

Flokkun vatnsbóla með tilliti til efnafræðilegra eiginleika og fjarlægðar frá sjó



Nemandi:

Anna Margrét Kornelíusdóttir

Leiðbeinandi:

Hrefna Kristmannsdóttir

Háskólinn á Akureyri	
Deild	Viðskipta- og raunvísindadeild
Fag	Umhverfis- og orkufræði
Heiti verkefnis	Flokkun vatnsbóla með tilliti til efnafræðilegra eiginleika og fjarlægðar frá sjó
Verktími	Haust 2009 og vor 2010
Nemandi	Anna Margrét Kornelíusdóttir
Leiðbeinandi	Hrefna Kristmannsdóttir og María J. Gunnarsdóttir
Upplag	4
Blaðsíðufjöldi	58
Fjöldi viðauka	3
Útgáfu- og notkunarréttur	Opið

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

Anna Margrét Kornelíusdóttir

Það staðfestist að verkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til prófs í námskeiðunum LOK1123 og LOK1223.

Hrefna Kristmannsdóttir

Abstract

Key words: Potable water, groundwater, geochemistry of water, bedrock, geology of Iceland.

A comprehensive study of Icelandic groundwater, Vatnsauðlindir Íslands, was launched a few years ago which involved the cooperation of the University of Akureyri, the Science Institute of the University of Iceland, the Icelandic Environment Institute as well as a variety of other governmental institutions. The intent was to collect and analyze data on samples from major and minor wells in Iceland.

The objective of the project with which this thesis is concerned was to use the data gathered from the aforementioned study and create a database on Icelandic groundwater and derive a classification index based on geochemical properties, geographical location, climate and distance inland. The data were analyzed and sorted using the AqQa software. In addition, each well's GPS point was transferred to ArcGIS software, along with information on its chemical properties, and the points were represented on a geological map of Iceland.

The analysis showed that Icelandic groundwater can be classified into seven main categories, depending on chemical composition and location. The study also confirmed that the groundwater in the south of Iceland is generally heavy water whereas the groundwater in the northern and eastern parts is lighter.

Þakkarorð

Fyrst og fremst vil ég þakka leiðbeinanda mínum, Hrefnu Kristmannsdóttur fyrir veittan stuðning og samstarf við verkefnið og Tom Barry fyrir ómetanlega aðstoð við uppsetningu gagngrunnnsins í GIS. Annette Meier hjá Náttúrufræðistofnun Íslands þakka ég fyrir afnot af jarðfræðikorti af Íslandi til notkunar í GIS. Að lokum vil ég þakka Ingu Hersteinsdóttur og Maríu J. Gunnarsdóttur fyrir yfirlestur ritgerðarinnar.

Akureyri, 19. maí 2010

Anna Margrét Kornelíusdóttir

Útdráttur

Lykilorð: Neysluvatn, grunnvatn, efnæiginleikar, berggrunnur, jarðfræði Íslands.

Í ritgerð þessari voru notuð gögn fengin frá verkefninu Vatnsauðlindir Íslands sem fólu í sér efnagreiningar sýna úr 144 vatnsbólum á Íslandi. Markmiðið var að flokka þau með tilliti til jarðfræðilegra aðstæðna, loftlags, efnasamsetningar og fjarlægðar frá sjó en fram til þessa hefur enginn miðlægur gagnagrunnur verið til með upplýsingum um eðli íslensks neysluvatns og efniseiginleika.

Vatnsbólín voru í upphafi gróflega flokkuð eftir landshlutum og því næst voru efnagreiningar vatnsbólanna færðar í forritið AqQa og það notað til þess að flokka þau eftir efnasamsetningu. GPS hnit vatnsbólanna voru færð í landupplýsingaforritið ArcGIS og þau sett fram á jarðfræðigagnagrunni fengnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands. Vonast er til þess að grunnurinn nýttist Umhverfisstofnun, matvælafyrirtækjum og öðrum aðilum sem hyggjast leita að og nýta vatn til hvers kyns starfsemi á Íslandi.

Niðurstaða verkefnisins er sú að sjö megingerðir vatns séu í íslenskum vatnsbólum. Á Reykjanesi er vatnið salt og efnaríkt vegna nálægðar við sjó en á höfuðborgarsvæðinu er vatnið basískt og efnasnauðara. Á Norðvesturlandi er að finna karbónatríkt og frekar kísilríkt vatn sem er létt miðað við hlutföll stöðugra samsæta. Á Austurlandi er vatnið lítið salt, efnasnautt og með tiltölulega lágt sýrustig en á Suðurlandi er vatnið þungt og vegna nálægar við gosbeltið er það magnesíum-, sulfat- og bíkARBÓNATRÍKT.

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
2. Aðferðir.....	3
3. Fræðilegur bakgrunnur	4
3.1 Jarðsaga Íslands	4
3.1.1 Tertíer tímabil	5
3.1.2 Kvarter tímabil	5
3.2 Efniseiginleikar berglaga.....	6
4. Vatn og eiginleikar þess.....	9
4.1 Skilgreiningar	10
4.2 Efniseiginleikar vatns.....	10
4.2.1 Sýrustig	10
4.2.2 Hitastig.....	11
4.2.3 Rafleiðni	11
4.2.4 Heildarstyrkur uppleystra efna.....	12
4.2.5 Selta.....	12
4.2.6 Karbónatstyrkur.....	13
4.2.7 Tvívetni og súrefnissamsætur.....	14
5. Lög og reglugerðir um neysluvatn	17
5.1 Vatnalög	17
5.2 Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir.....	17
5.3 Reglugerð um neysluvatn	17
5.4 Reglugerð um varnir gegn mengun vatns	18
5.5 Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns.....	19
5.6 Vatnatilskipun ESB	19
6. Úrvinnsla gagna.....	19
6.1 Piper línurit	20
6.2 Schoeller línurit.....	20
6.3 Durov línurit.....	20
7. Niðurstöður	21
7.1 Höfuðborgarsvæðið	23
7.2 Vesturland	25
7.3 Vestfirðir	27

7.4 Norðvesturland	30
7.5 Norðausturland	32
7.6 Óbyggðir á Norðausturlandi	35
7.7 Austurland	38
7.8 Mýrdalur og mið-Suðurland	40
7.9 Hella og Hvolsvöllur	42
7.10 Suðurland.....	44
7.11 Reykjanes	48
8. Samantekt	51
9. Lokaorð	55
10. Heimildaskrá.....	56
Viðaukar	A
V1. Efnasamsetning og –eiginleikar vatnsbóla sem notuð var til greiningar	A
V2. Flokkun vatnsbóla eftir landshlutum	F
V3. GIS kort.....	F

Myndaskrá

Mynd á forsíðu fengin úr einkasafni Axels Björnssonar

Mynd 1 - Jarðfræðilegt tímatal Íslands. (Guðbjartur Kristófersson, 2009).....	4
Mynd 2 - Aldur og útbreiðsla jarðlaga á Íslandi. (Guðbjartur Kristófersson, 2009).....	6
Mynd 3 - Lekt íslenskra jarðlaga. (Guðbjartur Kristófersson, 2009).....	7
Mynd 4 - Hringrás vatnsins. (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).....	9
Mynd 5 - Klóríðstyrkur í grunnvatni á Íslandi. (Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, 1988).....	13
Mynd 6 - Hlutfall tvívætnis í úrkomu á Íslandi. (Bragi Árnason, 1976).....	16
Mynd 7 – Rannsókuð vatnsból í verkefninu sýnd á jarðfræðikorti. Skýringar eru sýndar á stærra korti í viðauka 3.1.....	22
Mynd 8 – Piper línurit fyrir vatn á höfuðborgarsvæðinu.....	24
Mynd 9 – Durov línurit fyrir vatn á höfuðborgarsvæðinu.....	24
Mynd 10 – Piper línurit fyrir vatn á Vesturlandi.....	25
Mynd 11 – Styrkur aðalefna í vatni á Vesturlandi.....	26
Mynd 12 – Vætnis- og súrefnissamsætur í vatni á Vesturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	27
Mynd 13 – Piper línurit fyrir vatn á Vestfjörðum.....	28
Mynd 14 – Styrkur aðalefna í vatni á Vestfjörðum.....	29
Mynd 15 – Vætnis- og súrefnissamsætur í vatni á Vestfjörðum. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	29
Mynd 16 – Piper línurit fyrir vatn á Norðvesturlandi.....	30
Mynd 17 – Durov línurit fyrir vatn á Norðvesturlandi.....	31
Mynd 18 – Vætnis- og súrefnissamsætur í vatni á Norðvesturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	32
Mynd 19 – Piper línurit fyrir vatn á Norðausturlandi.....	33
Mynd 20 – Styrkur aðalefna í vatni á Norðausturlandi.....	34

