



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITUVATN Á ÍSLANDI
Efnasamsetning og flokkun

Hrefna Kristmannsdóttir

OS-90042/JHD-23 B

Nóvember 1990

HITAVEITUVATN Á ÍSLANDI
Efnasamsetning og flokkun

Hrefna Kristmannsdóttir

OS-90042/JHD-23 B

Nóvember 1990

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS Á ÍSLANDI	4
3. FLOKKUN HITAVEITUVATNS Í ÍSLENSKUM HITAVEITUM	4
4. HELSTU NÝTINGAREIGINLEIKAR	6
5. EFNABREYTINGAR Í JARÐHITAKERFUM	7
TILVITNANIR	8

TÖFLUR

1. Efnasamsetning jarðhitavatns á nokkrum háhitasvæðum	9
2. Dæmi um efnasamsetningu fersks og ísalts hitaveituvatns frá ýmsum stöðum á landinu	10
3. Efnastyrkur í hitaveituvatni	11

1. INNGANGUR

Hitaveitur á Íslandi eru um fjörutíu talsins og allflestar þeirra nota jarðhita sem orkugjafa. Flestar hitaveitnanna nota jarðhitavatnið beint og er þá um lághitavatn að ræða, en nokkrar hita upp kalt vatn, sem þær dreifa til notenda.

Tiltölulega lítil vandamál fylgdu beinni notkun lághitavatns í fyrstu veitunum, sem byggðar voru, og var almennt talið að mjög lítil hættu væri á að vandræði eins og tæring lagna eða útfelling yrðu við nýtingu slíks vatns. Sumt jarðhitavatn hérlendis er þó ekki vel hæft til beinnar nýtingar. Því hefur borið við nokkrum sinnum á síðari árum að ef farið hefur verið út í byggingu hitaveitna án þess að leitað væri sérfræðialits um nýtingarhæfni vatnsins hefur það haft í för með sér vandræði, sem unnt hefði verið að afstýra eða draga úr.

Lághitavatn á Íslandi er í flestum tilvikum efnasnautt og hefur því verið álitid meinlaust til neyslu. Engin sérstök reglugerð er til um hvaða kröfur eigi að gera til hitaveituvatns né heldur um reglulegt eftirlit með neysluhæfni. Heilbrigðisýfuvöld miða við drykkjavatnsstaðla frá World Health Organization við mat á heitu vatni. Þar sem hitaveituvatn er yfirleitt ekki notað sem drykkjarvatn virðist eðlilegt að leggja annað mat á neysluhæfni þess. Hefur margoðt verið bent á það af hálfu Orkustofnunar og fleiri aðila að æskilegt væri að til væri reglugerð um hitaveituvatn. Tilgangurinn með þeirri ábendingu er ekki að leggja meiri hömlur á hitaveiturnar heldur þvert á móti að auðvelda þeim starfsemi sína með því að setja reglugerð um þessi mál. Slík reglugerð fæli væntanlega ekki í sér einn staðal um það hvernig hitaveituvatn ætti að vera til að vera söluhæft heldur fremur um upplýsingaskyldu til neytenda um hvernig viðkomandi vatn væri og hvernig þyrfti að meðhöndla það. Einnig þyrfti að setja reglur um eftirlit með breytingum á efnainnihaldi og með vatni sem aukaefnum er blandað í að staðaldri til að hefta útfellingu eða til súrefniseyðingar.

Til eru talsverð gögn um efnasamsetningu hitaveituvatns, aðallega á Orkustofnun en einnig á öðrum stofnunum. Tekin hafa verið sýni úr nær öllum heitavatnsborholum og hverum, sem nýttir eru til upphitunar og reglulega úr mörgum þeirra um margra ára skeið. Slík regluleg sýnataka hefur verið liður í eftirliti með viðbrögðum jarðhitasvæða við nýtingu. Í nokkrum tilvikum hafa einnig verið tekin sýni reglulega úr veitukerfunum sem þjónusta við veiturnar, en svo er ekki alls staðar. Þau gögn sem til eru hafa verið birt í skýrslum til viðkomandi hitaveitna og í ýmsum ritum, en hafa aldrei verið tekin saman og flokkuð með tilliti til vatnsgerða í hitaveitna né sett fram á þann hátt að þau gagnist sem grundvöllur til að byggja á reglugerð um kröfur og eftirlit með vatnsgæðum. Því var fyrir tveim árum leitast við að fá fjárveitingu til að vinna slíkan grunn á Orkustofnun og málið kynnt hinum ýmsu aðilum, sem tengjast því; Sambandi íslenskra hitaveitna, Hollustuvernd ríkisins og Heilbrigðisráðuneyti. Enn hefur ekki fengist fjárveiting til að vinna verkið, en í tengslum við annað rannsóknarverkefni á Orkustofnun var í byrjun þessa árs unnin frumgerð að flokkun á íslensku hitaveituvatni. Þar sem brýnt er að fá birtan slíkan grunn til að geta hafist handa við að semja reglugerð, var ákveðið að gefa þessa frumflokkun út í sjálfstæðri skýrslu svo hún gæti nýst við þessa vinnu. Þess ber að gæta að verkinu var þröngur tímastakkur skorinn og ekki eins nákvæmlega unnið og æskilegt hefði verið, og áætlað var í upphaflegu tillögunum. Þannig eru í töflunum valdar greiningar, yfirleitt úr einstökum borholum, en ekki vegin meðaltöl á vinnsluvatni úr veitunum. Skoða ber skýrsluna sem frumvinnu sem verði endurskoðuð og endurbætt síðar og væri reyndar æskilegt að slík skýrsla væri endurskoðuð reglulega vegna breytinga, sem stöðugt verða á efnasamsetningu hitaveituvatns með nýtingu.

