram kemur í töflu 4 hér að aftan þá er heilsuvatn af mismunandi gerðum talið nýtilegt til meðhöndlunar á ýmsum sjúkdómum og auk eiginlegs heilsuvatns er ferskt jarðhitavatn talið gagnlegt til ýmiss konar heilsumeðhöndlunar.

Í töflu 3 er litið sérstaklega á þá flokka heilsuvatns sem íslenskt jarðhitavatn fellur undir og gerð samantekt um tengsl sjúkdóma og heilsuvatns. Ekki hafa fundist áreiðanlegar upplýsingar um gagnsemi flúorríks vatns í japönsku heimildunum, en við skoðun á þýskum heimildum má leiða líkur að því að það sé notað við stoðkerfissjúkdóma og jafnvel blóðrásarvandamál, en hvergi er beinlínis talað um virkni þessa efnis eins og sér (Fresnius o. fl., 1995).

ÁHRIF HEITS VATNS Á HEILBRIGÐI

Heitt vatn hefur mikil jákvæð áhrif á heilbrigði Íslendinga og er þar bæði um bein og óbein áhrif að ræða. Heita vatnið hefur áhrif á ræktun grænmetis sem er undirstaða í góðri næringu. Ekki síður hefur það áhrif í rekstri sundlauga um allt land sem fullyrða má að hafi meiri og betri áhrif á heilbrigði Íslendinga en margir átta sig í fljótu bragði á. Ekki aðeins vegna aukins hreinlætis barna og raunar allra aldurshópa sem þær sækja, heldur einnig vegna þess að heitu pottarnir hafa lengi verið „samkomuhús“ fjölda einstaklinga þar sem þeir sækja félagsskap, slökun og endurnýjun. Það er ekkert síður þessi félagslegi þáttur sem mörgum viðmælenda okkar var tíðrætt um.

Niðurstöður rannsókna sýna að vatnsböð hafa merkjanleg og vel mælanleg áhrif á mannlíkamann, einkum heit böð (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Þessi áhrif eru á stoðkerfi, hjarta- og æðakerfi, nýrnastarfsemi, lungnastarfsemi, tauga- og hormónastarfsemi, blóðfrumur og blóðstorknun og víðar (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Eins og fram kemur í riti Ólafs:

Þessi áhrif koma fram í stoðkerfi, hjarta- og æðakerfi, nýrnastarfsemi, lungnastarfsemi og tauga- og hormónastarfsemi og sjást í blóðfrumum/blóðflögum og blóðstorknun og víðar. Þekkt er að léttara er að hreyfa sig í vatni og einkum söltu vatni og því er það notað við endurhæfingu, öldrunar-lækningar og meðhöndlun á iktsýki. Í mjög heitu vatnsbaði (> 42 °C), eykst hjartsláttarhraði mikið, og styrkur sumra hormóna í blóði eykst m.a. β-endorphins, sem er ávanamyndandi og hefur morfínlíkar líkamsverkanir. Vegna þess hve líkaminn flýtur vel í vatni henta æfingar í sundlaug vel sem endurhæfing eftir ýmsa sjúkdóma og aðgerðir og við giktarsjúkdómum. Einnig auðveldar það öndun hjá ýmsum lungnasjúklingum. Gegndræpileiki heilbrigðrar húðar fyrir uppleystum efnum í baðvatni er lítill. Bað í steinefnaríku vatni hefur þó eins og alkunna er reynst vel fólki með húðsjúkdóma svo sem psoriasis. Hjá sjúklingum með psoriasishúðskellur hefur þó fundist vottur af efnum úr baðvatni í blóði eftir langvarandi böð, og þar á meðal er brómíð, sem hefur róandi áhrif á fólk og gæti skýrt góð áhrif baða í Dauðahafinu á psoriasissjúklinga, en vatn Dauðahafsins er brómíðríkt. Böð í súru og heitu vatni hafa reynst vel gegn vissri tegund af exemi. Lútkennt og brennisteinsríkt hveravatn hefur slímlosandi áhrif í öndunarvegum, og öndun gufu frá slíku vatni getur því verið gagnleg sjúklingum með slímkennt astma. Vel þekkt er aukin hitatilfinning og mýkt

húðar eftir súlfatböð og leirböð miðað við böð í kranavatni (e. t. v. stöðva söltin starfsemi svitakirtla og þannig húðkælingu).

Vegna þess hve líkaminn flýtur vel í vatni henta æfingar í sundlaug vel sem endurhæfing eftir ýmsa sjúkdóma og aðgerðir og við giktarsjúkdómum. Einnig auðveldar það öndun hjá ýmsum lungnasjúklingum. Bað í steinefnaríku vatni hefur eins og alkunna er reynst vel fólki með húðsjúkdóma svo sem psoriasis. Vegna uppdrifsins í vatni hvílir líkami í vatni minna á stoðkerfinu en ella, og æfingar í sundlaug henta mjög vel sjúklingum, sem eru lamaðir eða eru þjáðir af slitgikt eða iktsýki eða hafa gengist undir skurðaðgerðir á útlimum eða hafa orðið fyrir slysum. Sjúklingar með astma og lungnaþembu eiga erfitt með að anda frá sér vegna þrengsla í öndunarvegi. Sé staðið í vatnslaug upp að höku, hvílir efri hluti líkamans, sem er í vatninu og ofan þindar, minna á þindinni en annars væri, og það léttir þindaröndunina (þáttur þindarinnar í að pressa lungun saman eykst), auk þess sem vatn þrýstir á brjóstakassa og kviðarhol (og enn meira á kviðarhol en brjóstakassa, því það fyrrnefnda er dýpra í lauginni), og það auðveldar einnig útöndun. Lútkennt og brennisteinsríkt hveravatn hefur slímlosandi áhrif í öndunarvegum, og öndun gufu frá slíku vatni getur því verið gagnleg sjúklingum með slímkennt astma. Heilsubaðmeðferð er oftast annar kostur á meðferð og notað á ólæknalega sjúkdóma þar til búið er að finna upp virk lyf, sem þá koma í staðinn.

Vatnsþrýstingur eykst um 0,1 loftþyngd við hvern metra af vatnsbaðsdýpi, og setbaðspottar eru einmitt um metersdjúpir. Þessi þrýstingsaukning miðað við andrúmsloft (loftþrýstingur er 1 loftþyngd) er vel merkjanleg á mannlíkamann, þegar setið er í þannig baði til lengdar (> 1 klst.), og jafnvel þótt öll sú þrýstingsaukning (10%) verki aðeins á þá líkamshluta, sem liggja dýpst í baðinu (fætur og fótleggir). Blóði er þrýst úr útlimum í kviðarhol og brjósthol, sem verða við það blóðfyllri. Þind þrýstist upp á við, lungu stífna, lofthol lungna minnka, og gegn vatnsþrýstingi þurfa öndunarvöðvar rifja og þindar að vinna við innöndun. Við þessar aðstæður hefur mælst um 700 ml blóðaukning í brjóstholi; 1/4 af því blóði var í hjarta, og blóðþrýstingur í hægra forhölf hjartans jókst um sem svarar 13 mmHg. Athuganir sýna, að í þannig setbaði verður aukning í afkastagetu hjartans, háráðar í húð og æðar í vöðvum útvíkkast, og aukið blóðstreymi er um þessar æðar. Útskilnaður í þvagi á vatni og söltum (einkum natríum, kalíum og klóríði) eykst. Þrýstingur og varmi vatnsins valda þessu, og nú er verulega vitað um þá hormónastjórn, sem tengist þessum áhrifum (Ólafur Grímur Björnsson, 2000).

Þótt heilsuhæli byggð á baðlækningum eigi sér langa sögu virðast tengsl vatnsgerða við sjúkdómsmeðferð oft ekki vera mjög skýr og ekki mikið um vel rökstudd rannsóknarverk, sem sýna fram á á óbyggjandi hátt að efnasamsetning skipti höfuðmáli við lækningu á ákveðnum sjúkdómum. Við hátt hitastig baðvatnsins (> 38 °C) eykst öndunartíðni og útskilnaður koltvíoxíðs í útöndunarlofti, og þvag verður lútkennt (respiratorísk alkalosis). Einnig eykst hjartsláttur og jafnvel blóðþrýstingur. Magn þess þvags, sem myndast, er hins vegar háð vatnsþrýstingi baðsins og er því meira sem vatnsdýpt þess (vatnsþrýstingur) er meiri. Steinefnainnihald vatnsins breytir hins vegar engu um þessa líffærastarfsemi. Við enn aukna upphitun líkamans eins og getur orðið í röku gufubaði eða mjög heitu vatnsbaði (> 42 °C), eykst hjartsláttarhraði mikið, og styrkur sumra hormóna í blóði eykst svo sem noradrenalíns, adrenalíns,

vaxtarhormóns, kortisóls, renins, ACTH, mjólkurhormóns og β -endorphins. Einnig breytist styrkur blóðstorkufaktora svo sem plasminogen-activator-inhibitors, sem veldur aukinni blóðstorku. Í mjög heitu vatnsbaði er einnig hættu á blóðþrýstingshækkun.

Sjúklingar með astma og lungnaþembu eiga erfitt með að anda frá sér vegna þengsla í öndunarvegi. Sé staðið í vatnslaug upp að höku, hvílir efri hluti líkamans, sem er í vatninu og ofan þindar, minna á þindinni en annars væri, og það léttir þindaröndunina (þáttur þindarinnar í að pressa lungun saman eykst), auk þess sem vatn þrýstir á brjóstakassa og kviðarhol (og enn meira á kviðarhol en brjóstakassa, því það fyrrnefnda er dýpra í lauginni), og það auðveldar einnig útöndun. Lútkennt og brennisteinsríkt hveravatn hefur slímlosandi áhrif í öndunarvegum, og öndun gufu frá slíku vatni getur því verið gagnleg sjúklingum með slímkennt astma. Heilsubaðmeðferð er oftast annar kostur á meðferð og notað á ólæknanlega sjúkdóma þar til búið er að finna upp virk lyf, sem þá koma í staðinn (Ólafur Grímur Björnsson, 2000).

Heit böð hreinsa húðina, fjarlægja óhreinindi, ryk, bakteríur og jafnvel ertandi og eitruð efni. Þetta þýðir minnkaða útbreiðslu smitsjúkdóma, eitrunaráhrif í atvinnulífinu minnka og það er betra loft á heimilum, í skólum og á vinnustöðum. Heit böð örva húðina og bæta starfsemi hennar, en hlutverk húðarinnar sem eitt af aðal hreinsitækjum líkamans, er mikilvægt. Heit böð auka almenna vellíðan sem getur haft mikil og jákvæð áhrif á geðheilbrigði. Heitt vatn eykur sundiðkun sem oft er besta hreyfing fyrir ýmsa hópa s.s. þau sem þjást af giktarsjúkdómum. En hvers vegna er hreyfing mikilvæg?

Rannsóknir sýna að regluleg hreyfing minnkar líkurnar á:

- Hjarta- og æðasjúkdómum
- Sykursýki af tegund II
- Ristilkrabbameini
- Brjóstakrabbameini
- Stoðkerfisvandamálum
- Geðröskun, s.s. þunglyndi, kvíða og streitu.
- Ofþyngd

Umfram allt eykur hreyfing lífsgæði, þ.e. líkurnar á að lifa lengur, heilbrigðara og hamingjuríkara lífi. Ávinningurinn er mestur fyrir kyrrsetufólk sem byrjar að hreyfa sig reglulega (Lýðheilsustöð, 2008).

Tengsl vatnsgerða og heilsubaðmeðferðar

Varðandi áhrif mismunandi efnainnihalds vatns við heilsubaðmeðferð þá er eins og fram hefur komið erfitt að fá vísindalega rökstuddar upplýsingar um tengsl efnasamsetningar vatns og meðferðareiginleika og áhrif mismunandi jarðhitavatns á ákveðna sjúkdóma (Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Þær fáu vönduðu læknisfræðilegu athuganir sem til eru benda til þess, að sá árangur, sem næst við meðhöndlun stoðkerfissjúklinga með baðlækningum, sé óháður steinefnainnihaldi baðvatnsins. Eðlisfræðilegir eiginleikar vatnsins (varmi og vatnsþrýstingur) og hvíld sjúklinganna hefur þar mest og ef ekki allt að segja. Stærstur hluti sjúklinga, sem nú nýtur baðlækninga, hefur einhvers konar stoðkerfissjúkdóma. Þar

næst koma sjúklingar með húðsjúkdóma, einkum psoriasis og exem. Þá hafa böð í heitu og súru vatni reynst vel gegn vissri tegund af exemi. Böð í söltu vatni (jarðsjó) eru notuð til að eyða húðskellum vegna psoriasis-sjúkdómsins, en orsakasamhengið er ekki þekkt að fullu. Líklegt er að þar eigi bæði þátt lægra sýrustig í salta vatninu en í fersku jarðhitavatni og hár styrkur uppleystra efna. Lægra sýrustig er heppilegt þar sem það er nær sýrustigi líkamans og þurrkar því húðina minna. Í *töflu 4* er sýnd japönsk samantekt á hvers konar vatn hefur verið notað við meðhöndlun mismunandi sjúkdóma og vekur athygli hversu algengt er að notað sé “ferskt jarðhitavatn”.