Mynd 21 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Norðausturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	35
Mynd 22 – Piper línurit fyrir vatn í óbyggðum Norðausturlands.....	36
Mynd 23 – Styrkur aðalefna í vatni í óbyggðum Norðausturlands.....	36
Mynd 24 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni í óbyggðum Norðausturlands. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	37
Mynd 25 – Piper línurit fyrir vatn á Austurlandi.....	38
Mynd 26 – Styrkur aðalefna í vatni á Austurlandi.....	39
Mynd 27 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Austurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	40
Mynd 28 – Piper línurit fyrir vatn á mið-Suðurlandi.....	41
Mynd 29 – Schoeller línurit fyrir vatn á mið-Suðurlandi.....	41
Mynd 30 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á mið-Suðurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	42
Mynd 31 – Piper línurit fyrir vatn við Hellu og Hvolsvöll.....	43
Mynd 32 – Styrkur aðalefna í vatni við Hellu og Hvolsvöll.....	43
Mynd 33 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni við Hellu og Hvolsvöll. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	44
Mynd 34 – Piper línurit fyrir vatn á Suðurlandi.....	45
Mynd 35 – Durov línurit fyrir vatn á Suðurlandi.....	46
Mynd 36 – Styrkur aðalefna í vatni á Suðurlandi.....	47
Mynd 37 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Suðurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	47
Mynd 38 – Piper línurit fyrir vatn á Reykjanesi.....	48
Mynd 39 – Schoeller línurit fyrir vatn á Reykjanesi.....	49
Mynd 40 – Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Reykjanesi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).....	49
Mynd 41 – Flokkun vatnsbóla eftir efnasamsetningu.....	52
Mynd 42 – Hlutfall vetnis- og súrefnissamsæta í vatni á Íslandi.....	52

Töfluskrá

Tafla 1 - Hámarksgildi efna sem mælast mega í neysluvatni við reglubundna sýnatöku (Reglugerð um neysluvatn nr.536/2001).....	18
Tafla 2 – Dæmigerð vatnsból fyrir ýmsa landshluta.....	51

1. Inngangur

Verkefnið Vatnsauðlindir Íslands (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2004) var sameiginleg rannsókn á vegum Háskóla Íslands, Háskólans á Akureyri og Íslenskra orkurannsókna og unnið í samvinnu við Samorku, Umhverfisstofnun, Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga, ýmsar hita- og vatnsveitur og fleiri aðila. Tekin voru vatnssýni til efnagreininga úr öllum stærri vatnsveitum landsins. Fram til þess tíma höfðu ekki verið til haldgóðar upplýsingar um efnasamsetningu vatns nema í allra stærstu veitunum og var það í fyrsta skipti sem ráðist hafði verið í verkefni af þessu tagi. Með nýjum tilskipunum Evrópusambandsins (Umhverfisstofnun, e.d.) varð skylt að öll matvælaframleiðslufyrirtæki hefðu eftirlit með gæðum þess neysluvatns sem þau notuðu. Undir matvælaframleiðslufyrirtæki falla meðal annars öll kúabú landsins. Fyrir býli með tiltölulega litla mjólkurframleiðslu er það verulegur kostnaður að þurfa að inna af hendi slíkt eftirlit. Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga geta gefið minni vatnsveitum og matvælaframleiðslufyrirtækjum undanþágu frá víðtækri úttekt og eftirliti með neysluvatnsgæðum hafi þau til þess góð rök og áreiðanlegar upplýsingar um hvernig vatnið sé og jafnframt mat á líkum um mengun. Verkefni þetta fólst meðal annars í því að flokka gerðir kalds grunnvatns á Íslandi sem notað er til neyslu og í iðnaði og tengja efnasamsetningu vatnsbóla við fjarlægð frá sjó, jarðfræðilegum aðstæðum, bæði bergtegundum og uppbyggingu berggrunns, loftslag, lekt og sprungukerfi. Notaðar voru efnagreiningar á sýnum úr 144 vatnsbólum frá verkefninu Vatnsauðlindir Íslands (2004).

Markmiðið verkefnisins var þannig að vinna úr gögnum frá Vatnsauðlindum Íslands og búa til miðlægan gagnagrunn sem síðar verður til afnota fyrir meðal annars Umhverfisstofnun, sveitarfélög og heilbrigðiseftirlit sem nýttist til ákvarðana um nauðsynlegt eftirlit. Eitt af hagnýtum markmiðum verkefnisins Vatnsauðlindir Íslands var freista þess að búa til flokkunarlykil yfir kalt grunnvatn sem nýst gæti til að byggja á slíkt mat til að veita undanþágu frá ýrustu kröfum um eftirlit með vatnsbólum smærri matvælafyrirtækja og búa. Jafnframt myndi gagnagrunnurinn geta nýst almenningi hygði hann á hvers konar minniháttar framkvæmdir sem krefðust meira vatns en vatnsveitur í grennd við

framkvæmdastað önnuðu. Það að flokka vatn eftir efnafræðilegri samsetningu myndi án efa auðvelda og flýta fyrir ákvarðanatöku um leit að og nýtingu vatns áður en til framkvæmda kæmi þar sem upplýsingar lægju fyrir um tæringar- og útfellingahættu og neysluhæfni.

Þegar verkefnið var hafið kom upp sú hugmynd að setja upplýsingar um efnasamsetningu vatnsbólanna í landupplýsingakerfi og setja þær þannig myndrænt fram. Fenginn var gagnagrunnur frá Landmælingum (2009) og Náttúrufræðistofnun Íslands (2010) og hvert og eitt vatnsból stimplað inn auk efnasamsetningar og styrkur mismunandi efna settur fram myndrænt (viðaukar 3.1-6).

2. Aðferðir

Fenginn var gagnagrunnur frá verkefninu Vatnsauðlindir Íslands (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2004) sem nær yfir efnamælingar á sýnum úr vatnsbólum allra opinberra vatnsveitna auk nokkurra óopinberra vatnsbóla á Íslandi. Einnig voru fengin viðbótargögn úr samvinnuverkefni við Landsvirkjun um grunnvatnseftirlit á Norðausturlandi (Hrefna Kristmannsdóttir og Valur Klemensson, 2007) og ýmis gögn voru fengin gagnasafni Hrefnu Kristmannsdóttur (pers. uppl.). Notaður var hluti þeirra gagna til greiningar og flokkunar á vatnsbólum: kalsíum, magnesíum, natríum, kalíum, karbónat, súlfat, klóríð, heildarmagn uppleystra efna, leiðni, sýrustig, kísil, flúoríð, ál, járn, mangan, bór, súrefnissamætuna ^{18}O , tvívetni $\delta^2\text{D}$ og kolefnissamsætuna ^{14}C . Vatnbólin voru í fyrstu gróflega flokkuð eftir staðsetningu með GPS hnitum og tekin saman vatnsból mismunandi landshluta. Þá var efnasamsetning vatns í hverjum landshluta fyrir sig flokkuð í vatnsgerðir með hjálp AqQa forritsins frá Rockware (2006). Þannig fengust vatnsgerðir allra vatnsbólanna og gerð voru samanburðarlínurit fyrir ýmsar breytur. Dreifing og möguleg tengsl efnainnihalds og hitastigs voru skoðuð og jafnframt var uppruni vatnsins rakinn út frá upplýsingum um stöðugar samsætur vetnis og súrefnis.