2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS Á ÍSLANDI

Jarðhitavatn er flokkað í háhitavatn og lághitavatn eftir því hvort upprunalegt hitastig þess er yfir eða undir 150°C miðað við 1 km dýpi (sjá Axel Björnsson, 1989). Í töflu 1 er sýnd dæmigerð efnasamsetning háhitavats frá nokkrum jarðhitasvæðum og dæmigerð efnasamsetning lághitavats er sýnd í töflu 2. Eins og skýrt sést af þessum dæmum er mikill munur á efnastyrk háhitavats annars vegar og lághitavats hins vegar.

Mestallt jarðhitavatn á Íslandi er að uppruna regnvatn og því ferskt eða efnasnautt. Sumt jarðhitavatn er þó að uppruna sjór eða sjóblandað, en slíkt vatn er mjög efnaríkt. Í jarðhitavatninu eru uppleyst steinefni og gastegundir, sem vatnið hefur leyst upp úr bergi við að renna um það djúpt í jörðu. Styrkur flestra efna er háður hitastigi og í flestum tilvikum eykst hann með hækkandi hitastigi, en einnig eru dæmi um efni, þar sem styrkurinn lækkar með hækkandi hitastigi. Styrkur efna fer líka eftir efnasamsetningu þess bergs sem vatnið rennur um. Berggrunnur á Íslandi er nær eingöngu úr basalti og ber efnasamsetning grunnvatns þess merki. Vatnið í jörðinni leitast við að ná efnajafnvægi við bergið við ríkjandi hitastig og nær þannig metnun við ákveðin efnasambönd. Við kólnun vatnsins verður það svo yfirmettað með tilliti til sumra þessara efna og þau hafa því tilhneigingu til að falla út úr því uns nýju jafnvægi er náð. Suða eða afloftun getur líka raskað efnajafnvægi vatnsins þannig að það verði yfirmettað með tilliti til ákveðinna efna. Í skýrslu Orkustofnunar "Útfellingar í hitaveitum" (Hrefna Kristmannsdóttir, 1988) er fjallað nánar um slík vandamál.

Þar sem háhitavatn inniheldur mun meira af uppleystum efnum en lághitavatn eru fleiri vandamál bundin nýtingu þess en lághitavats. Nú er háhitavatn hvergi notað í hitaveitum til beinnar upphitar nema að hluta til í hitaveitu Hveragerðis. Háhitavatn er hins vegar notað til að hita upp kalt grunnvatn í nokkrum hitaveitum. Lághitavatn er í flestum tilvikum vel fallið til beinnar upphitar, en þó ekki alltaf og það getur einnig spillst í meðförum.

Í næsta kafla er fjallað nánar um gerðir og flokkun hitaveituvatns miðað við efnasamsetningu og nýtingareiginleika. Í síðustu tveim köflum skýrslunnar er svo fjallað nánar um nýtingareiginleika vatns í mismunandi flokkum svo og þær breytingar sem orðið geta á efnasamsetningu vatns við nýtingu, bæði í vinnslurásinni og í grunnvatnsgeymnum.