Tafla 4. Meðhöndlun sjúkdóma með mismunandi gerðum heilsuvatns (Hotta og Ishiguro, 1986).

Vandamál	Gerð vatns
Blóðleysi	Drekka: Járnrikt, karbónat, sulfatvatn.
Lungnapípu vandamál Astma	Baða sig í: Brennisteinsríku, natríumklóríðvatni með natríumbíkarbónati. Anda að sér gufu og skola kverkar.
Blóðrásarvandamál	Baða sig í: fersku jarðhitavatni, ölkelduvatni, brennisteinsríku, sulfíðvatni. Drekka sulfatvatn, natríumklóríðvatn.
Sykursýki, þvagsýrugigt	Baða sig í: brennisteinsríku, súru vatni. Drekka: sulfatvatn, geislavirkt vatn.
Sár á líkama	Baða sig í: fersku jarðhitavatni, ölkelduvatni, natríumbíkarbónat-, kalsíumsulfat-, natríumklóríðvatni.
Gallsteinar	Baða sig í: fersku jarðhitavatni, natríumbíkarbónat-, sulfat-, geislavirku vatni. Drekka: natríumbíkarbónat, sulfat, geislavirkt vatn.
Hörðnun slagæða, lömun	Baða sig í volgu: fersku jarðhitavatni, ölkelduvatni, sulfatríku, brennisteinsríku, geislavirku vatni.
Gyllinæð	Baða sig í: fersku jarðhitavatni, natríumklóríð, (lágur styrkur), ölkelduvatni, bíkarbónat, sulfat, járn-, brennisteinsríkt, geislavirkt, súrt vatn.
Taugahvot, gigtveiki	Baða sig í heitu: fersku jarðhitavatni, natríumklóríð, sulfat, járn-, brennisteinsríku, geislavirku, súru vatni.
Taugaveiklun	Baða sig í volgu vatni mjög lengi.
Offita	Baða sig í: sulfat, brennisteins, bíkarbónatvatni. Drekka: sulfat, brennisteinsríkt, bíkarbónat vatn. Sandbað er einnig áhrifaríkt.
Húðsjúkdómar	Baða sig í: súru, bíkarbónat, brennisteins, sulfat, natríumklóríð, fersku jarðhitavatni.
Magasjúkdómar	Drekka: natríumklóríð-, ölkelduvatn, natríum eða kalsíumsulfatvatn, súrt, járn-sulfat, geislavirkt vatn.

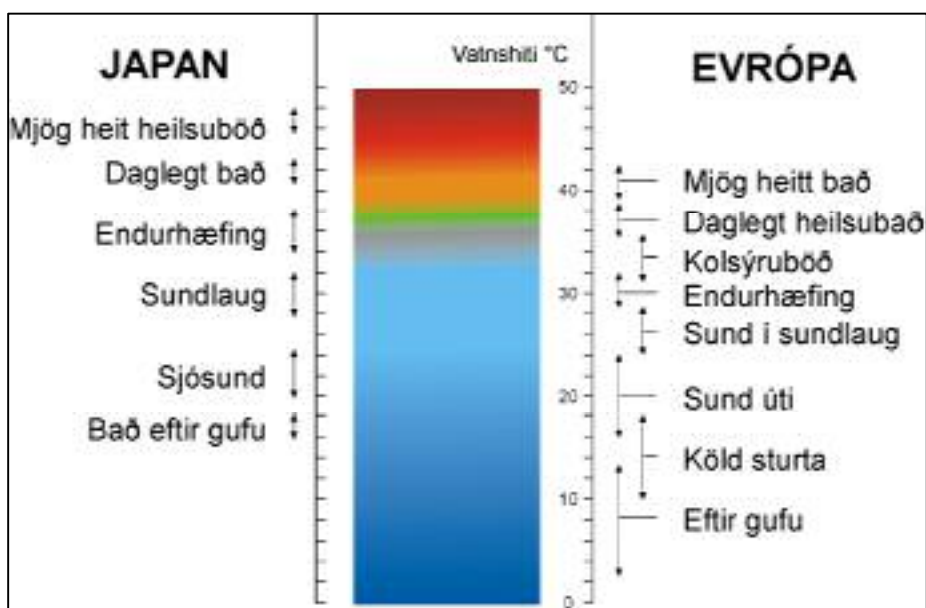
Samanburður baðhefða á Íslandi og erlendis

Þótt því hafi verið haldið fram að ekki sé nein baðmenning á Íslandi ámóta þeirri sem þróast hefur í Mið-Evrópu og í Japan þá hafa Íslendingar allt frá landnámsöld baðað sig í heitum laugum og notað heitt vatn í lækningaskyni eins og fram hefur komið í skýrslunni. En baðmenning er ólík eftir löndum. Mið-Evrópubúar

og Þjóðverjar eiga sér mikla hefð í þessum efnum, sama er að segja um Rússa, Japana og ýmsa aðra Asíubúa. Jarðhitaböð hafa mælanleg áhrif á líkamsstarfsemi og eru áhrif hita og þrýstings á starfsemi ýmissa líffæra vel þekkt og mælanleg, en erfiðara er að sanna áhrif mismunandi efnasamsetningar baðvatnsins. Hafið er yfir allan vafa að baðlækningar eyða stundum sjúkdómseinkennum en ekki er unnt að fullyrða að baðlækningar lækni sjúkdóma þannig að þeir séu þar með að öllu upprættir. Þó áhrif hita og þrýstings á starfsemi líkamans séu vel þekkt þá virðast hefðir og menning einnig skipta máli fyrir hitastig baða sem beitt er í baðlækningum og þær aðferðir sem beitt er við meðferð sjúklinga á mismunandi stöðum í heiminum er mjög mismunandi einnig hvað hitastig og lengd einstakra baða og heildarmeðferð varðar (Agishi et al., 1996, Ólafur Grímur Björnsson, 2000). Dæmi um þetta er á mynd 13, sem sýnir samantekt um mismunandi hitastig baða við heilsubaðmeðferð í Japan og Evrópu. Myndin er unnin upp úr töflu í japönsku læknisfræðitímariti og þar er einnig rætt um áberandi mismunandi hitaþol manna af mismunandi kynþáttum.

Augljóslega þola Japanir mun hærra hitastig, en köldustu böðin eru líka mun heitari en algengt er í Evrópu. Lengd baða er einnig mismunandi. Þannig standa heitustu japönsku böðin, 47°C, einungis yfir í 3 mínútur í einu, en oft á dag. Algengara er að í Evrópskum heilsuhælum taki hvert bað lengri tíma en séu þá einungis einu sinni á dag, tvisvar til þrisvar í viku. Ekki er algengt að notuð séu leirböð eða jarðvegsböð í Japan og þar er ekki mikið um drykkjarkúra né áherslu á loftslag eða ferskt loft. Stelling sjúklinga meðan á böðum stendur er líka ólík og heildarlengd meðferðar er heldur styttri að meðaltali í Japan en í Evrópu. Sams konar upplýsingar um baðmeðferð í öðrum Asíulöndum en Japan hafa ekki fengist. Varðandi Bandaríkin þá virðist vera lítið um eiginlega læknismeðferð með heilsubaðum en því meira um afslöppun og afþreyingarmeðferð (Ólafur Grímur Björnsson, 2000).

Mynd 13. Samanburður á hitastigi heilsubaða í Japan og Evrópu (byggt á Agishi o.fl. 1996).





Það var álit viðmælanda okkar og eigin reynsla þeirra að sundferð auki tilfinningu um heilbrigði, hvort sem fólk er ungt eða gamalt, fatlað eða ófatlað.

Mynd 14. Notkun heits vatns í endurhæfingu.

Þeir sem sækja sund geta einnig aukið *félagslegt heilbrigði* sitt með leikjum eða með spjalli við aðra.



Mynd 15. Kátir krakkar í sundi.

(Myndin er fengin á www.doktor.is)



Mynd 16. Vinkonur í sundi.

(Myndin er fengin á www.lagafellsskoli.is)

Heit böð af hæfilegu hitastigi hafa jákvæð áhrif á ósjálfráða taugakerfið, innkirtlakerfið og ónæmiskerfið og leiða til aukins jafnvægis, draga úr meinafræðilegri starfsemi og auka eigin lækningamátt líkamans og styrkja hann gegn innri og ytri ógnunum (Agishi & Ohtsuka, 1998). Mild hreyfing, eins og sund, í 30 mínútur á dag styrkir þar að auki ónæmiskerfið og minnkar líkurnar á ýmsum sýkingum svo sem sýkingum í efri loftvegum (kvef o.þ.h.) (Nieman, 2007). Þá getur sundferð ásamt hæfilegri dvöl í heitum potti aukið vellíðun og jákvæðar tilfinningar með tilheyrandi jákvæðri virkni á ónæmiskerfið (Marstrand, Pressman & Cohen, 2007).



Mynd 17. Sundferð er gulls ígildi

[Myndin er fengin á www.doktor.is]

Ungbörn geta líka notið sundferða og margir íslenskir foreldrar fara með börnin sín í ungbarnasund en heita vatnið skapar gott hreyfiumhverfi fyrir ungbarnið þar sem það getur fengið útrás fyrir hreyfiþörf sína og hreyfiþroski þess þar með örvast og styrkst. Heita vatnið skapar einnig umfjörð fyrir styrkingu á tengslamyndun milli barns og foreldra. Samkvæmt félagi ungbarnasundkennara er tilgangur og markmið með ungbarnasundi að veita markvissa örvun og aðlögun barna á aldrinum 0 - 2 ára í vatni. Samkvæmt heimasíðu þeirra (<http://www.ungbarnasund.is/busli/content/view/22/31/>) er markmið með ungbarnasundi að gefa foreldrum möguleika á með markvissri vinnu:

Tafla 5. Markmið með ungbarnasundi

- *Að venja barn við vatn og köfun, auka sjálfstraust og virðingu barnsins í vatni.
- *Að barnið finni fyrir öryggi og líði vel í sundi.
- *Að venja barn við vatn sem hreyfiumhverfi.
- *Að barnið fái útrás fyrir hreyfiþörf sína og örvi þar með hreyfiþroska og styrk.
- *Að venja barn við ögrandi umhverfi sem hefur örvandi áhrif á sem flest skynfæri barnsins og hækkan "streitupröskuldar".
- *Að skapa umhverfi þar sem foreldrar og barn geti aukið og styrkt tengslamyndun hvert við annað.
- *Að foreldrar hittist og kynnist öðrum foreldrum með áþekk áhugamál þ.e. uppeldi og velferð barna sinna.
- *Að barn öðlist þekkingu, skilning og stjórnun á líkamanum í vatni.
- *Að foreldrar haldi athygli sinn og yfirvegun þegar þau eru í sundi eða í námunda við annað vatnsumhverfi.

<http://www.ungbarnasund.is/busli/content/view/22/31/>



Mynd 18. Ungbarnasund

[Myndin er fengin á www.skrifa.blog.is]



Mynd 19. Barnasund (Alsæla í sundi)

[Myndin er fengin á www.heim.is]



Mynd 20. Hreyfiringurinn

[Mynd fengin á www.lydheilsustod.is]
Ljósmyndir: Kristján Maack



Mynd 21. Áhersla á takmörkun kyrrsetu

Mynd fengin á www.lydheilsustod.is
Ljósmynd: Arnaldur Halldórsson

Áhrif heits vatns á verki

Rannsóknir sýna að heitt vatn getur linað verki. Þeir einstaklingar sem þjást af gigt eru oftast þjáðir af verkjum. Í nýrri rannsókn við Háskólann á Akureyri rannsakaði Unnur Pétursdóttir, sjúkraþjálfari, reynslu fólks með slitgigt af þjálfun: hvað hvetur og hvað letur. Leiðbeinendur voru Sólveig Ása Árnadóttir, lektor í sjúkraþjálfun og Sigríður Halldórsdóttir, prófessor HA. Þátttakendum í rannsókninni bar saman um að sund eða þjálfun í heitu vatni væri að jafnaði það besta sem fólk með slitgigt gæti gert fyrir sig. Heitt vatn minnkar stirðleika sem er eitt af þeim vandamálum sem fólk með gigt glímir við. Við hreyfingu í heitu vatni liðkast fólk og hreyfigetan eykst. Það leiðir svo til aukins styrks, betra jafnvægis, aukins úthalds og betri þyngdarstjórnunar (Unnur Pétursdóttir, 2008).

Áhrif heits vatns til slökunar og minnkaðrar streitu

Það eru margir þættir sem styrkja ónæmiskerfið en einn mesti skaðvaldurinn fyrir ónæmiskerfið er streita, einkum langvarandi streita. Allt sem minnkar streitu styrkir því ónæmiskerfið. Yfirlit yfir hina ýmsu þætti sem styrkja eða veikja ónæmiskerfið má finna í *Töflu 6*. Streita getur haft mikil áhrif á heilbrigði einstaklinga. Streita minnkar magn B eitifrumna (B frumna) og T eitifrumna (T frumna) og virkni drápsfrumna minnkar marktækt (Ader, 2006). Eftir ítarlega úttekt á rannsóknum komust Glaser og Kiecolt-Glaser (2005) að þeirri niðurstöðu að sömu þættir og eru að verki þegar sýkingar verða geti verið að verki í æxlismyndun, þættir sem eru í dag taldir tengjast minnkaðri ónæmisvirkni. Enn er verið að skoða þessa þætti og margt sem styður þessa ályktun þeirra (Sigríður Halldórsdóttir, 2007). Fullyrða má að tengslin milli streitu og heilbrigðis skýrist að einhverju leyti af áhrifum streitu á ónæmiskerfið (Evans, Hucklebridge og Clow, 2000). En streita er ekki aðeins vandamál einstaklinga. Streita getur verið þjóðfélagslegt mein. Við þurfum að spyrja að hve miklu leyti nútímaþjóðfélagið er að þróast í áttina að meiri streitu. Ef svo er hvaða áhrif mun það hafa á sjúkdóma og heilsubrest? Og hvað getum við gert við því?