Öll vatnsbólin voru færð inn í landupplýsingaforritið ArcGIS frá Samsýn (2009). Allar upplýsingar sem notaðar voru tilgreiningar í AqQa ásamt GPS hnitum, auðkenni og nafni. Síðan voru vatnsbólin sett fram myndrænt á Íslandskorti á rafrænu formi frá Landmælingum Íslands (2009) og jarðfræðigrunni fengnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands þar sem vatnsból, helstu þættir í jarðfræði landsins komu fram en einnig upplýsingar um efnasamsetningu þeirra komu fram. GIS kortin eru í viðauka 3.1-6.

3. Fræðilegur bakgrunnur

3.1 Jarðsaga Íslands

Fyrir um 70 milljónum ára tók Norður-Atlantshafið að stækka þegar gliðnun vestan Grænlands stöðvaðist og Norður-Ameríkuflekann og Evrópuflekann rak áfram í sundur. Samkvæmt flekakeningunni myndast sífellt ný úthafsskorpa við flekaskilin og rekur síðan út frá þeim (Guðbjartur Kristófersson, 2005). Talið er að þá hafi íslenski möttulstrókurinn orðið virkur og leiddi það til myndunar Íslands fyrir um 40 milljónum ára, á tertíer og kvarter tímabilum jarðsögunnar (mynd 1). Samkvæmt þessu ætti því elsta berg á landinu að vera að finna á Vestfjörðum og Austfjörðum og sú er raunin. Fundist hefur 16 milljón ára gamalt berg í Ísafjarðardjúpi og 13 milljón ára gamalt við Gerpi. Virk gosbelti á landinu hafa færst til í aldanna rás vegna þess að jarðskorpuna hefur rekið til austurs og vesturs en möttulstrókurinn verið kyrr. Þverbrotabelti myndast þegar gosbeltin hliðrast og það tengir saman gömlu og nýju rekbeltin (Kristján Sæmundsson, 1979).

Aldir	Tímabil	Tímar	Skeið ísaldar	Ár frá upphafi	Jarðmyndanir
n ý l í f s ö l d	k v a r t e r	nútími (hólósen)	nútími hefst Ísöld lýkur		hraunlög og laus jarðlög
		p l e i s t ó s e n	yngra Dryas (Búðaröðin)	11 þús.	Fossvogslög
eldra Dryas (Áltanesstíg)	18 þús.				
siðjökulltími	0,1 millj.		Elliðavogslög		
t e r t í e r	p l í ó s e n	stóðari hluti ísaldar	stóðari hluti ísaldar	0,8 millj.	
		fyrri hluti ísaldar	fyrri hluti ísaldar	1,8 millj.	
		isöld hefst	isöld hefst	2,7 millj.	Jökulberg
				3,2 millj.	Tjörnes
	m í ó s e n			5,3 millj.	Brjánslækur
				20 millj.	

nýverandi segulskelið sem hófst fyrir 0,7 millj. ára
 móbreg, jökulberg og set á kuldaskeiðum (saldar en hraunlög og set á hlykskeiðunum)
 blágrýlsmyndunin

Mynd 1 Jarðfræðilegt tímatal Íslands. Kort fengið af vef Guðbjarts Kristóferssonar (2010).

3.1.1 Tertíer tímabil

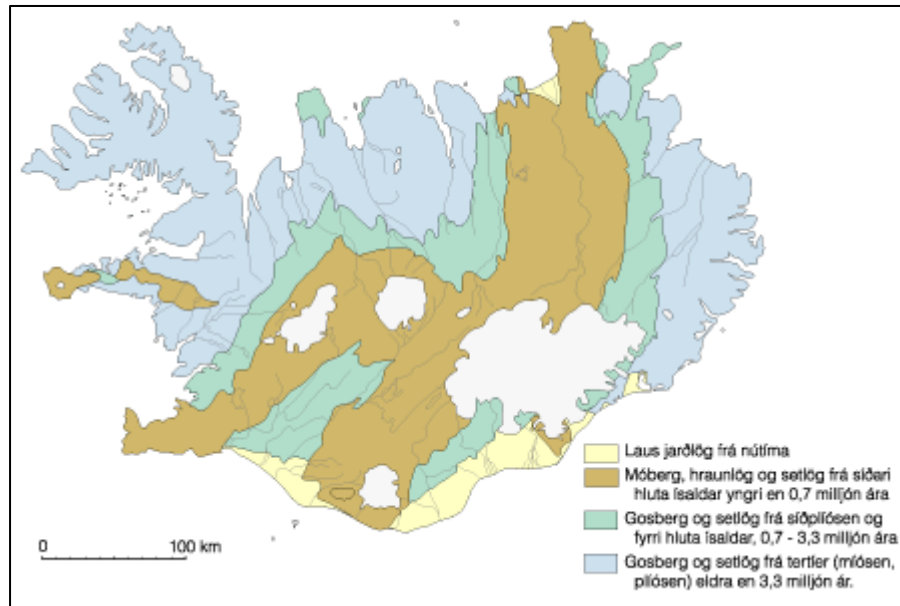
Íslandi má skipta í þrjár jarðlagamyndanir. Um helmingur landsins myndaðist á síðterteríer tímabili og er hluti svokallaðrar blágrýtismyndunar. Til hennar teljast berglög sem eru eldri en 3,3 milljón ára og mynduðust því fyrir síðustu ísöld (Guðbjartur Kristófersson, 2005). Berglagastafla blágrýtismyndunarinnar er að mestu úr basalhraunlögum, ísúrt berg nemur um 10% og millilög úr seti sem víða er að finna nema um 5-10%. Blágrýti er dulkornótt basalt og massahlutföll þess eru yfirleitt 45-55% kísilsýra (SiO_2), 5-14% járn(II) oxíð reiknað sem FeO , 2-6% alkalímálmar, 10% CaO , 5-12% MgO og yfir 14% áloxíð (Al_2O_3) (Þorleifur Einarsson, 1968).

Á þessu tímabili hlóðst upp þykkur berglagastafla; til að mynda er blágrýtismyndunin á Austurlandi um 10 km þykk. Með tímanum hafa þessi lög þétt vegna fargs yngri jarð- og berglaga og holufyllinga í holum og glufum í hraunlögnum. Algengustu holfyllingarnar eru geislasteinar (zeólítar), silfurberg (kalkspat) og kvars (Guðbjartur Kristófersson, 2005). Inni á milli hraunlaga er að finna leirkennd millilög úr þéttum karga, leir, sandsteini eða völuþergi sem eru nánast vatnspétt. Á svæðum blágrýtismyndunarinnar rennur yfirborðs- og regnvatn því eftir þessum millilögum eða safnast í sprænur ofanjarðar (Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, 1988). Þar eiga flestar dragár sér einnig upptök. Lítið er um lindir og erfiðlega hefur gengið að finna nægilegt neysluvatn sums staðar vegna þessa. Þar sem er jarðskjálftavirkni eru sprungur opnar og vatn getur streymt niður í berggrunninn og lekt hans er meiri þar en á svæðum með minni skjálftavirkni (Þorleifur Einarsson, 1968).

3.1.2 Kvarter tímabil

Þegar leið á tertíer tímabilið fór loftslag kólnandi og ísöld hófst fyrir um þremur milljónum ára, á síðterteríer, og við það gjörbreyttist upphleðsla jarðlaga þar sem sem jöklar þöktu landið að mestu leyti. Hlýskeyð og jökulskeyð skiptust á eins og glögggt má sjá á gerð berglaga, setlaga og rofi jarðlaganna sem mynduðust fyrir upphaf ísaldar. Á þessu tímabili varð kvartera grágrýtis- og móbergsmyndunin til, frá því fyrir um þremur milljónum ára þar til fyrir um tíu þúsund árum. Á jökulskeyðum myndaðist móberg af ýmsu tagi við eldgos undir jökli: bólstraberg, þursaberg og glerkennd gjóskulög en á hlýskeyðum runnu

grágrýtishraun. Eins og sjá má á mynd 2 myndar kvartera bergið kraga umhverfis þau gosbelti sem virk eru í dag (Þorleifur Einarsson, 1968).