3. FLOKKUN HITAVEITUVATNS Í ÍSLENSKUM HITAVEITUM

Flokka má hitaveituvatn út frá ýmsum eiginleikum og sjónarmiðum eins og ljóst má vera af umfjölluninni hér að framan. Í þeirri flokkun, sem hér er notuð, er miðað við styrk efna sem skipta hvað mestu máli við beina nýtingu vatnsins til hitunar. Þessi efni eru selta, mæld í styrk klóríðs, styrkur súrefnis og styrkur brennisteinsvetnis. Hitaveituvatnið er flokkað í átta flokka og eru sjö þeirra miðaðir við styrk þessara þriggja fyrirtalinna efna, en sá áttundi er annað vatn en jarðhitavatn. Innan hvers flokks mætti skipta vatninu í undirflokka miðað við önnur einkenni og mismunandi nýtingareiginleika og neysluhæfni af þeim sökum. En þau þrjú efni, sem nefnd voru hér á undan, eru talin skipta meginmáli við nýtingu til beinnar upphitar. Ekki er fjallað um annað hitaveituvatn en það, sem notað er í opnum hitaveitukerfum. Hitaveitur sem byggja á lokuðum hringrásarkerfum eru til héraendis þótt þær séu fáar. Vatnsvandamál í þeim kerfum eru svo sérstök og ólík vandamálum í opnu kerfunum að umfjöllun um þau er alveg sleppt hér. Einnig er sleppt að fjalla um kolsýruríkt vatn og vandamál við nýtingu þess, enda er slíkt vatn ekki notað í neinni stórri hitaveitu.

Hitaveituvatni má út frá fyrrgreindum forsendum skipta í eftirfarandi átta flokka :

1. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur meira en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S.
2. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og minna en 0,010 mg/kg af uppleystu súrefni O₂.
3. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og styrkur uppleysts súrefnis, O₂, er yfir 0,010 mg/kg.
4. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg og styrkur brennisteinsvetnis, H₂S, er hærri en 0,1 mg/kg.
5. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og minna en 0,010 mg/kg af uppleystu súrefni, O₂.
6. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og meira en 0,010 mg/kg af uppleystu súrefni, O₂.
7. Fullsalt jarðhitavatn með klóríðstyrk um 20000 mg/kg.
8. Upphitað kalt grunnvatn.

Í töflu 3 eru sýnd dæmi um efnasamsetningu vatns úr flestöllum hitaveitum landsins þar sem þeim er ræðað samkvæmt ofangreindum flokkum. Gögnin eru úr gagnagrunni jarðefnafræðistofu Orkustofnunar, nema tvær greiningar í flokki 1 og 2, sem eru úr gagnagrunni Hitaveitu Reykjavíkur og birt með góðfúslegu leyfi Einars Gunnlaugssonar. Um er að ræða valin sýni en ekki meðaltalssamsetningu margra sýna. Þessi leið var farin bæði vegna tímaskorts og einnig vegna þess að algengt er að efnasamsetning breytist með tímanum og því réttara í þeim tilvikum að nota sem nýjust sýni. Í flestum tilvikum eru sýnin tekin af holutoppi en ekki í veitunum sjálfum, en sums staðar er sýni úr veitunum eða bæði úr veitunum og af holutoppi.

Í mörgum tilvikum getur vatn, sem er súrefnissnautt þegar það kemur upp úr jörðinni, tekið í sig súrefni í jöfnunartökum og í gegnum plastlagnir. Þótt vatn sé þannig af flokki 2 eða 5 í upphafi getur vatnið í sjálfri veitunni verið af flokki 3 eða 6. Um þetta atriði og íblöndun í hitaveituvatn verður fjallað frekar í næsta kafla.

Selta vatns hraðar mjög öllum efnahvörfum í því svo sem tæringu og útfellingu. Það að velja mörkin fyrir ísalt vatn 50 mg/kg er fremur tilviljunarkennt, en talið er að strax við þau mörk sé hvarfhraði orðinn verulega hærri en í vatni með klóríðstyrk 20 mg/kg. Algengt er að miðað sé við 100 mg/kg af klóríði sem hættumörk fyrir vatn hvað varðar tæringu og útfellingar, en ljóst er af mælingum á tæringarhraða (Magnús Ólafsson, 1987) að áhrifa seltu gætir við enn lægri mörk.

Vatn af flokki 1 er dæmigert fyrir það jarðhitavatn, sem mest var nýtt í fyrstu hitaveitunum hérlendis, og menn tóku mið af til skamms tíma þegar talað var um upphitun með jarðhitavatni. Þó hefur vatn af flokki 2, 3 og jafnvel 4 og 5 verið nýtt um langan aldur, en einkum á stöðum þar sem ódýrt var að afla vatns og mikið af því svo menn sátu það ekki svo mjög þótt einhver vandkvæði væru við nýtingu. Vatn af flokki 7 er aðeins nýtt á einum stað og ekki í almenningsveitu, en það er tekið með í töfluna vegna þess bæði hversu sérstakt það er og einnig vegna þess að búist er við að slíks vatns megi afla á fleiri stöðum. Vatn í flokki 8 er talsvert mismunandi frá einum stað til annars og jafnvel breytilegt frá einum tíma til annars í sumum veitunum. Því fylgir þó sameiginlegt vinnsluvandamál, sem er hætta á magnesíumsilíkatútfellingum. Að öðru leyti hefur vatn í þessum flokki mismunandi einkenni, sem eru háð mismunandi seltu kalda grunnvatnsins og meðhöndlun vatnsins við upphitun (sbr. Hrefna Kristmannsdóttir, 1988, og Hrefna Kristmannsdóttir ofl. 1983).