Tafla 6. Yfirlit yfir jákvæða og neikvæða áhrifaþætti á ónæmiskerfið.

<i>Jákvæðir þættir - ónæmisstyrkjandi</i>	<i>Neikvæðir þættir - ónæmisbælandi</i>
Jákvætt lífsviðhorf Húmor og bjartsýni Þrautseigja og seigla Góð næring, hreyfing og slökun Góður svefn og góð hvíld Styrkleikakennnd Félagslegur stuðningur Gott samband/hjónaband Létta á sér um erfiða lífsreynslu	Streita og álag Langvarandi streita Depurð og sorg Neikvæðar tilfinningar Svefntruflanir og svefnleysi Hjálparleysiskennd Áföll í lífinu Einmanaleiki Birgja inni erfiða lífsreynslu

[Heimild: Sigríður Halldórsdóttir, 2007].

Sund og önnur hreyfing í heitu vatni virkar mjög jákvætt á mannlíkamann. Fjölmargar bækur hafa verið gefnar út um læknanandi áhrif heitra baða (t.d. Riggs,1996) og þá gjarnan verið bent á heildræn áhrif heita vatnsins á líkamann, andann og sálina (sjá t.d.Muryn og Spellman, 1995). En rannsóknir benda eindregið til að heit böð t.d. í heitum pottum sundlauganna ásamt sundspretti hafi jákvæð áhrif á heilbrigði. Það var t.d. mat þátttakenda í meistarafræðing Guðrúnar Elínar Benónýsdóttur (2007) við Háskólann á Akureyri, *Upplifun heilbrigðis og áhrifaþættir: Fyrirbærafræðileg rannsókn frá sjónahóli aldraðra* að hreyfing hefði góð áhrif bæði á líkama og sál. Með því að hreyfa sig gat fólk stuðlað að aukinni vellíðan og það var sú vitneskja sem varð til að hvetja til hreyfingar. En hreyfing í heitu vatni eykur ekki aðeins vellíðan bæði líkamlega og andlega. Hreyfing í heitu vatni bætir svefn sem er endurnærandi fyrir verkjapreyttan skrokk. Reynsla margra er að það minnki þörf þeirra fyrir verkjalyf, bólgueyðandi lyf, gigtarlyf og svefnlyf eins og fram kom í rannsókn Unnar Pétursdóttur (2008).

Við viljum enda þessa skýrslu með því að vitna í Krístrúnu Brandísi Steingrímsdóttir (79 ára, Reykjavík) einn viðmælenda okkar sem ólst upp, eins og margir Íslendingar á hennar aldri, án þess að hafa heitt vatn við hendina:

Heitt vatn er náttúrulega lúxus!

SAMANTEKT

Heilbrigði er eins konar regnhlífahugtak sem felur í sér mörg hugtök svo sem hreysti, lífskraft, jafnvægi, frið, samræmi, ásamt því að vera laus við sjúkdóma og/eða verki. Að vera heilbrigður merkir að vera heill, hraustur, að vera laus við sjúkdóma og líða vel líkamlega sem andlega. Í flestum samfélögum er það talið til æðstu gæða að heilbrigði þegnanna sé sem allra best. Frá fornu fari hefur jarðhiti verið notaður á Íslandi til að efla heilbrigði landsmanna og með tilkomu hitaveitna og ótakmarkaðs og ódýrs heits rennandi vatns breyttist aðstaða til almenns þrifnaðar verulega. Við Háskólann á Akureyri hafa á undanförunum árum verið unnin allmörg verkefni sem tengjast bæði eðliseiginleikum jarðhita og heilsufarsáhrifum jarðhitabaða. Eini prófessorinn í jarðhitafræðum við íslenska háskóla er starfandi við Háskólann á Akureyri og við heilbrigðisdeild skólans hefur verið unnið að rannsóknum á heilbrigði og áhrifaþáttum þess.

Lífshættir einstaklinga og umhverfi þeirra ráða miklu um heilbrigði fólks og fjölmargir ytri þættir hafa áhrif á heilbrigði einstaklinga og samfélaga. Meðal umhverfispáttá sem hafa áhrif á heilbrigði má nefna þyngdarkraftinn, ljós og hljóðbylgjur, hitastig, vindhraða, loftþrýsting, raka, sólargeislun, loftmengun, súrefni, CO₂ og CO magn í lofti, rafsegulmagnssvið, árstíðaskipti og sýkla. Mengað loft, menguð fæða og mengað vatn valda beint eða óbeint fjölmörgum sjúkdómum og þekkt er að fólk sem flyst frá einu landsvæði til annars tekur upp sjúkdómshyggju nýja staðarins. Árstíðabundnar og daglegar breytingar á umhverfinu hafa áhrif á öll lífeðlisfræðileg kerfi.

Kyndingu með olíu, kolum og gasi fylgir alla jafna verulegur útblástur ýmissa gastegunda og jafnframt fingert ryk og sót sem valdið geta margháttuðum sjúkdómum. Á Íslandi er nánast ekki lengur um slíka mengun að ræða þar sem um 90% íslensku þjóðarinnar býr nú við jarðvarmahitaveitur. Heilsufarsáhrif vegna kyndingar húsa með jarðhita eru margvísleg. Fullyrða má að hitaveituvæðingin á Íslandi hafi haft í för með sér auk efnahagslegs ábata verulegan heilsufarslegan ávinning. Loftgæði hafa jafnframt aukist til mikilla muna og ferskara andrúmsloft eru ótvíræð lífsgæði og hefur þeim áhrif á heilbrigði fólks. Þannig er árleg heildarlosun af CO₂ útblæstri á Íslandi um 45 % lægri en ef kynt væri með olíu. Lífshættir Íslendinga hafi trauðla breyst meira við aðra einstaka viðburði en tilkomu hitaveitna og ótakmarkaðs og ódýrs heits rennandi vatns. Þá breyttist jafnframt aðstaða til almenns þrifnaðar verulega og segja má að með tilkomu hitaveitna hættir þrifnaður, einkum persónuleg þrif en einnig þrif á heimilum, að vera lúxus forréttindahópa yfir í að verða lífsgæði hins almenna borgara. Mat á lífsgæðum er ekki einhlítt, en ótakmarkaður aðgangur að heitu vatni á lágu verði og almennur aðgangur að sundlaugum og heitum pottum er eitt af því sem nokkuð augljóslega má telja til lífsgæða. Einnig er ferskara andrúmsloft ótvíræð lífsgæði. Heitt vatn hefur einnig óbein áhrif m.a. með ræktun grænmetis sem er undirstaða í góðri næringu. Ekki síður hefur það áhrif í rekstri sundlauga um allt land sem hafa mikil og góð áhrif á heilbrigði Íslendinga ekki aðeins vegna aukins hreinlætis þegnanna heldur einnig vegna þess að heitu pottarnir hafa lengi verið „samkomuhús“ fjölda einstaklinga þar sem þeir sækja félagsskap, slökun og endurnýjun. Sú sundlaugamenning sem þróast hefur á Íslandi er einstök og hvergi í heiminum eru upphitaðar útisundlaugar jafnalngar og óþekkt að almenningssundlaugar séu reknar við eins lágt

útihitastig og hér er. Um 160 sundlaugar eru í rekstri hér á landi og langflestar hitaðar með jarðhita. Það tilsvavar um einni sundlaug á hverja 2000 íbúa og lætur nærri að hver landsmaður fari um 15 sinnum í sund á ári. Þar við bætist að fjöldi Íslendinga hefur sett upp heita potta við híbýli sín og sumarhús.

Jarðhitavatn á Íslandi er einstakt vegna þess hversu breytilegt það er að efnasamsetningu þó flestallt sé það efnasnautt, alkaliríkt og með hátt pH. Þó að vatnið sé yfirleitt efnasnautt þá er dreifing í heildarstyrk uppleystra efna veruleg, frá undir 100 mg/L í upphituðu köldu vatni allt að um 5000 mg/L í saltasta vatninu. Dreifing í sýrustigi er jafnframt mjög mikil, frá 7-11. Íslenska lághitavatnið er yfirleitt efnasnauðara en algengt er um erlent ferskvatn og jafnvel ósalt háhitavatn er álíka efnaríkt og erlent ferskvatn. Á nokkrum stöðum á Íslandi er jarðhitavatn saltblandað og slíkt vatn er notað í nokkrar hitaveitur.

Þótt heilsuhæli byggð á baðlækningum eigi sér langa sögu erlendis virðast tengsl vatnsgerða við sjúkdómsmeðferð oft ekki mjög skýr. Erfitt er að finna vísindalega rökstuddar upplýsingar um tengsl efnasamsetningar vatns og meðferðareiginleika og áhrif mismunandi jarðhitavatns á ákveðna sjúkdóma. Þær fáu vönduðu læknisfræðilegu athuganir sem til eru benda til þess að sá árangur sem næst við meðhöndlun stoðkerfissjúklinga með baðlækningum sé óháður steinefnainnihaldi baðvatnsins. Eðlisfræðilegir eiginleikar vatnsins (varmi og vatnsþrýstingur) og hvíld sjúklinganna hefur þar mest og ef ekki allt að segja.

Þótt áhrif hita og þrýstings á starfsemi líkamans séu vel þekkt þá virðast hefðir og menning einnig skipta máli fyrir hitastig baða sem beitt er í baðlækningum og þær aðferðir sem beitt er við meðferð sjúklinga á mismunandi stöðum í heiminum er mjög mismunandi, einnig hvað hitastig og lengd einstakra baða og heildarmeðferð varða. Heit böð eru notuð með góðum árangri í meðferð ýmissa sjúkdóma s.s. gigtagsjúkdóma, húðsjúkdóma og til að lina verki. Heit böð af hæfilegu hitastigi hafa jákvæð áhrif á ósjálfráða taugakerfið, innkirtlakerfið og ónæmiskerfið og leiða til aukins jafnvægis, draga úr meinafræðilegri starfsemi, auka eigin lækningamátt líkamans og styrkja hann gegn innri og ytri áreitum. Mild hreyfing, eins og sund, styrkir ónæmiskerfið og minnkar líkurnar á ýmsum sýkingum. Þá getur sundferð ásamt hæfilegri dvöl í heitum potti aukið vellíðan og jákvæðar tilfinningar með tilheyrandi jákvæðri virkni á ónæmiskerfið. Heitt vatn minnkar stirðleika, liðkar fólk og eykur hreyfigetu, sem leiðir til aukins styrks, betra jafnvægis, aukins úthalds og betri þyngdarstjórnunar. Mikilvægt hlutverk heita vatnsins varðandi heilbrigði er jafnframt fólgið í því að minnka streitu sem er ein öflugasta forvörn gegn sjúkdómum.

Saga íslenskra heilsuhæla er ekki mjög löng, en bæði farsæl og sérstök. Heilsustofnun NLFÍ í Hveragerði og Bláa lónið eru þar fremst í flokki, en mikil fjölgun og aukinn áhugi hefur komið fram á síðustu árum. Íslenskt jarðhitavatn er í mörgum tilvikum svipað og vatn sem notað er á frægum erlendum heilsuhælum. Vatn frá Seltjarnarnesi, Stykkishólmi, Húsavíkurhöfða og í Öxarfirði er talsvert líkt að efnainnihaldi því vatni, sem frá forsögulegum tímum hefur verið notað til baða á þekktum miðevrópskum baðstöðum eins og t.d. Baden-Baden í Þýskalandi. Á öllum þessum stöðum hafa psoriasisjúklingar notað vatnið til baða og talið sig hafa bata af. Vatnið hefur jafnframt nýst vel við meðhöndlun annarra húðsjúkdóma, iktsýki, öndunarvegssjúkdóma og eftirmeðferð vegna

slysa/skurðaðgerða á beinum og liðum og lamana. Á íslenskum jarðhitasvæðum finnst jafnframt vatn sem fellur undir fleiri flokka heilsuvatns svo sem kolsýruvatn, brennisteinsvatn og flúorríkt vatn.

Í íslenskum hitaveitum er algengast að vatnið sé ferskt og að efnasamsetning þess falli ekki undir neinn skilgreindan flokk heilsuvatns. Brennisteinsríkt vatn er þó nokkuð algengt. Í nokkrum hitaveitum er notað efnaríkt vatn, sem er þá saltmengað og einnig er flúorvatn ekki óalgengt. Engin hitaveita notar járnríkt vatn, en verið er að athuga byggingu hitaveitu í Grundarfirði, sem mun nýta kolsýruvatn, sem reyndar er líka saltmengað. Ferskt jarðhitavatn nýtist þó mjög vel við meðhöndlun margskonar sjúkdóma.