Mynd 2 Aldur og útbreiðsla jarðlaga á Íslandi. Mynd fengin frá Guðbjarti Kristóferssyni (2009).

Síðasta jökulskeiði lauk fyrir um tíu þúsund árum og segja má að á ísöldinni hafi landið að mestu mótast í núverandi horf. Jöklarnir hafa mótað og heflað berglög blágrýtismyndunarinnar og sorfið firði á borð við Arnarfjörð og Eyjafjörð. Yngsta jarðmyndunin er gerð úr lausum jarðlögum á borð við jökulruðning og gosmöl og hraun (Þorleifur Einarsson, 1968).

Almennt er talað um að nútími hafi hafist fyrir um tíu þúsund árum, eins og áður var getið. Í jarðlögum má greina breytingar á gróður- og veðurfari. Í dag liggur virka gosbeltið frá Reykjanesi og um Langjökul (vestari hluta), þaðan um Hofsjökul inn á Vatnajökul og norður í Öxarfjörð (eystri hluti) eins og sést á mynd 2 að ofan (Guðbjartur Kristófersson, 2005). Staðsetning þess er almennt svipuð þeirri á ísöld þó svo það færir hægt og bítandi (Þorleifur Einarsson, 1968).

3.2 Efniseiginleikar berglaga

Jarðlög eru samsett úr föstum jarðefnum, t.d. bergi og seti og í þeim er einnig að finna holrými og sprungur fyllt af vatni, lofti eða hvoru tveggja. Gegndræpi jarðlaga og möguleikar á að finna nýtanlegt vatnsból eru m.a. háð aldri,

myndunarhætti og efniseiginleikum berglaga (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998, Ward og Robinson, 2000).

Bergrunnurinn á tertíeru blágrýtissvæðunum og árkvarteru svæðunum er að mestu holufylltur og þéttur. Inni á milli eru þétt leirkennd millilög, sprungur og gangar og eftir þeim rennur grunnvatnið og sprettur síðan fram í fjallshlíðum eða safnast saman í sprænum á yfirborðinu. Á síðkvarteru svæðunum og á gosbeltinu eru hraunin ung og nokkuð gropin og mikið er um sprungur og misgengi sem vatnið á greiða leið um. Þar er að finna helstu lindir landsins sem sumar gefa allt að 100 sekúndulítra (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).

3.2.1 Lekt

Lekt jarðlaga er til marks um hversu auðveldlega vatn getur runnið um þau. (Guðmundur Pálmason, 2005). Hún fer eftir gerð og stærð korna holrýmis sem myndast á milli þeirra og hversu vel þau tengjast. Lekt er mæld með sömu einingu og hraði [m/s]. Seigja og eðlisþyngd vatns eru háð hitastigi og hafa þessir eiginleikar einnig áhrif á lekt (Ward og Robinson, 2000). Á virka gosbeltinu eru lek jarðlög allt að 1 km á þykkt á meðan blágrýtissvæði landsins eru víðast hvar lítið lek nema á sprungusvæðum vegna útfellinga úr vatni í holrýmum bergsins (Guðmundur Pálmason, 2005).

Lekt:	Mjög mikil - mikil	Nokkur - lítil	Óveruleg - nánast engin
Jarðlag	Hrein mól	Hreinn sandur	Fínn sandur - méla Leir
	Hraunkargi	Ungt basalt	Tertiért holufyllt basalt
	Hraun	Árkvartert basalt / setberg	
	bólstraberg	Móberg bólstrabrotaberg	túff

Mynd 3 Lekt íslenskra jarðlaga. Mynd fengin frá Guðbjarti Kristóferssyni (2010)

3.2.2 Grop

Grop kallast rúmmálshlutfall holrýmis af heildarrúmmáli jarðlaga. Þó svo groppuhlutfall sé hátt er ekki þar með sagt að bergið teljist vera lekt því

gropur þurfa að vera tengdar saman til þess að vatn geti runnið um bergið. Holrými í jarðlögum ræðst af lögun og stærðardreifingu kornanna, hvort efnin eru flokkuð eftir kornastærð, stigi ummyndunar og holufyllinga, og þjöppun (Ward og Robinson, 2000).

3.2.3 Vatnasvið og vatnaskil

Vatnasvið er svæði sem vatn safnast saman af og rennur í sameiginlegan farveg. Rennsli er í réttu hlutfalli við stærð vatnasviðs (Ward og Robinson, 2000)..

Vatnaskil kallast svæði þar sem vatn sem fellur skiptist, t.d. á hæsta hluta heiðar þar sem vatn rennur í mismunandi áttir (Ward og Robinson, 2000)..

3.2.4 Leiðni jarðlaga

Jarðlög eru flokkuð eftir því hversu vel þau leiða vatn.

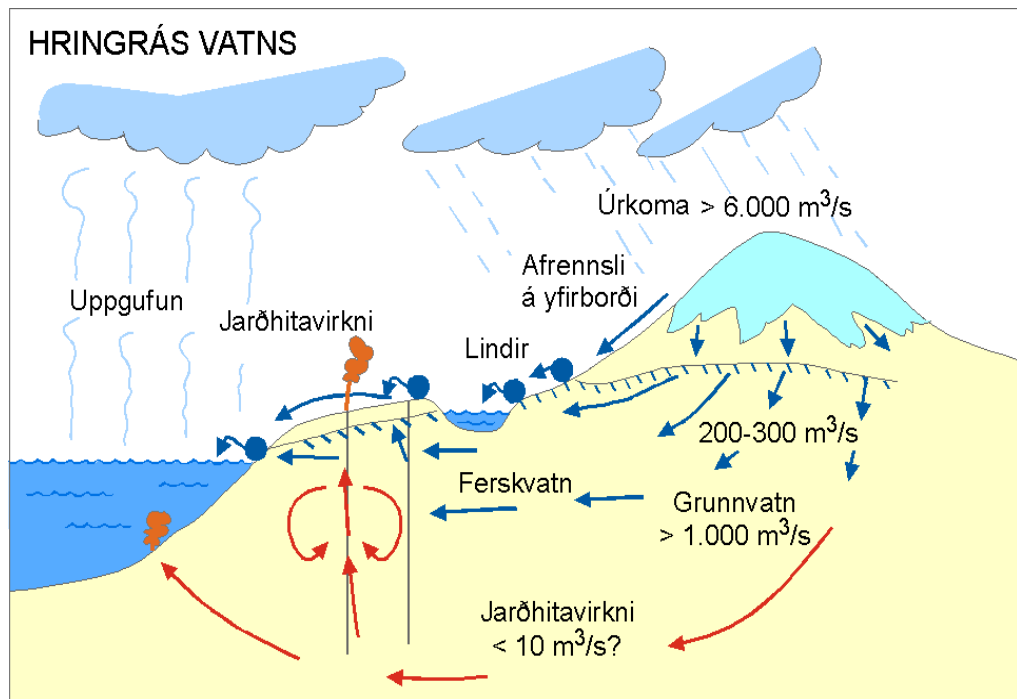
Stemmir er jarðlag sem leiðir illa vatn, þ.e. hindrar flæði þess (Ward og Robinson, 2000)..

Veitir er jarðlag sem leiðir vatn vel og hleypir því umtalsverðu magni í gegnum sig. Veitar eru bæði forðabúr og aðfærsluæðar vatns og geta bæði verið opnir eða lokaðir. Opinn veitir hefur frjálst vatnsborð en lokaður eða spenntur veitir hefur það ekki (Ward og Robinson, 2000).

Vatnsinnihald veitis ræðst af fjölda holrýma sem fyllt eru vatni (Ward og Robinson, 2000).. Á Íslandi eru bestu veitarnir á virka gosbeltinu þar sem hraunin eru ung og gropin og víða sprungur. Á blágrýtismyndun landsins er bergið hins vegar almennt mikið holufyllt og því lítið lekt. Stærstu lindir landsins er að finna á gosbeltinu og dæmi eru um að þær gefi yfir 100 sekúndulítra en lindir gefa sjaldan meira en 10 sekúndulítra á blágrýtissvæðum (Vestur-, Norður- og Austurland) (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).