4. HELSTU NÝTINGAREIGINLEIKAR

Hér á eftir verður dregið á nokkra helstu þætti sem varða nýtingu hitaveituvatns í hverjum þeirra flokka, sem vatninu var skipt í hér að framan.

Vatn í flokkum 1 og 4 inniheldur meira en 0,1 mg/kg af brennisteinsvetni. Talið er æskilegt að brennisteinsvetni sé í hitaveituvatni þar sem það eyðir súrefni úr vatninu og kemur þannig í veg fyrir tæringu. Brennisteinsvetnið er þó sjálft tærandi og útfellingamyndandi, en í stálörum binst súlfíðið venjulega járn, sem leyst er upp úr röraveggjum, og myndast þá húð af járn-súlfíði innan á rörunum. Þessi húð er yfirleitt þétt og varanleg og myndar góða vörn gegn frekari tæringu og því stöðvast útfelling af þessari gerð einnig af sjálfu sér. Kopar tærist mjög hratt í súlfíðríku vatni og því er óæskilegt að nota hann í lagnakerfi hitaveitna, þar sem slíkt vatn er nýtt.

Vatnið í flokkum 2 og 5 er nánast laust við brennisteinsvetni og er einnig súrefnisnautt. Vatn í flokkum 3 og 6 er snautt af brennisteinsvetni en inniheldur nokkurt súrefni. Flestallt vatn sem kemur djúpt úr jörðu og er yfir 80°C heitt er snautt af súrefni þegar það kemur upp úr jörðinni. Vatn sem tekið er úr grunnum jarðlögum og eins vatn, sem er ekki mjög heitt (50-60°C), getur hins vegar innihaldið talsvert súrefni þegar það kemur upp úr jörðinni. Eins og vikið var að hér að framan kemst súrefni oft í vatnið í tönkum eða plastlögnum. Súrefni í heitu vatni tærir stál og járnhluti mun hraðar en gerist í köldu vatni. Ekki þarf nema = 0,010 mg/kg af súrefni í vatnið til að það virki tærandi fyrir stálofna, og því saltara sem vatnið er því hraðari verður tæringin. Oft þarf því að blanda súrefniseyðandi efnum í hitaveituvatnið, en í sumum tilvikum, t.d. þar sem brennisteinsvetni er fyrir í því, virkar það sem náttúrulegur súrefniseyðir. Algengt er að blandað sé natríumsúlfíti í vatnið, en í upphitað vatn er yfirleitt sett gufa eða þétt gufa, því í henni er mikið af brennisteinsvetni. Áður en sett er súlfít í vatnið þarf leyfi heilbrigðisyfirvalda til þess en síðan er ekki um neitt eftirlit af þeirra hálfu að ræða. Hitaveiturnar fylgjast með súrefnisstyrk í veituvatni, en sjaldgæft er að þær fylgist með umframmagni af súlfíti, en umtalsverð uppsöfnun þess getur átt sér stað í kerfum þar sem um er að ræða notkun á retúrvatni. Ekki er heldur um að ræða eftirlit með styrk brennisteinsvetnis í vatni eða lofti af hálfu heilbrigðisyfirvalda.

Koparlagnir geta reynst ágætlega fyrir jarðhitavatn, sem í er nokkurt súrefni og er tærandi fyrir stálrör. Þess ber þó að gæta að séu rörin sett saman með zinkríkum messinghnjám er hætta á útleysingu zinks og í framhaldi af því útfellingu torleysts zinksilikats úr vatninu. Svipað getur gerst í galvaniseruðum rörum.

Vatn sem rennur um asbestlagnir af þeirri gerð, sem notaðar eru í aðveitur nokkurra hitaveitna á Íslandi (eternitrör), leysir upp kalsíum úr sementsbindimassa röranna og sýrustig þess hækkar verulega. Þetta raskar efnavægi vatnsins og getur valdið kalkútfellingum, einkallega ef vatnið er hitað upp aftur eins og dæmi eru um í sumum veitum. Vatnið verður líka mun harðara og leiðinlegra til þvotta. Þegar sementsbindimassinn hefur tærst mikið fara svo asbestþræðirnir að losna og berast um með heita vatninu og stífla síur og kunna e.t.v. að valda einhverjum öðrum vandræðum af heilsufarslegum toga.