Uppbygging hitaveitna á Íslandi á síðustu öld er án efa sá atburður Íslandssögunnar sem stuðlað hefur hvað mest að auknu heilbrigði og lífsgæðum þjóðarinnar. Með farsælli uppbyggingu á jarðhitaheilsuhælum á næstu áratugum gæti sú jákvæða þróun haldið áfram, auk þess að skjóta traustum stöðum undir atvinnuþróun og uppbyggingu velferðarkerfisins á Íslandi í náinni framtíð.

Heimildalisti

- Ader, R. (2006). *Psychoneuroimmunology* (4. útg.) Academic Press: New York.
- Agishi, Y., Ohtsuka, Y., Watnabe, I., Yabunaka, N. og Noro, H. (1996). Present features of medical balneology in Japan. *Recent progress in medical balneology and climatology* (ritstj. Agishi og Ohtsuka). Hokkaido University Medical Library Series, 34, 1-10.
- Allender, J.A. og Walton Spradley B. (2001). *Community health nursing: Concepts and practice* (6. útg.). Lippincott Williams & Wilkins.
- AqQa (2005). Spreadsheet for water analyses, RockWare, Golden.
- Árni Böðvarsson (ritstj.) (1988). *Íslensk orðabók Menningarsjóðs* . (2. útg.). Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Axel Björnsson (2005). Development of thought on the nature of geothermal fields in Iceland from medieval times to present. *World Geothermal Congress*, 005, 1-11.
- Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz (1990). Uppruni og eðli jarðhitasvæða á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 60, 15-38.
- Ármannsson, H. og Kristmannsdóttir, H. (1992). Geothermal environmental impact. *Geothermics*, 21, 869-880.
- Árni Ragnarsson, (2001). Orkunotkun á Íslandi. Í María Jóna Gunnarsdóttir (ritstj.) *Orkuþing 2001* (bls 45-62). Reykjavík: Samorka.
- Árni Ragnarsson (2006). Orkunotkun á Íslandi. *Orkuþing 2006* (bls 45-58). Reykjavík: Samorka.
- Árný Sveinbjörnsdóttir, Sigfús Johnsen og Stefán Arnórsson (1995). The use of stable isotopes of oxygen and hydrogen in geothermal studies in Iceland. *World Geothermal Congress*, Florence (bls. 1043-1048).
- Blefken, D. (1946). *Glöggd er gests augað*. Reykjavík. [Upphaflegt rit: *Islandia: Sive populorum & mirabilium quae in ea Insula reperiuntur accuratior descriptio*. Gefið út árið 1607 í Leyden].
- Coles, J. (1882). *Summer travelling in Iceland*. London: John Murray.
- Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Edelman, C. og Mandle, C.L. (2002). *Health promotion throughout the lifespan*. St. Louis: Mosby.
- Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson (1974). *Ferðabók*. Þjóðhátíðarútgáfa. Reykjavík: Örn og Örlygur. [Fyrst gefin út í Sórey í Danmörku 1772].
- Egilssaga Skallagrímssonar* (1933). Reykjavík: Hið íslenska fornritafélag.

- Evans, P., Hucklebridge, F. og Clow, A. (2000). *Mind, immunity and health: The science of psychoneuroimmunology*. New York: Free Association Books.
- Finkelman, R.B., Belkin, H. E., og Zeng, B. (1999). Health impacts of domestic coal use in China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96, 3427-3431.
- Fresenius W. og Kußmaul H. (1998). Einführung in die Chemie und Charakteristik der Heilwässer und Peloiden. Í *Deutscher Bäderkalender*, Flöttmann Verlag Gütersloh, 45-67.
- Glaser, R. (2007). Stress and immunity. Í Ader, R. *Psychoneuroimmunology* (4. útg), (bls. 701-708). New York, NY: Elsevier.
- Glaser, R. og Kiecolt-Glaser, J.K. (2005). Stress-induced immune dysfunction: Implications for health. *Nature Reviews: Immunology*, 5, 243-251.
- Guðmundur Pálmason (2005). *Jarðhitabók: Eðli og nýting auðlindar*. Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.
- Guðrún Elín Benónýsdóttir (2007). *Upplifun heilbrigðis og áhrifaþættir: Fyrirbærafræðileg rannsókn frá sjónarhóli aldraðra*. Ritgerð til M.S. gráðu við Háskólann á Akureyri, Akureyri.
- Hermann Óskarsson (2005). *Heilbrigði og samfélag: Heilsufélagsfræðilegt sjónarhorn*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.
- Helgi Torfason (2003). *Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita*. Orkustofnun og Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2003. OS-2003/062, NÍ-03016, 90 s.
- Hotta, A. og Ishiguro, Y. (1986). *A guide to Japanese hot springs*. Tokyo.
- Hrefna Kristmannsdóttir (2003). *Niðurstöður innan verkefnisins Vatnsauðlindir Íslands á efnasamsetningu jarðhitavatns og kalds neysluvatns í vatnsbólum Norðurorku*. Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild, Skýrsla HK-03/02.
- Hrefna Kristmannsdóttir (2006). *Vinnslueiginleikar jarðhitavatns úr holu K-2 í Keldunesi*. Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild, Skýrsla HK- 06/03.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Rakef Guðrúnardóttir (2007). *Efnaeiginleikar vatns í nokkrum minni vatnsveitum í Norðurþingi*. Viðskipta- og Raunvísindadeild Háskólans á Akureyri, TS0702-Auðlindasvið.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Valur Klemensson. (2007). *Grunnvatnsrannsóknir á Norðausturlandi. Skilgreining á grunnástandi og tillögur um framtíðareftirlit með hugsanlegum breytingum á grunnvatnsstraumum í kjölfar vinnslu á háhitasvæðum*. Landsvirkjun LV 2007/086, Reykjavík.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Kristján H. Sigurðsson (1996). *Efnasamsetning vatns og kísilleðju í Bláa lóninu á Reykjanesi. Styrkur þungmálma og helstu ólífræna sporefna*. Orkustofnun, Greinargerð HK/GSv/KHS-9605.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Hildur Vésteinsdóttir og Elvar Árni Lund (2006). Jarðhiti í Öxarfirði-sóknarfæri til atvinnusköpunar. *Orkuþing 2006* (bls. 506-510).

- Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Halldór Ármannsson (2005). *Verkefnið Vatnsauðlindir Íslands. Lokaskýrsla um niðurstöður verkefnisins*. Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild, Skýrsla HK- 05/04
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ólafur Grímur Björnsson, Steinunn Hauksdóttir, Helga Tulinius og Hannes Hjálmarsson (2000). *Nýting jarðhita til ferðapjónustu einkum með tilliti til baðlækninga*. Orkustofnun OS-2000/035.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Páll Árnason, Ásbjörn Einarsson, Jón Mattíasson, Helga Tulinius og Steinunn Hauksdóttir (2006). Lagnaval.is: ONLINE SELECTION OF PIPE MATERIAL BASED ON WATER PROPERTIES. GRC Transactions, 30, 495-500.
- Heilbrigðis- og tryggingamálaráðuneytið (2001). *Íslensk heilbrigðisáætlun til ársins 2010: Langtímamarkmið í heilbrigðismálum*. Reykjavík: Heilbrigðis- og tryggingamálaráðuneytið. [Samþykkt á Alþingi 20. maí, 2001].
- Jón Þorsteinsson (2005). Heitar laugar á Íslandi til forna. *Læknablaðið*, 91, 617-621.
- Kristmannsdóttir, H. (2004). Chemical characteristics of potable water and water used in district heating systems in Iceland. Í R.I. Thorarinsdóttir (ritstj) *Proceedings 13th Scandinavian Corrosion Congress*, Reykjavík, 2004.
- Kristmannsdóttir, H. og Ármannsson, H. (2003). Environmental aspects of geothermal energy utilization. *Geothermics*, 32, 452-461.
- Kristmannsdóttir, H. og Björnsson, Ó. G. (2003). Balneological prospects in Iceland using geothermal resources. Multiple integrated uses of geothermal resources, *Proceedings IGC*, Reykjavík, S03055, 19-26.
- Luo, R.X., Wu, B., Yi, Y.N., Huang, Z.W., og Lin, R.T. (1996). Indoor burning coal air pollution and lung cancer: A case control study in Fuzhou, China. *Lung Cancer*, 1, 113-119.
- Lund, W. J. (1996). Balneological use of thermal and mineral waters in the U.S.A. *Geothermics*, 25, 103-147.
- Lög um heilbrigðisþjónustu*. Samþykkt á Alþingi 17. mars 2007. Þingskjal 1376, 133. löggjafarþing [272. mál](#): heilbrigðisþjónusta (heildarlög). *Lög nr. 40 27. mars 2007*.
- Marsland, A.L., Pressman, S. og Cohen, S. (2007). Positive affect and immune function. Í R. Ader (ritstj.) *Psychoneuroimmunology* (4. útg), (bls. 761-779). New York, NY: Elsevier.
- Muryn, M. og Spellman, C.C. (1995). *Water magic: Healing bath recipes for the body, spirit and soul*. New York: Simon & Schuster.
- Nieman, D.C. (2007). Exercise and immunity: Clinical studies. Í R. Ader, *Psychoneuroimmunology* (4. útg), (bls. 661-673). New York, NY: Elsevier.
- Nordenfelt, L. (1991). *Livskvalitet och hälsa: Teori & kritik*. Falköping: Almqvist & Wiksell.
- Nordenfelt, L. (1989). *On the nature of health: An action-theoretic approach*. Dordrecht: D. Reidel/Kluwer Academic.

- Ólöf Harpa Jósefsdóttir og Hrefna Kristmannsdóttir (2005). *Jarðhitaauðlindir: Tækifæri til atvinnusköpunar og byggðaeftlingar: Framvinduskýrsla um möguleika heilsutengdrar ferðaþjónustu á Norðausturlandi. I. Samantekt heimilda um jarðhitasvæði, flokkun og möguleika á nýtingu*. Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild, Skýrsla HK- 05/06.
- Paces, T. (1974). *Springs of carbon-dioxide water in northwestern Bohemia. Field-trip guide. Geological survey*, Prague, Publishing House of the Czechoslovak Academy.
- Ólafur Grímur Björnsson (2000). *Baðlækningar, læknávisindi og kúltúr*. Reykjavík: Steindórsprent – Gutenberg.
- Páll Árnason. (2004). Online information on pipe material selection in Iceland. Í R.I. Thorarinsdóttir (ritstj.) *Proceedings 13th Scandinavian Corrosion Congress*. Reykjavík.
- Pörn, I. (1993). Health and adaptedness. *Theoretical Medicine*, 14, 295-303.
- Rabin, B. (2007). Stress: A system of the whole. Í R. Ader, *Psychoneuroimmunology* (4. útg), (bls. 709-722). New York, NY: Elsevier.
- Riggs, M. (1996). *The healing bath: Holistic bubbles and soothing soaks*. New York: Penguin Studio.
- Samgönguráðuneytið 2000. *Heilsutengd ferðaþjónusta*. Skýrsla nefndar um heilsutengda ferðaþjónustu. Samgönguráðuneytið.
- Sigríður Halldórsdóttir (2000). Feeling empowered: A phenomenological case study of the lived experience of health. Í B. Fridlund og C. Hildingh (ritstj.) *Qualitative research methods in the service of health* (bls. 82-96). Lund: Studentlitteratur.
- Sigríður Halldórsdóttir (2006). Hjúkrun sem fagleg umhyggja: Kynning á hjúkrunarkenningu. *Tímarit hjúkrunarfræðinga – Ritryndar fræðigreinar*, 1(1), 2-11.
- Sigríður Halldórsdóttir (2008). Sál- og taugaónæmisfræðin: Hvað styrkir og veikir ónæmiskerfið? Í Hermann Óskarsson (ritstj.), *Afmælisrit Háskólans á Akureyri* (bls. 303-323). Akureyri: Háskólinn á Akureyri.
- Sveinn Þórðarson (1998). *Auður úr iðrum jarðar*. Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.
- Tegern, G. (1994). *Frisk och sjuk: Vardagliga föreställningar om hälsan och dess motsatser*. Doktorsritgerð við Linköping háskóla, Linköping, Svíþjóð.
- Tillaga til þingsályktunar um íslenska heilbrigðisáætlun*. Lögð fyrir Alþingi á 11. löggjafarþingi 1988-1989.
- The Blue lagoon Committee (1996). *A report to the Ministry of Health* (In Icelandic). Reykjavík.
- Umhverfisráðuneytið, 2001. Reglugerð 536/2001 um neysluvatn.
- Unnur Pétursdóttir (2008). *Reynsla fólks með slitgigt af þjálfun: Hvað hvetur, hvað letur? Fyrirbærafærðileg rannsókn*. Raritgerð til M.S. gráðu við Háskólann á Akureyri, Akureyri.

Útflutingsráð Íslands og Orkustofnun (1994). *Ísland-Heilsuparadís í Norðri? Nýir möguleikar í ferðaþjónustu*.
Útflutingsráð Íslands og Orkustofnun. Reykjavík.

Víga-Glúms saga (1956). Reykjavík: Hið íslenska fornritafélag.

World Health Organization (WHO) (1992). *Targets for health for all: The health policy for Europe – Summary of the updated edition, September 1991*. Kaupmannahöfn: World Health Organization – Regional Office for Europe.