4. Vatn og eiginleikar þess

Það eru sólin og þyngdarkraftur jarðar sem knýja stöðuga hringrás vatnsins áfram. Orka frá sólinni veldur meðal annars uppgufun gífurlegs vatnsmagns af höfum en einnig af öðrum vatnsforðabúrum jarðarinnar: stöðuvötnum, vatnsföllum, jöklum og úr jarðvegi og gróðri. Uppgufun af hafi nemur um 85% af því vatni sem gufar upp á ársgrundvelli. Loftstraumar flytja rakt loft frá úthöfum á suðlægari svæðum í kaldara loftslag þar sem það þéttist og myndar ský. Við vissar aðstæður sameinast vatnsagnirnar þar til þær ná ákveðinni stærð og falla til jarðar í formi regns, snævar eða hagléls. Falli úrkoman í sjó hefst hringrásin á ný. Falli hún hins vegar á land berst hún að mestu leyti til sjávar með vatnsföllum, að hluta til niður í jarðlög og verður að grunnvatni. Hluti hennar frýs og verður að ís á jöklum eða fellur á gróðurþekju. Úrkomunám gróðurs er mikilvægur fyrir flóru jarðar, en það er tímabundin geymsla vatns á yfirborði plantna. Gróðurinn dregur einnig til sín raka úr jarðvegi og skilar hluta hans út í andrúmsloftið með svokallaðri útgufun (Ahrens, 2007).



Mynd 4 Hringrás vatns (lítið breytt). (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998)

Vatnsforði jarðar skiptist þannig: 96% vatnsins er falið í höfum, 3% í jöklum, ís og snjó, 1% í grunnvatni, og afgangurinn, 0,001%, í jarðraka, lofthjúp, stöðuvötnum, ám og lífmassa (Ahrens, 2007). Á Íslandi er mikil úrkoma, í

byggð er hún á bilinu 500-1500 mm/ári og mest á Suður- og Austurlandi. Hún er mest í hafáttum og þar sem rakt loft færast inn yfir há og brött fjöll og því dregur úr henni inn til landsins (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998). Afrennsli áa á Íslandi er 5500 m³/s eða 50-55 L/s km² (Jónsdóttir, J.F., 2008).

4.1 Skilgreiningar

Eftirfarandi eru skilgreiningar á nokkrum grunn hugtökum sem tengjast vatn sem fengnar eru úr reglugerðum.

Grunnvatn er skilgreint sem „vatn í gegnmettuðum jarðlögum undir yfirborði jarðar (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001).“

Lindarvatn er „vatn sem berst sjálfrennandi upp á yfirborð jarðar (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001).“

Neysluvatn er „vatn í upphaflegu ástandi eða eftir meðhöndlun, án tillits til uppruna þess og hvort það kemur úr dreifikerfi, tönkum, flöskum eða öðrum ílátum og er ætlað til neyslu eða matargerðar (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001).“

Vatnsból er „náttúruleg uppspretta eða mannvirki, þar sem vatn er tekið (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001).“

4.2 Efniseiginleikar vatns

Það sem ræður efnasamsetningu grunnvatns er upprunaleg efnasamsetning rigningar og þau efnahvörf sem verða á leið þess til sjávar í ám, vötnum jarðvegi og bergi en einnig fjarlægð vatnsbólsins frá sjó þar sem meirihluti klóríðs í úrkomu á sér uppruna úr sjó (Freysteinn Sigurðsson, 1990). Jafnframt hefur gerð berglaga áhrif á efnasamsetningu vatns sem streymir um þau. Þannig er efnasamsetning grunnvatns sem á uppruna sinn í basaltberggrunni allt önnur en vatns sem streymir um súrt gosberg eða kalksteinslög (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).

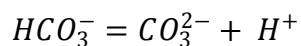
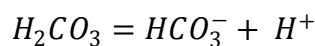
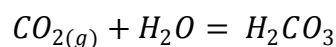
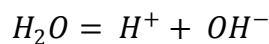
4.2.1 Sýrustig

Sýrustig er mælikvarði á virkni H⁺ jónarinnar í vatninu. Það er mælt á pH skala (pH = -log[H⁺])sem nær frá 0-14 og er einingalaus. Hann er mælikvarði á hversu súrt eða basískt efni er og sýrustigið er formlega skilgreint sem neikvæður logri af styrk vetnisjóna í lausn og segir þ.a.l. til um hversu margar

vetnisjónir eru til staðar í henni. Súrustu efnin nálgast 0 en þau basískustu 14. Súrustig í köldu grunnvatni er á bilinu 5-11, en algengast er að það sé á bilinu 8-9 í íslensku vatni (Kristmannsdóttir, 2004).

Úrkoma sem eingöngu er hreint vatn mettað koltvíoxíði í andrúmslofti hefur pH gildi um 5,7 við 25°C en á Íslandi er það um 5,6. Um leið og hún kemst í snertingu við berg eða jarðveg hefjast efnaskipti. Vetnisjónir losna úr vatninu og í staðinn koma jákvætt hlaðnar jónir og kísill. Vatnið verður því sífellt basískara enda er basalt algengasta bergtegund á Íslandi (Sigurður Reynir Gíslason, 1993).

Ef vatnið er súrt hefur það tilhneigingu til þess að losa sig við vetnisjónirnar en súra vatnið hefur mismargar hýdroxíð jónir sem tengjast vetnisjónunum. Mest áhrif á súrustig í grunnvatni hefur klofnun vatns og uppleysing kolsýru í vatni á eftirfarandi hátt (Schwartz & Zhang, 2003):



Fjallað er nánar um karbónatstyrk og tengsl hans við súrustig í kafla 4.1.6.

4.2.2 Hitastig

Hitastig í grunnvatnslindum á láglendi á Íslandi er almennt 3,5 – 5°C en fer lækkandi með hæð yfir sjávarmáli þar sem það endurspeglar meðalhitastig á staðnum. Á gosbeltinu er að finna lindir þar sem hitastig mælist yfir 4 -5°C en það gefur til kynna að vatnið hafi runnið töluvert djúpt og hitnað. Þeir þættir sem mest hafa áhrif á hitastig eru hæð yfir sjávarmáli, hlutfall snjóbráðar og blöndun við jarðhitavatn (Freysteinn Sigurðsson, 1990).

4.2.3 Rafleiðni

Rafleiðni er mælikvarði á getu vatns til að leiða rafstraum, en það eru uppleystar jónir í vatninu sem leiða hann. Hreint vatn, sem inniheldur fáar jónir leiðir rafstraum því illa (Schwartz & Zhang, 2003). Rafleiðnin eykst eftir því

sem jónirnar hafa hærri hleðslu og með hækkandi hitastigi vatnsins leysast fleiri efni upp í jónir. Fræðilega séð ætti rafleiðni því að vera í beinu hlutfalli við magn uppleystra efna í vatninu en hún fer þó í raun eftir stærð og hleðslu jónanna. Mæling á rafleiðni gefur upplýsingar um heildarstyrk uppleystra efna (*e. total dissolved solids*). Eining hennar er siemens [S]. Þar sem einingin telst vera stór eru mS eða $\mu\text{S}/\text{cm}$ almennt notuð (Kristmannsdóttir, 2004).

4.2.4 Heildarstyrkur uppleystra efna

Magn uppleystra efna er iðulega mælt við rannsóknir á vatni og gefur vísbendingu um eiginleika þess og þ.a.l. neysluhæfni og magn snefilefna (Schwartz & Zhang, 2003). Það er skilgreint sem massi heildarmagns fastra efna sem eftir verður, lífrænna sem og ólífrænna, þegar allt vatn hefur gufað upp úr sýni. Það er almennt gefið upp í milligrömmum á lítra [mg/L], eða sem milljónasti hluti [ppm]. Sé magnið afar lítið er talan gefin upp sem $\mu\text{g}/\text{L}$ eða einn millarðasti hluti [ppb]. Hátt gildi bendir til þess að vatnið sé salt eða kolsýruríkt og miklar líkur tæringu og/eða á útfellingum í rörum og því er mikilvægt að fylgjast með þessari breyту við undirbúning á hvers kyns nýtingu vatns (LagnaVal.is, 2002, Kristmannsdóttir, 2004).