Þær útfellingar sem valda mestum vandræðum í öllum þeim sjö flokkum, sem jarðhitavatn í hitaveitum er flokkað í, eru kalkútfellingar. Heitt vatn er mettað af kalki þegar það kemur upp úr jörðinni og verður í flestum tilvikum yfirmettað eftir afloftun. Útfelling verður þó sjaldan nema að yfirmettun verði mjög mikil og í söltu vatni. Við blöndun á misheitu og söltu vatni er mikil hætta á útfellingu, bæði í holum og í lögnum. Varðandi nánari upplýsingar um útfellingarhættu í hitaveitum vísast til áður nefndrar skýrslu um þetta efni (Hrefna Kristmannsdóttir, 1988).

Í upphituðu vatni er hætta á súrefnistæringu á sama hátt og í brennisteinsvetnissnauðu jarðhitavatni og því er oft blandað í það gufu eða þéttivatni eins og áður var nefnt. Við það lækkar einnig sýrustig vatnsins og þar með minnkar einnig hætta á útfellingu magnesíumsilikats, en yfirmettunargráða þess er mest háð sýrustigi. Hraði útfellingarinnar lýtur svo svipuðum lögmálum og aðrar útfellingar og fer einkum eftir því hversu yfirmettunin er mikil, efnastyrk vatnsins og hitastigi.

Miðað við kröfur um drykkjarvatn samkvæmt Alþjóða Heilbrigðisstofnuninni (World Health Organization, 1984) þá uppfyllir hitaveituvatn sjaldnast ítrustu kröfur um efnasamsetningu þótt það sé aðeins í fáum tilvikum beinlínis hættulegt til neyslu. Sýrustig þess er almennt of hátt og brennisteinsvetni er yfir mörkum í vatni af flokkum 1 og 4. Styrkur flúors, klóríðs og súlfats er einnig of hár sums staðar, og heildarstyrkur uppleystra efna er einnig yfir mörkum fyrir drykkjarvatn í sumum veitum. Þetta gildir um ísalt vatn og salt. Styrkur þungmálma er nánast í öllum tilvikum langt innan marka. Magn asbestþræða í vatni er ekki þekkt og örveruinnihald hefur lítið verið kannað.

5. EFNABREYTINGAR Í JARÐHITAKERFUM

Þegar jarðhitasvæði hafa verið nýtt í nokkurn tíma og farið er að gæta þrýstingsminnkunar eða niðurdráttur hefur orðið, getur kalt grunnvatn eða sjór farið að renna inn í það og kælt og mengað jarðhitakerfið (Axel Björnsson, 1989; Hrefna Kristmannsdóttir, 1983; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1990). Dæmi um hækkun seltu með tímanum vegna innstreymis sjávar inn í jarðhitakerfi er þekkt frá höfuðborgarsvæðinu. Þannig hefur selta í jarðhitavatni á Seltjarnarnesi nær þrefaldast frá því að hitaveitan tók til starfa. Svipað hefur átt sér stað á Laugarnes-svæðinu, en þar var seltan upphaflega mun lægri en hún er nú. Innstreymi af köldu vatni er þekkt frá mörgum jarðhitasvæðum t.d. við Þorleifskot (Hitaveita Selfoss), Urriðavatn (Hitaveita Egilsstaða og Fella) og við Bakka í Ölfusi (Hitaveita Þorlákshafnar). Við þetta breytast vinnslueiginleikar svæðanna, einkum getur vatn orðið óneysluhæft við innstreymi sjávar þótt svo hafi ekki verið þegar viðkomandi hitaveita hóf starfsemi sína. Af þessum sökum þarf stöðugt að fylgjast með efnainnihaldi vatnsins einnig á þeim svæðum þar sem ekki er blandað neinum aukaefnum í það. Efnabreytingar eru oft undanfari kælingar og má þannig með því að fylgjast með efnasamsetningu sjá fyrir kælingu vegna innstreymis kalds grunnvatns eða sjávar og fá mikilvægt forskot til að bregðast við vandanum. Mjög mikilvægt er því að hafa reglulegt efnaeftirlit með nýttum jarðhitasvæðum.