Wedepol, K.H. (ritstj.) (1969). *Handbook of geochemistry, I*. Berlin, Heidelberg, N.Y.: Springer Verlag.

Zhao, Z., Zhang, Z., Wang, Z., Ferm, M., Liang, Y. og Norbäck, D., (2008). Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental Health Perspectives*, 116 (1), 90-97.

Þorvaldur Thoroddsen (1910). *De varme kilder paa Island*. Kaupmannahöfn.

Þórarinn Gíslason (2007). Viðtal. *Mbl.is/gagnasafn* (þriðjudaginn 30. janúar).

Skrá yfir tilvitnanir í vefsíður

1. www.who.int (umfjöllun)
2. www.snorrastofa.is (mynd og umfjöllun)
3. www.reycup.is (mynd)
4. www.lagnaival.is (heimild)
5. www.doktor.is (myndir)
6. www.lagafellsskoli.is (mynd)
7. www.ungbarnasund.is/busli/content/view/22/31/ (umfjöllun)
8. www.skrifa.blog.is (mynd)
9. www.heimi.is (mynd)
10. www.lydheilsustod.is (mynd og umfjöllun)

Viðauki 1 a. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi a. (www.lagnaval.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Hitaveitur	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Hití	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe
Reykjavík	Orkuveita Reykjavíkur	Laugaqrnes	RV-5	28.01.2000		9,44/23	13,9	0,54	0,07	147		70,3	2,8	0,003	4,16	0,98	58,5	13,4	0,19		0,006
Reykjavík	Orkuveita Reykjavíkur	Ellidáár	RV-39	31.01.2000		9,52/22	23,3	0,02	0,02	76		41,5	0,9	0,005	2,71	0,3	21,4	13,4	0,15		0,026
Reykjavík	rkuveita Reykjavíkur	Reykir	MG-25	08.02.2000		9,52/22	22,7	0,72	0,04	92,7		43,8	0,8	0,004	2,37	0,74	15,5	16,6	0,18		0,03
Reykjavík	Orkuveita Reykjavíkur	Reykjahlið	MG-35	02.02.2000		9,74/23	23,5	1,28	0,04	95,9		45,4	1	0,002	1,84	0,85	13,3	15,7	0,19		0,022
Reykjavík	Orkuveita Reykjavíkur	Nesjavellir		24.03.2000		8,5/2022	33,7	0,57	0,14	43,9		17,2	1,7	5,006	8,76	0,19	15,7	13,4	0,37		0,054
Seltjarn	Hitaveita Seltjarnarness		SN-06	25.06.2001	119	8,22/22	7,3	0,17	0,25	120	3930	655	14,4	0,81	563	0,68	1815	306	0,0135	0,0163	0,0276
Mosfellsbær	Hitaveita Mosfellsbæjar	Reykjahvoll	MG-17	10.05.1982	77	9,68/22	22,3	0,13		54,3	142	34,43	0,56	0,006	2,38	0,369	16,1	13,48			
Kjósahreppur	Orkuveita Reykjavíkur	Hvammsvík		11.04.2005	62	9,14/22	22,4	1,86	0,19	103	392	101,5	2,47	0,013	7,17	5,79	65,7	94,7	0,037	0,0002	0,018
Grindavík	Hitaveita Suðurnesja	Svartsengi	Orkuver 2	08.05.2001	102	8,84/23	12,7	0,16	<0,03	13	155	34,8	1,52	6,17	7,71	0,07	66,5	101			
Hvalfjstrhr	Hitaveitan Miðsandi	Miðsandi	MS-4																		
Hvalfjstrhr	Hitaveitufélag Hvalfjarðar	Hrafnabjörg	HB-05	01.06.1987	84	9,1/22	28,9	0,23		80,2	388,5	102,4	2,57	0,012	9,32	6,755	65,45	84,63			
Leirár- og Mela	Hitaveitan í Eystri-Leirárgörðum	Leirá	LG-01	09.12.1980	94	6,8/22	216	0		64,5	1010	258	19,8	1,52	51,8	2,3	274,5	52,4			
Leirár- og Mela	Hitaveitan Heiðarskóla	Leirá	LG-01	09.12.1980	94	6,8/22	216	0		64,5	1010	258	19,8	1,52	51,8	2,3	274,5	52,4			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar	Bær	BB-03	20.09.1977	101	9,16/22	13,9	0,5		130	416	102,5	4,5	0,01	11,95	2,01	110	72			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan í Breiðagerði	Breiðagerði	BG-01	15.07.1965	90	9,35	42,2		2,5	165	419	73	3,3	0,13	1,28	2,75	38,7	59,1			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Englandshver	England	Englandshver	29.07.2002	87	9,12/28	44,1	0,81	0,21	148	327	73	2,1	0,043	2,5	1,12	17,5	55,4	0,057	0,001	0,002
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Kletti	Klettur	Klettur	15.09.1967	83	9,3	8,1	0,7	0,37	114	330	73,2	1,6	0,05	4,3	1,8	42,9	57,5			0,231
Borgarfjarðarsveit	Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar	Laugarholt	LH-01	20.09.1977	91,2	9,16/22	12,9	0,5		116	438	108,4	3,25	0,02	14,5	1,99	125	74,7			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Runnum	Runnar	Þvottalaug	04.07.1978	92	9,49/25	22,2	0,2		116	350	77	2	0	3,33	2,26	49,6	58			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan Kleppjársreykjum	Kleppjársreykir	Kleppjársreykjahv.	04.07.1978	101	9,53/25	23,8	0,68		140	356	73,1	2,3	0	2,96	2,52	35,9	56,3			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan á Hurðarbaki	Hurðarbak	Hurðarbakshver	04.07.1978	101	9,36/25	33	0,4		143	369	75,3	2,44	0	2,74	2,65	34	58,2			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan á Kópavækkjum	Kópavækkir	Kópavækkir	04.07.1978	101	9,12/25	36,9	3,98		191	427	80,8	4	0	2,16	4,43	36	59,1			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Laugarvöllum	Laugarvellir	Baðlaugahver	14.02.1979	86	9,34/19	35,1	1,73		160	386	79,7	2,59	0	2,41	3,24	32,4	58			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan á Sturlu-Reykjum	Sturlu-Reykir	Sturlureykhv.	14.02.1979	96,5	9,48/19	24	1,87		165	377	80,2	2,75	0	2,64	3,03	34,3	58,7			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Áslaugum á Stóra-Ási	Stóri-Ás	Áslaugar	15.02.1979	76	9,88/21	24	0,17		113,5	235	48,1	0,89	0	1,72	1,34	11,8	17,1			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Ásgarði	Ásgarður	Hamralaug	15.02.1979	63	9,61/21	19,1	0,44		123	305	72,2	1,85	0	3,25	2,2	34,4	54,5			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Brautartunguhver	Brautartunga	Brautartunguhv.	19.04.1979	86,5	9,32/22	32,2	0,44		152,5	391	84,3	3,2	0,03	3,37	2,24	43,4	83,8			
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Logalandshver	Logaland	Hver	06.11.1987	100	9,41/22	28,6	2,23		155,2	380	80,9	3,1	0,053	2,52	3,169	35,15	49,61			0
Borgarfjarðarbyggð	Hitaveita Lunddæla	Snartarstaðir	SS-05	04.05.1992	99	9,48/24	25,4	1,71	0,17	133,5	317	82	2,08	0,008	2,96	2,561	31,43	70	0,07		0,0081
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan á Húsafelli	Teitsgil	HF-01	15.09.1996	75	9,43/22	30,7	0,23	0,42	82,8	332	91,1	1,53	0,006	4,69	13,8	35	77,4	0,06	0,0018	0,068
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan í Reykholti í Borgarfirði	Reykholt	RH-01	15.08.1997	99,1	9,29/21	34,9		0,3	155,8	361	75,5	3,28	0,001	2,06	2,13	31,4	54	0,24	0,0018	0,0109
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan á Úlfstaðum	Úlfstaðir	US-03	15.08.1997	34,2	9,37/22	40,1	0,04	0,23	112,9	285	72	1,31	0,007	0,96	3,26	25,4	43,9	0,01	0,0003	0,0075
Borgarfjarðarsveit	Hitaveita Vilmundar- og Steindórsstaða	Hægindi	Hægindakotshv.	15.08.1997	98,3	9,31/21	40		0,34	172,6	390	83	1,31	0,005	2,51	2,48	33,7	55	0,46	0,001	0,0047
Borgarfjarðarsveit	Hitaveitan frá Norður-Reykjum	Norður-Reykir/Hýru	Hverir	15.08.1997	96	9,52/22	24,1		0,4	149	370	79,3	2,32	0,003	2,39	2,74	33,9	60,7	0,23	0,0002	0,0019
Borgarfjarðarsveit	Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar	Deildartunga	Hver	15.09.1999	97,6	9,47/21	26,7	1,4	0,23	129	296	77,2	2,15	0,007	3,03	3,36	34,9	52,8	0,14	0	0,0012
Hvítársíðuhreppur	Laugakelda sf. Síðumúla	Síðumúli	SM-01	15.09.1967	67	9,0/67	9,3	0	0,66	176	391	77,7	2	0,03	3,6	1,8	34,1	87,1			0,0396
Hvítársíðuhreppur	Hitaveitan frá Þorgautsstöðum	Þorgautsstaðir	ÞG-04	16.02.1981	16,6	9,13/18	27	0		24,6	64	24	0,29	0,28	1,69	0,23	15,5	3,05			