Heildarstyrkur uppleystra efna er á bilinu 30 til 100 ppm í köldu vatni. Steinefnastyrkur grunnvatns á tertíeru svæðum Íslands er almennt hærri en sá sem finnst á gosbeltinu. Skýringin er sú að jarðlögin á hinu síðarnefnda svæði eru meira gropin og vatnið rennur því hraðar um og hefur haft minna ráðrúm til að leysa upp bergið. (Hrefna Kristmannsdóttir, 2006).

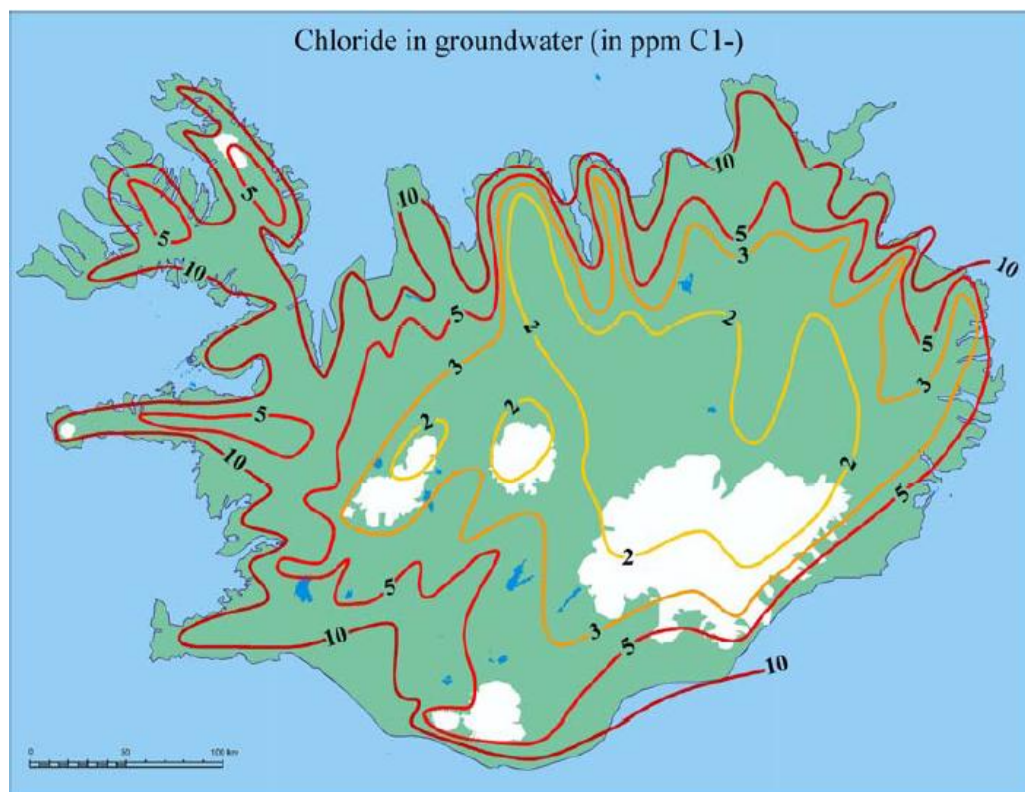
4.2.5 Selta

Selta S(%) er mælikvarði á hversu salt vatn er, hvort sem er í grunnvatni eða sjó og byggist á heildarmagni uppleystra efna. Hún er reiknuð með eftirfarandi formúlu, þar sem Cl(%) (*e. chlorinity*) er skilgreint sem massi í grömmum af klóríði sem jafngildir massa halógena í kílógrammi af sjó (Chester, 2003):

$$S(\%) = 1,80 \text{ Cl}(\%) + 0,030$$

Klóríð í grunnvatni er á uppruna sinn í úr sjó eða saltlögum í jörðu og gefur styrkur þess vísbendingu um að hversu miklum hluta til grunnvatn er upprunnið úr honum, annaðhvort vegna nálægðar við sjó eða úrkomumagns,

þar sem úrkoma á uppruna sinn að mestu þaðan (Freysteinn Sigurðsson, 1990). Í grunnvatni er mælikvarði á seltu þó eingöngu háður klóríðstyrk. Í yfirborðs vatni sjávar er seltustig 32-37‰ (Chester, 2003) en meðalsaltur sjór er 35‰ sem samsvarar 19.000 ppm. Þar sem magn klóríðs í úrkomu er meðal annars háð úrkomumagni lækkar klóríðstyrkur í grunnvatni eftir því sem lengra er farið inn í landið og hærra yfir sjávarmál. Þetta skýrist af því að vatnið sem er þyngst (sjá kafla 4.2.7) og sem inniheldur mest klóríð fellur fyrst þegar ský færast að landinu og yfir það. Klóríðstyrkur mælist lægstur á hálendinu, einkum Norðaustanlands og er það vegna snjóbráðar en meðfram ströndinni er hann 10-60 ppm (Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, 1988). Því er styrkur klóríðs hæstur þar sem úrkoma er mest og því jafnframt mun meiri á veturna en á sumrin (Freysteinn Sigurðsson, 1990).



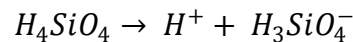
Mynd 5 Klóríðstyrkur í grunnvatni á Íslandi. (Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, 1988)

4.2.6 Karbónatstyrkur

Uppleyst ólífrænt kolefni er ýmist á formi kolsýru, bíkARBÓNATS eða karbónats (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998). Summan af þessum spesíum er heildarstyrkur karbónats í grunnvatni, en heildarkarbónat er gjarnan reiknað

sem CO_2 í efnagreiningum (Drever, 2002). Eins og getið var í kafla 4.2.1, er sýrustig grunnvatns að mestu háð efnahvörfum karbónatsýru og spesía hennar. Þegar CO_2 (g) kemst í snertingu við vatn leysist það upp í því þar til jafnvægi er náð. Svo lengi sem vatn er í snertingu við andrúmsloft er það í jafnvægi við karbónat og karbónatdúinn er ráðandi. Karbónatstyrkur er mestur á gosbeltinu, þar sem flest háhitasvæði landsins er að finna því vatn þeirra er almennt kolsýruríkara en á lághitasvæðum. Lægstur er hann á hálendinu og á djúpum sprungusvæðum utan gosbeltisins þar sem vatnið kemst ekki í beina snertingu við andrúmsloft (Sigurðsson, 1990). Í súru grunnvatni er karbónat aðallega á formi H_2CO_3 , í vatni með sýrustig yfir 8,4 er það alfarið á formi HCO_3^- en í basískasta vatninu er það á forminu CO_3^{2-} (Drever, 2002).

Styrkur kísils er í réttu hlutfalli við hitastig vatns og nálægð við lághita- eða háhitasvæði, þar sem steinefni og steindir í bergi leysast hraðar upp með hækkandi hitastigi vatns. Þegar sýrustig grunnvatns er orðið nægilega hátt tekur kísilsýra að klofna samkvæmt eftirfarandi efnahvarfi (Sigurður Reynir Gíslason og Stefán Arnórsson, 1988):



Kísilsýran verður þá ráðandi fyrir sýrustig vatnsins því hún leysist upp og framleiðir H^+ jónir sem þarf til að leysa upp bergið. Þetta ferli heldur áfram þar til jafnvægi er náð en hækkun sýrustigs vegna þessa ferlis hættir yfirleitt á bilinu 9-9,5 því þá myndast vetnisjónir jafnhvatt við klofnun kísilsýrunnar og þær eru teknar upp í bergið. Þetta á sérstaklega við um grunnvatn í lokuðum veitum eða í djúpum sprungum þar sem áhrifa karbónats úr andrúmslofti gætir ekki. Vatnið rennur um berggrunninn og leysir steinefni og steindir bergsins upp í leiðinni, en kísill skolast hraðast allra efna úr basalti (Sigurður Reynir Gíslason, 1990).