TILVITNANIR

- Axel Björnsson, 1990: *Jarðhitarannsóknir. Yfirlit um eðli jarðhitasvæða, jarðhitaleit og vinnslu jarðvarma*. Orkustofnun og Samband íslenskra hitaveitna, OS-90020/JHD-04.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1983: *Breytingar á efnasamsetningu jaraðhitavatns á Seltjarnarnesi á tímabilinu 1970-1983*. Orkustofnun, OS-83106/JHD-19.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Sverrir Þórhallsson og Karl Ragnars, 1983: *Magnesiumsilikatútfellingar í hitaveitum*. Orkustofnun, OS-83051/JHD-10.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1988: *Útfellingar í hitaveitum*. Orkustofnun, OS-88067/JHD-34 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Ólafsson, Hilmar Sigvaldason, Helga Tulinius, Sverrir Þórhallsson og Kristján Sæmundsson, 1990: *Hitaveita Þorlákshafnar. Áhrif vinnslu á jarðhitasvæðið og tillögur til úrbóta*. Orkustofnun, OS-90021/JHD-09 B.
- Magnús Ólafsson, 1988: *Súrefnisupptaka í aðveitueðum úr plasti*. Orkustofnun, OS-88032/JHD-16-B.
- World Health Organization, 1984. *Guidelines for drinking water quality*. Vol. 1, 2 and 3. Geneva 1984.

TAFLA 1. Efnasamsetning jarðhitavatns á nokkrum háhitasvæðum. (Styrkur efna í mg/kg).

Jarðhita- svæði	Dagsetn.	Varma- innihald H _o kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Al	Fe	Heildar- styrkur upleyst	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂	Söfnunar- þrýstingur P _s bör
Námafjall a	830525	2248	162	35	5.0	0.1	0.0	1.7	9	0.19	0.4	<0.025	229	815	975	62	1.38	12.3	19.2
BJ-12 b			619	135	19.0	0.4	0.01	6.5	34	0.73	1.47	<0.025	862	22.2	108	0.02	0.0	0.0	
Krafla a	771029	1973	313	83	14.2	1.4	0.05	55.5	38	0.31	0.5	0.01	489	48597	478	40	42	0.0	12.4
KJ-7 b			787	209	35.8	3.5	0.13	139	95	0.78	1.23	0.02	1229	255	9.4	0.01	0.01	0.0	
Svartsengi a	810220	1029	437	6478	935	938	0.57	28.1	13925	0.19	0.50	0.13	21404	662	6.2	0.0	0.09	2.8	14
SG-6 b			504	7468	1078	1082	0.66	32.4	16052	0.22	0.62	0.15	24675	16.5	0.3	0.0	0.0	0.01	
Reykjanes a	831024	1317	587	9079	1388	1526	0.93	16.2	17749	0.15	0.80	0.7	30927	1523	48	0.10	0.05	3.9	43
Rn-9 b			812	12564	1920	2112	1.28	22.4	24558	0.21	1.2	0.9	42797	14.2	1.0				
Hveragerði a	820618	850	242	149	11.4	1.7	0.0	39.4	126	1.62	0.50	<0.025	701	448	46	0.3	0.33	11.5	7.1
NLF-2 b			254	156	11.9	1.8	0.003	41.2	132	1.69	0.51	<0.025	734	71	20	0.0	0.0	0.02	

a: Heildarflæði

b: Vatn soðið við 180°C

TAFLA 2. Dæmi um efnasamsetningu fersks og ísalts lághitavats frá ýmsum stöðum á landinu

Staður Dagsetn.	Hiti (°C)	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)
Reykjavík, RG-40													
85.05.07	93	9.93/21	22	0.42	110	285	61	1.7	0.003	1.5	1.0	29	21
Eyjafjörður, LJ-7													
85.02.05	95	9.80/21	18	<0.03	97	240	52	1.4	<0.05	2.9	0.39	11	41
Blönduós, H-5													
76.11.18	69	9.64/21	24	1.2	116	306	55	1.8	0.01	2.9	5.8	13	59
Dalvík, H-10													
85.10.19	64	10.29/21	14	<0.05	64	203	47	0.7	0.001	2.0	0.52	9.5	13
Borgarfjörður, Laugarholt, H-1													
77.09.20	91	9.16/22	13	0.50	116	438	108	3.3	0.02	15	2.0	125	75
Bakki, H-1													
85.01.15	116	8.71/22	8	0.02	133	1470	386	19	0.015	74	0.50	634	121
Seljarnarnes, Sn-6													
85.12.03	104	8.35/21	7	0.29	115	3747	583	16	0.28	537	0.62	1663	300