Viðauki 1 b. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi b. (www.lagnaival.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Hitaveitur	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Hiti	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe
Borgarbyggð	Múli sf. hitaveita Helgavatni	Helgavatn	Hver	15.02.1979	75	9,39/20	25,8	0,14		95	268	63,2	1,19	0,01	3,4	1,39	29,1	44			
Borgarbyggð	Hitaveitufélag Þverárhliðar	Helgavatn	Hver	15.02.1979	75	9,39/20	25,8	0,14		95	268	63,2	1,19	0,01	3,4	1,39	29,1	44			
Borgarbyggð	Hitaveitan á Varmalandi	Varmaland	VL-07	17.11.1983	100	9,36/21	15,6	0,17		108,2	374,3	89,02	2,8	0,005	7,5	1,782	76,19	59,4			
Borgarbyggð	Hitaveita Stafholstungna	Varmaland	VL-07	17.11.1983	100	9,36/21	15,6	0,17		108,2	374,3	89,02	2,8	0,005	7,5	1,782	76,19	59,4			
Borgarbyggð	Hitaveitan frá Lundahver	Lundahver	Lundahver	17.11.1983	83,4	9,57/21	21,1	0,4		101	324,3	75,22	1,74	0,014	3,72	1,852	44,67	55,53			
Borgarbyggð	Hitaveitan á Guðnabakka	Guðnabakki	Hver	15.9.1967	47	9,1/47	9,4	0,1	0,46	68	261	56	1,2	0,02	4,4	1,4	28	62,9			0,0302
Borgarbyggð	Hitaveitan frá Brúarreykjum	Brúarreykir	Hver	17.11.1983	83,5	9,49/21	27,6	0,38		113,8	331	71,32	1,72	0,007	3,03	2	31,43	53,39			
Borgarbyggð	Hitaveitan á Svartagili	Svartagil	SG-03	21.07.1992	70,7	9,06/21	70,8	0,05		96,5	289	73,7	1,21	0,013	2,86	0,879	25,9	30,8			0,0069
Borgarbyggð	Hitaveitufélag Norðdælinga sf.	Svartagil	SG-03	21.07.1992	70,7	9,06/21	70,8	0,05		96,5	289	73,7	1,21	0,013	2,86	0,879	25,9	30,8			0,0069
Kolbeinsstaða	Borholan á Syðri-Rauðamelur	Syðri-Rauðamelur	SR-02	12.11.1998	43,2	6,4/21	1939	0	0,37	170,1	1464	256	7,01	131	163	0,17	38,9	50,9	0	0,212	3,73
Kolbeinsstaða	Borholan í Landbroti	Landbrot	LB-01	26.05.1999	59,2	7,77/22	149	0	0,1	136	586	155	2,25	0,87	21	0,55	120,4	59,9	0,01	0,0129	0,0373
Stykkishólmur	Hitaveita Stykkishólms	Hofsstaðir	HO-01	02.10.2000	86,8	8,4/17	4,43	0,7	0,11	71,7	5430	740	14,5	0,5	1170	1,23	2960	315	0,01	0,02	0,0225
Eyja- og Miklaholts	Hitaveitan Laugaveiðisskóla	Kolviðarnesi	KN-01	15.08.1968	66	7,2/66	37,7	0	0,94	96	581	144	3	0,87	29,2	1,1	210	48,4			0,0166
Eyja- og Miklaholts	Hitaveitan í Eiðhúsum	Eiðhús	EH-08	13.09.1999	56	8,14/21	12			121	679			0,24	479	0,43	1770	165			
Snæfellsbær	Hitaveitan á Lysuhóli	Lysuhóll	LH-06	11.08.1979	60	6,88/11	1358	0,02	0,48	177,9	1412	485,8	36,5	20,84	79,9	4,79	69,5	43,1	0,03		0,826
Snæfellsbær	Hitaveitan á Arnarstöðum	Arnarstaðir	AS-01	07.01.1998	84					66,6					970		2600				
Dalabyggð	Hitaveitan í Sælingsdal	Sælingsdalur	SL-01	21.07.1977	64	9,84/21	12,6	0,3		73	238	50,7	0,8	0	3,47	0,57	12	55,1			
Dalabyggð	Hitaveita Dalabyggðar	Gröf	GR-09	08.08.2003	83	8,94/20	34,5	0,93	0,15	142	452	112,5	3,31	0,006	7,38	6,04	55,2	108	0,015	0,0004	0,002
Dalabyggð	Hitaveitan í Gerði	Gerði	SG-05	26.12.1998	16	9,3/21	20			39,8				0,078	13,2		19,8	128,5			
Ísafjarðarbær	Orkubú Vestfjarða	Laugar	LA-02	31.03.1998	64,4	9,74/23	9,06	0	0,06	60,9	390	90,61	0,88	0,011	8,7	0,41	56,7	78,08	0,05	0,0005	0,0082
Reykholahreppur	Hitaveitan í Djúpadal	Djúpadalur	DD-02	16.11.1987	63,4	9,82/18	19,9	0		88,1	206	39,45	0,83	0,002	2,62	0,295	16,45	14,45			
Reykholahreppur	Borholan á Kletti í Geiradal	Klettur	KL-10	29.06.1993	70	9,67/22	17,4	0,07		69	265	64,7	1,14	0,014	7,1	0,6	37,7	54,1	0,09	0,0048	0,12
Reykholahreppur	Þörungavinnslan	Reykholar	RH-4	06.07.1994	111	9,71/22	18	0,29	0	119,1	267	57	1,73	0,001	2,71	0,42	32,7	27,6			
Reykholahreppur	Orkubú Vestfjarða -Reykholum	Reykholar	RH-7	02.10.2000	93,5	9,61/19	21,1	0,4	0,04	120	263	60,8	1,65	0,002	3	0,47	31,5	30,2	0,09	0,0003	0,0067
Tálknafjarðarhreppur	Hitaveitan frá Litla-Laugarðal	Litli-Laugarðalur	LL-01	08.07.1994	40,5	9,81/20	12	0	0,04	41,6	106	25,7	0,4	0,006	1,77	0,29	14,5	8,66	0,05	0	0,013
Vesturbyggð	Borholan í Flókalandi	Hella	HE-01	18.05.1976	38	10,17/21	9	0		26	91	27,6	0,4	0	1,9	0,08	13,7	7			
Vesturbyggð	Hitaveitan á Barðaströnd	Krossholt	KH-01	25.07.1987	38,8	9,92/19	13,7	0		40,05	125	31,71	0,61	0,01	2,16	0,07	17,34	4,82			0
Súðavíkurhreppur	Hitaveitan í Reykjanesi	Reykjanes	RN-01	13.09.1988	94,6	9,14/20	5	0		85	896	190,2	4,35	0,014	72,63	0,23	382,7	38,95			
Kaldraneshreppur	Hitaveitan í Ásmundarnesi	Ásmundarnes	AN-01	31.08.1976	31,8	10,07/24	13	0		27	106	25,1	0,16	0,01	2,24	0,0625	16,6	6,4			
Kaldraneshreppur	Hitaveitan í Bjarnarfirði	Klúka	KL-01	10.08.1979	40	9,91/11	17,3	0	0,01	33,1	162	26,9	0,25	0,01	2,49	0,11	15,6	6,5	0,05		0,0137
Kaldraneshreppur	Varmadælan í Bjarnarfirði	Bakki	Laug	31.8.1976	29,8	10,17/21	13,7			38	134	34,5	0,17	0,02	1,71	0,13	18,5	8,2			
Kaldraneshreppur	Drangsnæs	Drangsnæs	DN-16	04.09.1997	58,4	9,42/22	8,72	0,2	0,24	83	507	131	1,82	0,008	19,1	0,32	183,5	41,85	0,01		
Hölmavíkurhreppur	Hitaveitan á Nauteyri	Nauteyri	NE-01	30.11.1980	46	9,99/20	17,8	0		73	151	41,8	0,63	0,01	1,59	0,32	18,5	6,4			
Bæjarhreppur	Hitaveitan á Borðeyri	Borðeyri	BE-08	03.10.2000	60,3	8,88/22	9,28	0,26	0,81	126	912	236	5,87	0,019	50,5	1,39	268	205	0	0,0011	0,0026
Siglufljörður	Hitaveita Siglufljörðar RARIK	Skútudalur	SK-11	04.10.2000	71,7	10,01/23	20,2	0		93,9	192	45,1	0,7	0,003	1,6	0,37	8,88	9,57	0,08	0,0001	0,0068
Skagafjörður	Hitaveita Skagafjarðar Sauðárkrókur	Veitukerfi		10.11.2001	70	10,02/23	13,8	0,42	0,18	70,2	215	56,6	0,78	0,008	3,44	1,6	20,9	41,6			

Viðauki 1 c. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi c. (www.lagnaval.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Hitaveitur	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Hiti	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe
Skagafjörður	Hitaveitan á Dau fá	Dau fá	DA-01	03.07.1980	44	9,93/23	18,9	0,03		73,1	267	67,6	0,57	0,003	2,38	1,83	29,6	36			
Skagafjörður	Hitaveitan á Ytri-Mælifellsá	Ytri-Mælifellsá	YM-01	03.07.1980	31	9,93/23	23,2	0,03	0,16	60,1	198	44,6	0,32	0,005	1,7	0,71	9,7	11,7			
Skagafjörður	Hitaveitan á Starrastöðum	Starrastaðir	Laug	03.07.1980	45	9,96/24	26,2	0,03		71,8	208	56,8	0,41	0,294	2,3	0,46	8,7	13,1			
Skagafjörður	Hitaveitan frá Skiðastaðalaug	Varmilækur	Skiðastaðalaug	03.07.1980	67	10,01/24	22,5	0,04		91,1	266	62	0,76	0,004	1,55	1,35	19,7	21,8			
Skagafjörður	Hitaveitan frá Kirkjubró	Reykir	Kirkjubró	04.07.1980	63	9,92/22	17,1	0,088	0,25	92,8	146	58,8	0,64	0,003	1,68	1,19	17,58	20,6			
Skagafjörður	Hitaveitan í Laugardal	Laugardalur	LD-01	04.07.1980	50	9,85/22	23,8	0,03	0,22	72,4		47,4	0,44	0,004	1,28	0,57	9,4	12,4			
Skagafjörður	Hitaveitan á Reykjavöllum	Reykjavellir	RV-01	04.08.1980	45	9,65/23	25,7	0,14		82,5	209	65,8	0,97	0,005	2,48	1,54	26,2	33,2			
Skagafjörður	Hitaveitan á Hafgrimsstöðum	Hafgrimsstaðir	Hafgrimsst.laug	04.08.1980	42	9,89/24	24,7	0,14	0,17	67,3	200	44,9	0,31	0,05	1,8	0,55	9,7	13,8			
Skagafjörður	Hitaveitan frá Barði í Fljótum	Barð	BL-01	26.10.1985	66,5	9,76/22	18,9	0,49		135,7	360	77,25	1,96	0	1,77	0,623	29,23	53,63			
Skagafjörður	Hitaveitan frá Reykjum í Fljótum	Reykir	Laug	26.10.1985	55,5	10,2/23	13,4	0,1		90,4	274	65,18	0,87	0,001	2,09	0,525	22,5	40,15			
Skagafjörður	Hitaveitan frá Laugalandi í Fljótum	Laugaland	Laug	26.10.1985	52,8	9,85/22	18,9	0		95,9	265	60,93	1,08	0,015	0,28	0,618	21,48	34,83			
Skagafjörður	Hitaveitan á Vindheimum	Vindheimar	VH-02	05.11.1987	59	10,28/19	21,3	0,05		73,9	180	50,24	0,59	0,062	1,13	0,701	7,35	10,43			0
Skagafjörður	Hitaveitan frá Ytra-Vallholti	Ytra-Vallholt	Vallalaug	05.11.1987	58	10,05/19	24,6	0		106	217	50,7	0,9	0,045	0,4	0,783	5,26	8,52			0
Skagafjörður	Hitaveitan á Hofsvöllum	Hofsvellir	HV-02	05.11.1987	75	9,29/21	25,1	0,34		107,7	441	115,8	2,12	0,043	5,62	1,242	86,74	88,81			0
Skagafjörður	Hitaveitan á Laugarhvammum	Steinsstaðir	LH-01	05.11.1987	57,5	10,29/21	21,3	0		74,2	195	52,18	0,51	0,016	1,17	0,762	9,8	12,75			0
Skagafjörður	Hitaveita Hjaltdals	Reykir	RH-01	04.11.1992	60	10,12/19	16,8	0,08	0,49	95,5	209	55	0,57	0,002	2,7	1,5	19,4	16,6	0,03		
Skagafjörður	Hitaveitan frá Lambanesreykjum	Lambanesreykir	LN-14	17.02.1998	62	10,06/19	20,7	0,8	0,07	98,6	282	67,4	0,99	0,007	1,7	0,53	23,5	33,3	0,03	0,0005	0,014
Skagafjörður	Hitaveitan í A-Fljótum	Reykjarhöll	RE-01	11.11.1998	60,8	10,21/22	16,1	0,13	0,07	103,9	240	54,9	0,68	0,006	1,73	0,43	8,9	20,11	0,05	0,0001	0,0027
Skagafjörður	Hitaveitan á Bökkum	Reykjarhöll	RH-05	11.11.1998	90,6	9,66/22	25,6	0,97	0,11	148,8	342	78,8	2,24	0,006	2,46	0,7	32,7	53,28	0,05	0,0001	0,0019
Skagafjörður	Hitaveita Skagaftarðar	Varmahlíð	VH-3	03.10.2000	91,2	9,6/20	35,7	1,96	0,43	123	242	78,4	1,98	0,003	1,74	2,23	28	46,7	0,07	0,0006	0,0028
Skagafjörður	Hitaveita Skagaftarðar	Steinsstaðir	Steinsstaðalaug	03.10.2000	60,2	10,19/21	20,9	0,04	0,25	81,2	180	54,8	0,47	0,006	1,45	0,95	12,5	15,4	0,11	0,0002	0,0095
Skagafjörður	Hitaveita Skagaftarðar	Borgamýrar	BM-13	04.10.2000	68,2	9,98/23	15,2	0,43	0,14	68,9	195	55,1	0,71	0,002	3,25	1,5	18	36,8	0,06	0,0001	0,0037
Húnaþing Vestra	Hitaveitan í Hrutafirði	Reykir	RS-03	25.04.1986	98	8,63/22	13,9	0,3	0,65	125,9	992	225,6	8,8	0,028	62,83	2,305	293,82	212,68			
Húnaþing Vestra	Hitaveita Húnaþings Vestra	Laugarbakki	LB-2	25.11.1999	99,1	9,17/23	8,73	0,21	0,36	96,7	563	148	3,49	0,006	23,5	3,83	144	144	0,05	0,0061	0,0054
Torfalækjarhreppur	Hitaveita Blönduóss	Reykir við Reykjabr.	RR-12	03.10.2000	74,5	9,87/18	25,8	1,6	0,03	107,7	247	67,7	1,94	0,003	2,79	5,43	8,35	59,1	0,02	0,0004	0,0284
Akrahreppur	Hitaveitan frá Viðivöllum	Viðivellir	Viðivallalaug	12.04.1980	26,3	9,96/27	19,7	0,14	0,05	32,1	104	28,4	0,21	0	1,77	0,21	3,9	3,4			
Ólafsfjörður	Hitaveita Ólafsfjarðar	Laugarengi	OB-4	12.11.2001	67	10,25/19	13,7	<0,03	0,04	77,9	160	38,8	0,51	0,007	2,64	0,17	8,72	6,15	0,1	0,0008	0,003
Ólafsfjörður	Hitaveita Ólafsfjarðar	Skeggjabrekkudalur	SK-12	12.11.2001	56	10,23/23	14,5	<0,03	<0,03	63,6	136	34,09	0,4	0,008	1,94	0,11	7,62	4,43	0,1	0,0001	0,0049
Dalvíkurbyggð	Hitaveitan í Laugahlíð	Laugahlíð	LA-01	06.04.1979	32	10,28/23	13,7	0,1		55,5	128	31,1	0,1	0	2,24	0,2	6,1	8,1			
Dalvíkurbyggð	Hitaveitan í Ytri-Vík	Syðrihagi Sólbakki	YV-14	22.11.1999	81,9	10,0/184	20	0,06		112				0,005		1,25	13,5	16,3			
Dalvíkurbyggð	Hitaveita Dalvíkur	Hamar í Svarfáðardal	HA-10	05.10.2000	64,2	10,24/22	16,4	0,03	0,1	89,1	208	48,9	0,55	0,003	2,19	0,48	9,22	12,9	0,08	0	0,0033
Dalvíkurbyggð	Hitaveita Dalvíkur	Bimunes	ÁRS-29	05.10.2000	73	10,05/23	17	0,16	0,16	106,5	225	56,2	0,79	0,001	2,02	0,92	13,9	15,5	0,07	0	0,0019
Hriseyjarhreppur	Norðurorka-Akureyri	Saltnes	HR-10	05.10.2000	77,9	9,26/23	4,16	0,05	0,11	68,3	942	257	4,52	0,02	88,1	0,25	498	58	0,02	0,0004	0,0026