4.2.7 Tvívetni og súrefnissamsætur

Styrkur stöðugra samsæta vetnis og súrefnis er gjarnan skoðaður í rannsóknum á grunnvatni til þess að meta uppruna þess.

Samsætur vetnis í vatni eru aðallega einvetni (^1H) og tvívetni ($\delta^2\text{H}$) og eru þær stöðugar, en samsætur súrefnis eru ^{16}O , ^{17}O og ^{18}O og eru ^{16}O og ^{18}O

algengastar. Hlutfall þessara stöðugu samsæta ($^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) er gjarnan sett fram miðað við svokallaðan SMOW staðal (*e. Standard Mean Ocean Water*) (Schwartz & Zhang, 2003).

Það er háð hlutfalli þeirra í vatnsgufu og við hvaða hitastig hún þéttist en almennt er meira um þyngri samsæturnar í vökvafasa þar sem léttari samsæturnar gufa fyrst upp. Á sama hátt falla þyngri samsæturnar fyrst til jarðar með úrkomu og hlutfall þeirra fer minnkandi eftir því sem úrkoma fellur lengra inni í landi. Þá hefur hæð yfir sjávarmáli þar sem úrkoma fellur áhrif: hitastig lækkar með aukinni hæð og um leið aukast líkur á úrkomu og þar með auknu hlutfalli þyngri samsæta (Sveinbjörnsdóttir et al., 1995). Loks tengist hlutfall samsætanna breiddargráðu, þar sem kaldara er á norðlægari slóðum og meiri úrkoma (Stefán Arnórsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1998). Vatnsgufa sem er í jafnvægi við sjó hefur að meðaltali gildin $\delta^2\text{H} = -80\text{‰}$ og $\delta^{18}\text{O} = -10\text{‰}$ (Schwartz & Zhang, 2003) en á Íslandi er δD frá -50‰ og að rúmlega -100‰ í úrkomu (Bragi Árnason, 1976).

Þar sem berg inniheldur lítið vatn breytist hlutfall vetnissamsætanna lítið við flæði vatns um berg og því má nota samsætuhlutfall til þess að rekja uppruna vatns og rennslisleiðir þess og er hlutfall súrefnis ^{18}O og ^{16}O gjarnan notað á sama hátt og hlutfall tvívetnis og einvetnis. Erfiðara er að nota hlutfall súrefnissamsæta til slíkrar greiningar ef vatnið hefur runnið djúpt í jörðu og hitnað þar sem berg að öllu jöfnu 50% súrefni og, eins og áður hefur komið fram, eykst hraði efnaskipta milli bergs og vatns með hækkandi hitastigi. Þó má nota $\delta^{18}\text{O}$ til aldurs- og upprunagreiningar fyrir kalt grunnvatn og jarðhitavatn sem ekki hefur náð 80°C (Stefán Arnórsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1998).



Mynd 6 Hlutfall tvívetnis í úrkomu á Íslandi. (Bragi Árnason, 1976)

Bragi Árnason (1976) notaði hlutfall vetnissamsæta í lindarvatni til þess að rekja uppruna vatnsins og kortleggja grunnvatnsstrauma á Íslandi. Afrakstur rannsókna hans var Íslandskort sem sýndi styrk tvívetnis í úrkomu. Þar sést glögglega að léttasta vatnið er á Vatnajökli og vatnið er langþyngst meðfram ströndum.

5. Lög og reglugerðir um neysluvatn

Vegna vaknandi umhverfisvitundar síðastliðna áratugi hafa kröfur um vatnsgæði orðið æ strangari. Hugtökin sjálfbær þróun og vistvænt samfélag hafa fest sig í sessi og alþjóðasamfélagið hefur lagt aukna áherslu á vatnsgæði. Vatnið er jú undirstaða alls lífs á jörðu og ein mikilvægasta, ef ekki mikilvægasta auðlind, jarðarbúa.

5.1 Vatnalög

Á Íslandi voru fyrst sett vatnalög nr. 15/1923. Tilgangur þeirra var fyrst og fremst að tryggja eignarétt og rétt til nýtingar vatns og hvernig að því skyldi standa en einnig var losun hvers konar efna bönnuð í vötn, skurði, ís eða nærri vatni sem gæti ógnað heilsu manna og dýra.

5.2 Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir

Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998 miðuðu að því að „...búa landsmönnum heilnæm lífsskilyrði og vernda þau gildi sem felast í heilnæmu og ómengðu umhverfi.“ Lögð var áhersla á að öll starfsemi færi þannig fram að komið yrði í veg fyrir mengun, hvort sem er í vatni, lofti eða á landi, eða henni haldið í lágmarki í samræmi við gildandi reglugerðir. Öll sveitarfélög skyldu reka heilbrigðiseftirlit og kjósa í heilbrigðisnefnd eftir hverjar sveitarstjórnarkosningar en hún sér um að framfylgja ákvæðum laganna og settra reglugerða tengdum þeim. Umhverfisstofnun hefur svo yfirumsjón með heilbrigðiseftirliti og framkvæmd laganna.

5.3 Reglugerð um neysluvatn

Markmið reglugerðar um neysluvatn nr. 536/2001 er að „vernda heilsu manna með því að tryggja að neysluvatn sé heilnæmt og hreint.“ Þar kemur fram sú krafa til þeirra sem dreifa neysluvatni að þeir sjái til þess að það uppfylli kröfur um gæði og efniseiginleika sem um er rætt í viðauka I. Þá skuli heilbrigðisnefnd ákvarða vatnsverndarsvæði til varnar mengunar vatnsbóla auk þess sem vatnsveitur skuli gera ráðstafanir til þess að koma í veg fyrir mengun. Umhverfisstofnun gefur út leiðbeiningar um hvernig staðið skuli að eftirliti með vatnsbólum og öðrum þáttum sem kunna að hafa áhrif á gæði neysluvatns. Í viðaukum við reglugerðina eru tilgreindir þeir þættir sem eru háðir reglubundnu eftirliti og tilgreind viðmiðunarmörk, greiningaraðferð og tilskilin

nákvæmni. Rannsóknarþáttum er skipt í þrjá flokka eftir því til til hvaða aðgerða heilbrigðisnefndum er skylt að grípa fari styrkur efnanna yfir hámarksgildi. Efni í flokki A eru skaðlegust heilsu manna og heilbrigðisnefndum ber tafarlaust að banna notkun neysluvatns þegar styrkur þessara efna yfir yfir hámarksgildi. Þegar styrkur efna í flokki B fer yfirhámarksgildi fara aðgerðir eftir því hversu mikið greinist yfir mörkum. Fari styrkur efna í flokki C yfir mörk metur heilbrigðisnefnd hvort mönnum sé hættu búin (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001). Í töflu 1 er yfirlit yfir hámarksgildi þeirra efna sem notuð voru til greiningar í þessu verkefni.

Tafla 1 Hámarksgildi efna sem mælast mega í neysluvatni við reglubundna sýnatöku. (Reglugerð um neysluvatn nr.536/2001).

rannsóknarþáttur	hámarksgildi	flokkur	athugasemdir
Ál	200 mg/l	C	
Bór	1,0 mg/l	B	
Flúoríð	1,5 mg/l	B	
Járn	200 mg/l	C	
Klóríð	250 mg/l	C	Vatnið má ekki vera tærandi
Leiðni	2500 mS/cm við 20°C	C	Vatnið má ekki vera tærandi
Mangan	50 mg/l	C	
Natríum	200 mg/l	C	
Súlfat	250 mg/l	C	Vatnið má ekki vera tærandi
Sýrustig	6,5–9,5	C	Vatnið má ekki vera tærandi. Fyrir kolsýrulaust átappað vatni má lágmarksgildið fara niður í pH 4,5

5.4 Reglugerð um varnir gegn mengun vatns

Markmið þessarar reglugerðar er að „koma í veg fyrir og draga úr mengun vatns og umhverfis þess af mannavöldum (reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999).“ Hún tekur til mengunar vatns, flokkunar þess og gæðaviðmiða og rekur hvernig einstaklingar og aðilar að atvinnurekstri skuli

haga starfsemi sinni og umgengni um vatn og vatnsból. Meginreglan er sú að mengun vatns sé óheimil. Fram kemur listi yfir flokka vatns, skaðlegra efnasambanda, losunarmörk og gæðamarkmið varðandi losun efna. Eina efnið sem var notað til greiningar í verkefni þessu sem kemur fram í reglugerðinni er bór sem má vera að hámarki 1 ppm. Framfylgni ákvæða reglugerðarinnar er í höndum heilbrigðisnefnda en Umhverfisstofnun hefur umsjón með að vöktun vatns og úttektir séu framkvæmdar.