TDS = Heildarmagn uppleystra efna

TAFLA 3. Efnastyrkur í hitaveituvatni

Flokkur 1. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur meira en 0.1 mg af brennisteinsvetni H₂S.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Hitaveita Reykjavíkur, G-5																	
82-0070	130.0	9.3	23	19.6	0.22	146.2	331		62.2	2.9	0.007	3.1	1.13	46.3	28.6		
Hitaveita Reykjavíkur, MG-35																	
89-5245	93.6	9.8	22	24.6	0.90	96.9			50.3	1.4	0.003	1.8	0.92	12.6	19.0		
Hitaveita Blönduóss, H-6																	
87-0150	74.5	9.7	20	29.1	1.4	108.3	291		67.1	1.9	0.017	3.2	5.45	9.6	59.6	0	
Hitaveita Varmahlíðar, H-3																	
86-0161	88.2	9.5	18	34.9	1.5	123.5	338		77.3	2.0	0.004	1.7	2.16	30.6	44.0	0	
Hitaveita Saudárkróks																	
87-0153	70.6	10.0	18	16.1	0.39	70.6	229	0.025	55.8	0.9	0.002	3.2	1.49	20.7	41.7	0	
Hitaveita Reykjadal, Árnessýslu																	
87-0059	83	9.3	24	48.1	1.6	127.2	316		75.3	2.4	0.009	2.0	1.23	23.9	48.2	0	
Hitaveita Húsavíkur																	
88-0144	75.5	9.5	14	19.2	0.67	182.5	327		59.6	2.8	0.006	4.0	0.938	12.2	33.3		
Hitaveita Egilsstaða og Fella, H-8																	
88-0153	76	9.8	23	13.4	0.11	66.2	250	0.015	68.6	1.2	0.002	7.1	0.685	45.0	55.2		
Hitaveita Flúða																	
89-0047		9.2	26	40.6	1.8	153.2	334		76.1	2.5	0	1.0	1.35	23.5	54.4		
Laugaland á Þelamörk																	
88-0179	89	9.7	21	18.0	0.19	127.7	2290	0.020	56.1	1.6	0	2.3	0.882	13.2	32.0		
Hitaveita Laugarvatns																	
85-0237	97.5	9.5	22	27.3	1.3	144.9	345		76.2	3.8	0.040	3.1	2.94	35.1	33.7		
Hitaveita Laugaráss																	
87-0239	97.5	9.7	21	16.8	0.64	109.2	345		79.3	1.9	0.002	3.8	1.88	47.2	52.7	0	
Reykholt, Borgarfirði																	
83-0280		9.4	22	32.5	1.0	167.8	406		82.9	4.1	0.000	2.1	2.17	32.9	61.3		
Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar																	
79-3025	100	9.2	20	22.8	0.53	127.6	390		71.7	2.5	0.060	3.1	2.59	36.0	56.2	0.200	

Flokkur 2. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0.1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og minna en 0.010 mg/kg af uppleystu súrefni, O₂

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	
Hitaveita Reykjavíkur, RV-23																		
90-5004	91.5	9.6	22	22.0	0	88.1	161	0	48.1	1.2	0.040	2.3	0.360	22.8	15.2			
Hitaveita Akureyrar																		
88-0178	76.6	10.1	21	15.5	0.02	85.3	248	0.020	53.0	0.9	0.002	3.5	0.498	11.6	43.1			
Hitaveita Dalvíkur, H-10																		
85-0268	64.3	10.3	20	14.2	0	88.9	203	0.030	46.5	0.7	0.001	2.0	0.523	9.5	13.4			
Hitaveita Svalbardseyrar																		
88-0177	55.2	10.1	17	16.0	0.09	70.2	204	0.025	45.2	0.5	0.004	3.1	0.552	15.2	17.4			
Hitaveita Stóru-Tjarna																		
88-0176	61.5	9.5	17	21.5	0.02	102.4	269	0.080	54.2	1.1	0	3.1	0.698	16.3	34.0			
Hitaveita Reykja í Hjaltadal																		
88-0187	60	10.1	15.5	15.8	0.07	95.4	222	0.200	53.7	0.6	0	2.7	1.62	19.6	16.5			
Hitaveita Gnúpverja																		
82-0097	66.5	9.9	22	14.8	0	70.8	239	<0.005	54.8	0.8	0.012	2.3	1.52	24.9	39.4			
Hitaveita Lauga í Reykjadal, Þingeyjarsýslu																		
75-0091	10.6	20		7.5	0	90.0	198		45.5	0.5	0	2.0	0.760	4.7	25.9			