Viðauki 1 d. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi d. (www.lagnaival.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Hiti	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe	
Akureyri	Norðurorka	Veitukerfi	03.04.1997	80	9,83/21	22	<0,03	0,17	94,4	248	53,1	1	<0,001	2,82	0,49	12,7	35,7	0,101	0,0001	0,0056	
Eyjafrjardarsveit	Norðurorka	Kristnes	Kristneslaug	10.11.1998	51,3	9,91/22	18,9	0,05	0,21	82,5	152	49,1	0,69	0,007	3,21	0,62	7	35,54	0,02	0,0002	0,0154
Eyjafrjardarsveit	Norðurorka	Laugaland	LA-12	03.02.2000	94,2	9,78/21	18,4	0,1	0,16	99,3	201	52,7	1,14	0,003	3	0,41	11,9	39,6	0,17	0,0009	0,0033
Eyjafrjardarsveit	Norðurorka	Hrafnail	HN-10	04.04.2001	79	9,84/23	19,6	0,05	0,14	69,8	203	46,5	0,75	0,008	3,55	0,51	7,57	36,8	0,127	0,0003	0,0106
Eyjafrjardarsveit	Norðurorka	Botn	BN-1	04.04.2001	92	9,76/23	14,8	0,07	0,18	90,6	264	56	1,19	0,005	4,59	0,59	11,9	55	0,189	0,0004	0,0043
Eyjafrjardarsveit	Norðurorka	Reykhús	RH-07	03.02.2000	74,8	9,./22	17,9	0,07	0,24	88,5	243	53,9	0,88	0,001	3,84	0,57	11,9	47,7	0,08	0,0005	0,0069
Hörgárbyggð	Norðurorka	Belamörk	LbN-11	04.02.2000	89,6	9,8/21	25	0,13	0,21	114	244	52,5	1,24	0,014	1,79	0,65	10,8	22,2	0,09	0,0007	0,0248
Svalbarðsströnd	Norðurorka	Svalbarð	SE-01	21.11.1999	57	10,03/20	15,8	0,1	0,39	72	211	44,8	0,5	0,003	3,01	0,57	15,5	17,8	0,07	0,0026	0,0122
Grytubakkahreppur	Sundlaugin	Grenivik	AB-01	15.10.1988	19	9,82/16	11,2	0,02		21,9	107	26,2	0,19	0,064	2,49	0,132	9,66	7,35			
Hálsahreppur	Hitaveitan í Fnjóskadal	Draflastaðir	DS-02	22.10.1986	47	9,99/19	17,8	0		76,7	194	40	0,42	0	2,53	0,396	7,65	15,96			0
Hálsahreppur	Norðurorka	Reykir	RF-07	08.09.1998	89,4	9,89/23	24,8	0,13	0,11	107	110	48,49	0,89	0,005	1,54	0,4	6,37	16,1	0,19	0,0006	0,0078
Ljósavatnshreppur	Hitaveitan á Stóru-Tjörnum	Stórutjarnir	ST-04	24.11.1990	63,3	9,7/18	17,4	1,05	0,13	108,2	255	55,92	1,14	0,0005	2,78	0,755	15,26	34,13	0,02		
Skútustaðahreppur	Hitaveitan á Stöng í Mývatnssveit	Stöng	AD-01	10.10.1978	22	10,51/23	16,6	0		80,2	188	45,4	1,1	0	2,1	0,87	7,8	6			
Skútustaðahreppur	Hitaveitan á Hofsstöðum	Hofsstaðir	Uppspretta	08.11.1978	15	9,35/21	43,5	0		31,6											
Skútustaðahreppur	Fagradalsveitan	Gautlönd	GL-01	27.10.1992	64,1	10,55/21	17,8	0	0,06	81,4	191	57,6	0,73	0,001	2,18	1	9,3	16	0,32		0,004
Skútustaðahreppur	Hitaveita Reykjahlíðar	Bjarnarlag	B-04?	16.11.1995	97,1	9,21/17	47,9	0,26	0,01	26,8	71	9,9	1,23	6,3	10,4	0,14	3,05	6,06	0	0,0005	0,001
Reykdalehreppur	Hitaveitan á Brún	Brún	BR-03	03.10.1984	50,7	10,79/15	9,3	0,04	0,077	86,14	228	57,5	1,1	0	2,36	1,022	5,56	16,67	0,2		
Reykdalehreppur	Hitaveita Reykdælahrepps	Laugar	LS-02	07.10.2000	64,1	10,63/21	14,6	0,04	0,05	74,8	193	50,2	0,43	0,002	2,15				0,35	0,0001	0,0042
Reykdalehreppur	Hitaveitan á Stóru-Laugum	Stóru-Laugar	LS-02	07.10.2000	64,1	10,63/21	14,6	0,04	0,05	74,8	193	50,2	0,43	0,002	2,15				0,35	0,0001	0,0042
Reykdalehreppur	Hitaveita í Aðaldal	Hafalækur	HA-01	04.10.1989	72,5	10,12/17	11,7	0,12	0,05	102,8	241	56,2	0,74	0,001	1,8	1,023	10,15	22,22	0,12	0	0
Aðaldalahreppur	Hitaveitan frá Syðsta-Hver	Hveravellir	Syðsti-Hver	15.08.1968	98	9,5/98	31,4	1,3	0,25	179,0	345	56	2,2	0,01	1,7	1,6	10	60,5			0,0164
Reykjahreppur	Hitaveitan frá Uxahver	Uxahver		23.07.1979	100	9,39/22	32,9	0,8	0,08	169,8	357	56,2	3,07	0,068	1,84	1,03	14,6	32,4	0,21		0,024
Reykjahreppur	Orkuveita Húsavíkur	Hveravellir	HV-01	19.11.1999	103	9,49/22	29,4	1,2	0,1	178	338	57,9	2,58	0,005	1,96	1,04	12,1	31,8	0,23	0,0036	0,0042
Reykjahreppur	Orkuveita Húsavíkur	Veitukerfi		14.11.2001	80	9,38/21	35	1,17	0,07	169	326	58	2,37	0,008	1,81	1,01	11,4	30,8			
Húsavík	Hitaveita Héðinshöfðabæja	Hveravellir	HV-01	19.11.1999	103	9,49/22	29,4	1,2	0,1	178	338	57,9	2,58	0,005	1,96	1,04	12,1	31,8	0,23	0,0036	0,0042
Reykjahreppur	Hitaveita í Aðaldal og Kinn	Hveravellir	HV-01	19.11.1999	103	9,49/22	29,4	1,2	0,1	178	338	57,9	2,58	0,005	1,96	1,04	12,1	31,8	0,23	0,0036	0,0042
Reykjahreppur	Hitaveita Óxarfjarðarháa	Arlækjarsel	AER-03	01.10.1994	97,6	7,74/23	21,7	0	1,08	138,8	2580	897	43,2	0,33	163	0,2	1580	92,6			
Óxarfjarðahreppur	Hitaveitan í Áreyjum	Áreyjar	AE-01	28.09.1990	43,5	9,7/14	6,05	0,07	0,13	63,1	414	92,4	1,06	0,007	29,71	2,064	67,9	138,1	0,01		
Fjarðarbyggð	Sundlaugin við Ytri-Nýpur	Laugar í Selárdal	FN-03	11.04.1980		10,14/18	9,5	0,12		57,2	180	45,8	0,32	0	2,44	0,3	17,1	15,7			
Vopnafjarðahreppur	Hitaveita Egilsstaða og Fella	Urriðavatn	UV-8	12.07.2000	74,9	9,55/23	14,7	0,24	0,15	65	247	66,1	0,933	0,003	6,96	0,65	43,3	51,06	0,09	0,0003	0,0018
Fellahreppur	Borholan í Vík í Mýrdal	Norðurvík	NV-02	08.09.1986	26	9,02/23	43,5	0		51,4	1489	452,9	8,01	1,53	70,9	2,988	701,14	156,25			0,04
Mýrdalshreppur	Hitaveitan á Þorvaldseyri	Þorvaldseyri	ÞE-02	28.09.1989	59,2	8,72/18	147	0,13	1,99	124,4	820	246,7	3,8	0,1	4,5	2,245	72,17	257	0,05	0	0
Austur-Eyjafljalla	Hitaveitan í Hvammi	Hvammur	HM-01	17.06.1986	56	10,14/22	21,4	0	0,18	72,1	234	60,5	0,93	0,007	1,97	1,268	16,02	40,13			0,09
Holta- og Landssveit	Hitaveitan frá Skammbeinsstöðum	Skammbeinsstaðir	SK-03	07.09.1988	53	10,52/24	14,3	0		80,5	208	65,5	0,66	0,003	1,68	1,423	17,5	24,59			
Holta- og Landssveit	Dvergasteinn sf. hitaveitufélag	Flagbjarnholt	FH-01	14.04.1992	63	10,25/24	16,5	0	0,17	74,1	192	58,1	0,58	0,001	2,19	1,674	15,3	31,52	0,15		0,0084
Holta- og Landssveit	Hitaveitan frá Stóra-Klofa	Stóri-Klofi	SB-02	03.11.1993	55,7	10,0/24	12,4	0	0,17	62,8	247	66,3	0,58	0,001	4,67	1,26	18,9	68	0,07	0,0004	0,0055