Flokkur 3. Ferskt vatn með klóríðstyrk, Cl, lægri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0.1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og styrkur uppleysts súrefnis, O₂, er yfir 0.010 mg/kg.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Hitaveita Siglufjarðar, H-11 86-0015	74.3	10.0	22	18.5	0	93.2	204	0.080	43.0	0.9	0.013	1.5	0.377	8.4	9.3	0	
Hitaveita Stóra-Klofa 86-0001	56.7	10.3	16	9.1	0	62.9	266	0.025	67.4	0.7	0.043	4.5	1.11	19.7	71.6	0	
Hitaveita Ólafsfjarðar 88-0183	60.3	10.1	20	13.4	0.02	71.7	183	0.200	35.1	0.5	0.007	2.4	0.150	7.9	5.4		
Hitaveita Ólafsfjarðar, Norðurlandshola 88-0182	54	10.1	19	13.5	0.02	64.9	169	0.500	32.4	0.4	0.002	2.2	0.122	7.4	4.5		

Flokkur 4. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg og styrkur brennisteinsvetnis, H₂S, er hærri en 0.1 mg/kg.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Hitaveita Seljarnarness, H-6 88-0004	117	8.4	22	9.8	0.10	122.9	3484	0	597	14.0	0.380	522.9	0.667	1616.8	304.4	0.025	
Hitaveita Þorlákshafnar, Bakki, H-1 85-0006	116	8.7	22	7.7	0.29	132.6	1470		385	19.2	0.015	74.4	0.504	633.8	121.2		
Reykholt, Biskupstungum 79-3028		9.3	20	30.4	1.0	179.8	555		110	5.5	0.055	2.7	2.69	77.7	72.6	0.01	
Hitaveita Hvammstanga, H-3 88-0199	97.5	9.2	23	10.7	0.25	98.5	599	0.005	146	4.3	0.008	23.3	3.81	141.2	142.1	0	0
Hitaveita Hvammstanga 88-0198	77	9.4	23	10.5	0.07	98.9	604	0.020	147	4.2	0.006	25.3	3.80	140.3	141.9		

Flokkur 5. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0.1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og minna en 0.010 mg/kg af uppleystu súrefni, O₂.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	
Hitaveita Hríseyjar																		
88-0020	79	9.6	22	6.0	0	69.2	804	0.005	224	4.4	0	56.9	0.279	388.8	47.8	0		
Hitaveita Selfoss, H-13																		
89-0006	78	8.7	22	20.1	0	62.7	551	0	154	4.6	0.060	28.5	0.228	232.5	52.5			
Hitaveita Vaðness, H-13																		
88-0098	77.8	9.8	21	11.6	0	80.6	367		98.8	1.9	0	7.1	0.912	83.0	69.1	0		
Hitaveita Frambæja, H-3																		
90-0128	69.1	9.7	22	13.7	0	68.5		0.005	101	1.5	0.020	7.7	2.82	99.0	52.7			

Flokkur 6. Ísalt vatn með klóríðstyrk, Cl, hærri en 50 mg/kg, sem inniheldur minna en 0.1 mg/kg af brennisteinsvetni, H₂S, og meira en 0,010 mg/kg af uppleystu súrefni, O₂.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	
Hitaveita Suðureyjar																		
87-0087		9.2	23	10.1	0	50.0	805	0.120	187	1.9	6.370	77.2	0.318	336.8	106.4	0		
Hitaveita á Hlemmiskeiði, H-2																		
88-0038	61	9.8	22	23.1	0	70.4	416	0.010	123	2.4	0.046	7.3	2.11	125.3	51.6	0		
Hitaveita Suður-Skeiða, Blesastöðum, H-2																		
87-0191	75	9.7	21	6.4	0	69.0	1113	0.020	344	4.7	0.001	35.6	1.29	501.4	117.5	0	0	

Flokkur 7. Fullsalt jarðhitavatn með klóríóstyrk, Cl, um 20000 mg/kg.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Staður við Grindavík, STG-2 88-0049	71	7.3	22	40.3	0	69.0	36690		11041	399	109.2	1915	0.039	19950	1534	1.1	1.8

Flokkur 8. Upphitað kalt grunnvatn.

Staður númer	Hiti (°C)	pH	pH-hiti (°C)	CO ₂ (mg/kg)	H ₂ S (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	TDS (mg/kg)	O ₂ (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Hitaveita Sudurnesja 87-0241	9.1		21	9.6	0	12.5	153		30.4	1.7	6.320	7.1	0.060	63.6	9.7	0	0
Hitaveita Reykjahlíðar 87-0217	96	8.8	18	44.8	1.0	25.9	86	0.020	8.6	1.2	4.880	9.0	0.115	3.3	5.6	0	0
Hitaveita Hvergerðis 82-0185	84.5	7.6	20	62.4	4	118.5	356	0.100	72.7	6.0	1.920	6.9	0.752	60.2	46.8		