Viðauki 1 e. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi e. (www.lagnaival.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Sveitarfélag	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Híti	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe
Holta- og Landssveit	Hitaveita Rangæinga	Laugaland	LL-04	20.09.2000	95,9	9,86/23	22,8	0,2	0,24	98,3	245	79,4	1,49	0,013	2,3	1,15	35,2	44,4	0,27	0,0006	0,054
Holta- og Landssveit	Hitaveitan Rangæinga	Kaldárholt	KH-34	20.09.2000	67,8	10,32/23	12,5	0,16	0,14	89,2	212	64,2	0,66	0,001	2,75	2,21	19,4	25,5	0,12	0,0003	0,0032
Holta- og Landssveit	Hitaveitan frá Sölvholti	Sölvholt	SH-01	24.06.1969		8,95	9,2			56,0	1941	450	11,1	0,06	200	0,3	954	117,2			
Hraungerðishreppur	Hitaveitan á Laugum	Laugar	LA-04	28.09.1980	61	10,02/22	6,53	0,03		56,9	568	187	3,35	0,001	12,2	0,6	198,5	91,2			
Hraungerðishreppur	Hitaveita Hraungerðishrepps sf.	Oddgeirshólar	OH-01	04.06.1985	77,8	9,66/23	4,9	0,08		63,4	853	244,6	5,11	0,013	38,18	0,716	367,28	94,18	0,07		0
Hraungerðishreppur	Selíssveitur bs.	Veitukerfi		13.02.2002	72	8,58/23		0,03		63,5		155	3,63	0,087	30,7						
Árborg	Selíssveitur bs.	Þorleifskot	ÞK-10	13.03.2000	71,7	8,49/23	34,9	0,12	0,12	63,7	479	146	4,2	0,104	26,1	0,21	210	52,3	0,02	0,0035	0,0089
Hraungerðishreppur	Hitaveitan á Skeiðum	Húsatóftarholt	BH-02	05.09.2002	69	9,6/27	6,7	0,03	0,20	64,7	500	155,4	2,1	0,003	14,4	2,4	193	63,8	0,043	0,0001	0,002
Skeiðahreppur	Hitaveita Útbæja á Skeiðum	Húsatóftir	HT-08	21.06.1987	74,2	9,79/24	9,1	0		70,6	507	144,4	2,68	0,001	11,86	2,494	168,46	65,15			0
Skeiðahreppur	Hitaveita Suður-Skeiða	Blesastaðir	BS-02	16.10.1987	75	9,66/21	6,4	0		69,0	1113	344	4,65	0,001	35,59	1,286	501,4	117,5			0
Skeiðahreppur	Hitaveitan á Brjánstöðum	Brjánstaðir	BR-02	29.08.1988	60	8,96/21	11,6	0		128	968	281,6	14,19	0,052	15,09	1,968	381,1	98,52			
Skeiðahreppur	Hitaveita Frambæja	Reykir	RE-03	19.06.1990	69,1	9,73/22	15,7	0	0,18	68,5	342	100,7	1,49	0,02	7,7	2,819	99	52,7	0,05		
Skeiðahreppur	Hitaveitan frá Hlemmiskeiði	Hlemmiskeið	HS-6	26.11.1992	69,6	9,69/23	9	0	0,21	73,5	471	153,1	2,57	0,003	10	2,52	163	68,7	0,07		
Skeiðahreppur	Hitaveitufélag Gnúpverja	ÞH-04		17.05.1982	67	10,13/23	14,7	0,05		71,4	211	61,37	0,9	0	2,26	1,37	15,25	38,31			0
Gnúpverjahreppur	Hitaveitan í Birtingaholti	Birtingaholt	BH-01	19.02.1975	61	9,47/20	24,2	0,9	0,27	81	259	69,5	1,2	0,12	3,3	1,37	31,5	45,1			
Hrunamannahreppur	Hitaveitan frá Kotlaugum	Kotlaugar	KL-01	02.04.1981	99,4	7,02/22	81,3	0		160,9	468	95,5	2,4	0,308	4,47	2	35	98,4			
Hrunamannahreppur	Hitaveitan frá Kópavatni	Kópavatn	KV-01	02.04.1981	114	8,72/22	56,7	0		156,9	411	80,7	3,4	0,182	3,8	1,65	35,8	67,5			
Hrunamannahreppur	Hitaveitan á Reykjabóli	Reykjaból	RB-01	18.06.1987	97,3	9,45/24	54,4	5,3		252,4	584	109,1	5,97	0	1,52	1,841	30,72	64,99			0
Hrunamannahreppur	Hitaveitan frá Reykjadal	Reykjadalur	RD-01	21.06.1987	83	9,28/24	48,1	1,56		127,2	316	75,28	2,42	0,009	1,98	1,237	23,94	48,21			0
Hrunamannahreppur	Hitaveita Miðfellshverfis	Gata	GA-02	21.06.1987	62	9,47/24	33,1	0,42		82,2	253	58,78	0,98	0	2,68	1,004	21,52	43,11			0
Hrunamannahreppur	Hitaveitan í Borgarási	Efrasel	BS-01	04.10.1994	45					97,3				0,08			83,8	52,5			
Hrunamannahreppur	Hitaveita Langholts/Unnarholtsv.	Ásatún	ÁT-01	01.11.1995	80,5	9,44/22	41,6	1,31	0,27	98,6	264	66,3	1,27	0	2,5	1,09	22,2	46,6	0,06	0	0,012
Hrunamannahreppur	Hitaveita Flúða og nágrennis	Flúðir	FL-8	01.12.1998	104	9,21/22	45,9	2,23	0,35	148	287	78,4	2,16	0,005	1,5	1,35	24	59,84	0,11	0,0009	0,0084
Hrunamannahreppur	Hitaveitan frá Grafarbakka	Grafarbakki	GB-02	01.12.1998	108	9,25/22	46,8	2,15	0,39	144,8	279	73,3	1,9	0,005	1,96	1,37	29,2	60,8	0,13	0,0005	0,0048
Hrunamannahreppur	Hitaveita Hlíðamanna sf.	Efri-reykir	ER-23	23.08.1988	147	9,42/018	30,1	4,8	0,15	188,6		101,8	5,4	0,03	1,28	2,39	53,6	59,1			
Biskupstungnahr.	Hitaveita Reykhólts	Stóraflljót	Reykholtshver	15.04.1968	98	9,1/98	15,7	1,3	0,53	194	524	112,9	5,7	0,03	2,6	2,2	89,5	71,8			0,0268
Biskupstungnahr.	Brúin sf.	Stóraflljót	Reykholtshver	08.04.1974	98	9,1/98	15,7	1,3	0,53	194	524	112,9	5,7	0,03	2,6	2,2	89,5	71,8			0,0268
Biskupstungnahr.	Hitaveitan í Skálholti	Skálholt	Þorlákshver	16.07.1979	96	9,25/21	21,4	0,98	0,27	112,4	360	76,4	2,48	0,003	3,67	2,36	53,7	57,8	0,07		0,0082
Biskupstungnahr.	Hitaveitan á Syðri-Reykjum	Syðri-Reykir	Hver Reykjagil	19.08.1985	84,6	9,08/22	37,3	0,82		153,2	366	79,66	3,19	0,1	3,08	2,153	46	50,68			
Biskupstungnahr.	Hitaveita Torfastaða	Vegatunga	Hver	10.04.1991	71,5	8,0/23	111	0	0,25	116,2	377	81,4	3,29	0,6	12,34	1,991	37,6	36,8			
Biskupstungnahr.	Hitaveitan í Haukadál	Haukadalur	Hver	27.11.1992		8,92/22	166	0,86	1,08	437	1033	238	13,5	0,013	0,79	12	121	99,9	0,55	0,0007	0,004
Biskupstungnahr.	Hitaveitan á Spóastaðum	Spóastaðir	SS-01	25.09.1996	76	9,21/22	39,1	1,15	0,27	101,7	335	84,6	1,83	0,013	4,08	2,8	46,7	51,8	0,03	0,0002	0,012
Biskupstungnahr.	Hitaveitan í Helludal	Helludalur	HD-02	06.08.1998	58,8	7,56/22	279	0	0,26	124,8	553	165,9	17	0,137	4,13	5,25	38,4	24,6	0,01	0,0006	0,013
Biskupstungnahr.	Hitaveitan í Neðridal	Neðridalur	ND-01	06.08.1998	68,5	7,55/22	449	0,04	0,32	186,7	803	211,9	43,5	1,04	11,5	5,25	44,3	30,3	0,01	0,0064	0,054
Biskupstungnahr.	Hitaveita Laugaráss Biskupst.	Laugarás	Hidarhver	21.06.2000	98,1	9,55/23	21,3	0,68	0,3	114	342	83,9	1,88	0,012	3,66	2,2	48	56	0,1	0,0003	0,0053
Biskupstungnahr.	Hitaveita lðu	Laugarás	Hidarhver	21.06.2000	98,1	9,55/23	21,3	0,68	0,3	114	342	83,9	1,88	0,012	3,66	2,2	48	56	0,1	0,0003	0,0053
Biskupstungnahr.	Hitaveita Böðmódsstaða	Böðmódsstaðir	BS-01/23	15.04.1968	86	8,9/86	18	3,9	0,31	164	402	83,3	3,6	0,07	3,5	2,2	43,3	54,8			0,139

Viðauki 1 f. Efnasamsetning hitaveituvatns á Íslandi f. (www.lagnaval.is, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005, 2006).

Sveitarfélag	Sveitarfélag	Vinnslusvæði	Hola	Dags.	Hiti	pH/°C	CO2	H2S	B	SiO2	Uppl.	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO4	Al	Mn	Fe
Laugardalshreppur	Hitaveitan í Útey	Útey	Hver	15.04.1968	99	8,4/99	38,1	22,4	0,19	141	400	78,8	3,5	0,04	5,4	2,8	49	105,6			0,0546
Laugardalshreppur	Hitaveita Austureyjar	Austurey	AE-02	05.09.1994	86	9,32/23	19,7	0,82	0,24	104,1	324	77,6	1,95	0,006	3,03	1,67	49,7	41,8			
Laugardalshreppur	Hitaveita Laugarvatns	Laugarvatn	Aðalhver	11.09.1996	98,5	9,48/22	30,8	12,2	0,09	151	365	77,4	3,24	0,009	3,11	2,95	32,8	33,4	0,15	0,0003	0,007
Laugardalshreppur	Hitaveita Hjalms- og Snorrast.	Laugavatn	Aðalhver	11.09.1996	98,5	9,48/22	30,8	12,2	0,09	151	365	77,4	3,24	0,009	3,11	2,95	32,8	33,4	0,15	0,0003	0,007
Laugardalshreppur	Hitaveita Hveragerðis	Hveragerði	HS-03,08,09	06.06.1991		8,98/21	58,8	18,2	0,62	281	736	152	12,35	0,064	2,51	1,92	131	41,7	0,5		0,005
Hveragerði	Hitaveita Hveragerðis	Ölfusdalur	HV-02,04	13.02.1980	83	8,62/23	57,8	7,8		165	435	83,5	6,9	1,52	6,34	0,92	62,7	49,9			
Hveragerði	Heilsuhæli NLFÍ	Hveragerði	NLFÍ-02	23.09.1987		8,99/24	55	17,5		257,6	651	149,5	11,04	0	1,6	1,665	127,47	39,29			0
Hveragerði	Hitaveitan í Ölfusborgum	Reykir	ASÍ-2	09.12.1971		8,05	60	0		161		158	5,2	0,1	8,5		184,8	49,2			
Ölfushreppur	Borhola NFLÍ á Sogni	Sogn	SO-01	07.02.1972		9,35	90	0		84	240	78	3,5	0,03	1,7	0,8	11	5,3			
Ölfushreppur	Hitaveitan í Hlíðardalsskóla	Vindheimar	HS-2	05.07.1972	59,5	9,3	26,9			81	446	114	3,4	0,4	16,8	0,7	51,2	135,8			
Ölfushreppur	Hitaveita Ölfusi	Öxnalækur	ÖL-01	18.07.1979	157	6,86/20	120	3,08	0,6	231,9	725	159	10,1	0,03	8,37	1,3	152,2	58,2	0,2		0,0092
Ölfushreppur	Hitaveita í Ölfusi	Kröggólfstaðir	KS-01	04.11.1985		9,32/20	44,8	1,07		212,4	808	209,7	12,34	0,016	4,13	1,093	217,98	58,94			
Ölfushreppur	Hitaveita Ölfusi	Núpar III	NU-07	15.04.1986	68	8,75/22	70,7	0	0,31	115,7	577	162,6	3,88	0,063	5,83	1,145	167,63	45,2			
Ölfushreppur	Hitaveita Ölfusi	Gljúfurárholt	GH-3	20.04.1988	102	8,8/20	70,4	0		150,3	462	119,8	5,53	0,039	3,56	1,473	91,97	41,27			0
Ölfushreppur	Austurveita hf. Ölfusi	Gljúfurárholt	GH-03	20.04.1988	102	8,8/20	70,4	0		150,3	462	119,8	5,53	0,039	3,56	1,473	91,97	41,27			0
Ölfushreppur	Hitaveita Ölfusi	Eystri-Bakki	EB-01	31.07.1991	100	9,05/25	6,2	0,19	0,28	118,8	1138	302,1	14,2	0,013	49,9	0,552	472,6	120	0,1		
Ölfushreppur	Hitaveita Ölfusi	Laugabakkar	LB-02	29.06.1994	56,5	9,86/25	13,3	0,18	0,26	62,3	260	80,5	0,77	0,002	4,02	0,79	74,3	28,2			
Ölfushreppur	Hitaveitan í Auðsholti	Auðsholt	AH-04	30.06.1994	61	9,51/26	7	0	0,27	52,2	483	143	1,58	0,004	16,6	0,77	187	63,1			
Ölfushreppur	Hitaveitan á Árbæ	Árbær	AB-09	31.08.1994	66,7	9,41/25	32	0	0,19	63,5	179	50,9	0,82	0,007	1,45	0,34	18	17,9			
Ölfushreppur	Þorlákshafnar	Bakki	BA-1	01.02.2001	118	8,86/23	4,73	0,65	0,24	131	1272	393	17,4	0,013	73,3	0,51	650	118	0,07	0,001	0,0037
Ölfushreppur	Hitaveitan á Öndverðarnesi	Öndverðarnes	HÖ-23	28.03.2001	81,8	9,42/20	7,1	0,07	0,13	85,3		142,3	3,5	0,025	13,42	0,46	178,4	66,6	0,1		0,067
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan í Reykjanesi	Reykjanes	Hver	25.11.1974	78	9,59/20	27,7	0,4		80	374	97,9	2,7	0,16	7,3	2,4	99,3	52,8			
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan í Eyvík	Eyvík	EV-01	24.06.1982	69	8,0/22	116	0		156,4	601	157,2	5,59	0,09	4,37	2	114,78	65,02	0,14		
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan í Vatnsnesi	Vatnsnesi	VA-01	24.06.1982	82	9,11/22	26,3	0,13		135,5	552	143,3	6,67	0,003	4,47	1,823	157,13	52,78	0,09		
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan á Ormsstöðum	Ormsstaðir	OS-02	24.06.1982	90	9,32/22	19,7	0,3		111,7	513	137,2	3,68	0,003	5,18	1,382	158,06	51,41	0,1		
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan á Hömrum	Hamrar	HA-01	28.09.1982	50	8,5/22	29,3	0		68,9	795	229	8,4	0,58	26,69	0,456	348,3	69,82			
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan á Klausturbólum	Klausturbólur	KH-01	07.11.1983	120	6,92/20	273	3,77		222,2	895	195,2	14,61	5,02	12,71	1,08	113	77,9			
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveita Grímsn./Grafningsshr.	Kringla	KR-01	18.02.1985	62,5	9,5/22	23,1	1,98		68,0	285	76,78	1,88	0,015	4,75	1,95	68,53	46,56	0,07		
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveita Grímsn./Grafningsshr	Vaðnes	VA-13A	21.07.1994	77,5	9,61/25	9,85	0	0,15	80,6	360	99,3	1,46	0,001	7,24	0,85	92,4	67,3			
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan á Hæðarenda	Hæðarenda	HE-02	11.04.1995	70	6,71/25	1226	0,54		210,7	1816	629	35,9	4,05	39,5	1,59	273,4	131,1			
Grímsn./Grafningsshr	Hrókur ehf. Brjánsstöðum	Brjánsstaðir	BS-05	17.01.1996	82,2	7,66/22	96,3	0,19	0,26	126,8	546	151,8	4,39	0,11	11	1,66	115,4	112,1	0,05	0,005	0,048
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveita Bjarkarborgar	Bjánsstaðir	BS-05	17.01.1996	82,2	7,66/22	96,3	0,19	0,26	126,8	546	151,8	4,39	0,11	11	1,66	115,4	112,1	0,05	0,005	0,048
Grímsn./Grafningsshr	Hitaveitan á Sólheimum	Sólheimar	SO-02	02.07.1998	81,1	8,82/23	23,3	0,6	0,21	98,9	562	163,1	4	0,019	14,5	1,9	194	65	0,02	0,0013	0,024