5.5 Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns

Markmið þessarar reglugerðar er, líkt og nafnið gefur til kynna, að koma í veg fyrir og draga úr afleiðingum mengunar í grunnvatni. Í henni kemur fram að öll mengun og bein losun í grunnvatn sé óheimil nema viðkomandi hafi verið veitt tilskilin leyfi. Áður en leyfi er gefið út skal Umhverfisstofnun rannsaka áhrif fyrirhugaðrar losunar á umhverfið og sér hún til þess að vöktun fari fram eftir að starfsemi hefst. Þá koma í viðauka fram þau efni sem eru háð losunarmörkum og leyfilegu hámarksmagni (reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr. 797/1999) en eina efnið sem notað var til greiningar í verkefni þessu var bór.

5.6 Vatnatilskipun ESB

Í september árið 2007 var Vatnatilskipun Evrópusambandsins samþykkt inn í EES samninginn og hún staðfest með þingsályktunartillögu í desember 2007. Tilgangur hennar var að efla vatnsvernd á landi, árosavatns, strandsjávar og yfirborðs- og grunnvatns, bæta ástand vatnavistkerfa og stuðla að sjálfbærri nýtingu vatns. Þá miðar hún að því að draga úr og loks koma í veg fyrir losun hvers kyns mengandi efna í grunnvatn (Umhverfisstofnun, e.d.). Vinnuhópar voru settir á laggirnar til þess að greina þáverandi stöðu Íslands gagnvart tilskipuninni til þess að unnt væri að fá yfirsýn yfir það sem gera þyrfti í framhaldinu m.a. flokka vötn og vatnsból eftir gerð og landfræðilegum aðstæðum og gera vistkerfaflokkun.

6. Úrvinnsla gagna

Forritið AqQa frá Rockware (2006) var notað til þess að flokka vatnssýni sem höfðu verið greind í tengslum við verkefnið Vatnsauðlindir Íslands.

Eftirfarandi gögn voru notuð til flokkunar vatnsbóla landsins: kalsíum, magnesíum, natríum, kalíum, karbónat, sulfat, klóríð, heildarmagn uppleystra efna, leiðni, sýrustig, kísil, flúoríð, ál, járn, mangan, bór, hlutfall súrefnissamæta $\delta^{18}\text{O}$, vetnissamsæta $\delta^2\text{H}$. GPS hnit vatnsbólanna voru notuð til að aðgreina þau eftir landshlutum og voru efnasamsetningar flokkanna færðar í AqQa til greiningar og ýmis línurit úr því notuð til frekari flokkunar, eftir efnasamsetningu og einnig var miðað við fjarlægð frá sjó.

6.1 Piper línurit

Piper línurit eru samsett af tveimur þríhyrningum og tígli. Þau sýna hlutföll jafngildisstyrks algengustu katjónanna (Ca, Mg, (Na + K)) á einum þríhyrninganna, hlutföll algengustu anjóna ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- og SO_4^{2-}) á öðrum þeirra og á tígli fyrir miðju koma allar þessar upplýsingar fram saman. Hver punktur svarar til efnagreiningar eins sýnis. Til þess að setja upplýsingarnar fram í tíglinum er dregin lína frá gildinu í katjóna þríhyrningnum samhliða Mg ási að tilsvarendi gildi í tíglinum og svo samsvarandi fyrir anjónirnar. Samanlagt gildi fyrir anjónir og katjónir verður þar sem línurnar tvær skerast (Drever, 2002). Með þessum hætti má flokka vatn eftir efnasamsetningu þess t.d. í alkalí-bíkarbónatvatn.

6.2 Schoeller línurit

Schoeller línurit er einnig hægt að nota til framsetningar margra niðurstaðna úr efnagreiningum. Þar er lógartími af styrk nokkurra efna (Li, Na, K, Mg, Ca, F, Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , B, NH_4^+) merktur á línurit og lína dregin á milli styrkgildanna fyrir hvert sýni. Hallatölur línanna gefa til kynna hlutfall styrkgildanna. Þar sem gildin eru lógaritmísk má setja fram mjög stórt styrkbil (Truesdell, 1991). Með þessum hætti má bera saman og flokka sýni úr vatnsbólum eftir þessum efniseiginleikum og skoða fylgni milli efnasamsetningar hóps vatnssýna (Güler, 2002).

6.3 Durov línurit

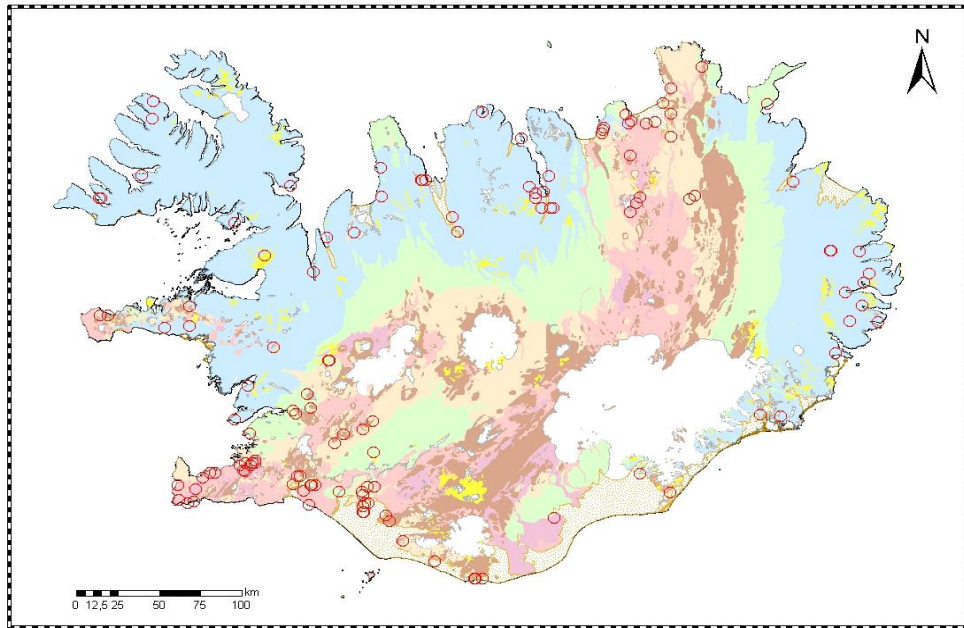
Durov línurit eru eins upp byggð og Piper, þ.e. þríhyrningslínurit sem sýna hlutfallslegan styrk katjóna (Ca, Mg, og Na+K) annarsvegar og anjóna (Cl^- , SO_4^{2-} og $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) hins vegar. Þessum gildum er varpað á ferning sem liggur á milli þríhyrninganna tveggja. Einnig eru tveir ferhyrningar sem sýna

heildarstyrk uppleystra efna (*e. total dissolved solids*TDS) í mg/L og sýrustig á pH skala. Þetta er góð samantekt á helstu efniseiginleikum vatnsins og auðvelt að greina hvaða sýni hafa áþekka efnasamsetningu (Zaporozec, 1972).

7. Niðurstöður

Á Íslandi er kalt vatn að mestu úrkomuvatn en nálægð við sjó og jarðhitasvæði og jarðfræðileg gerð hafa áhrif á efnasamsetningu þess. Efnaskipti vatns og bergs djúpt í jörðu gerir það að verkum að íslenskt grunnvatn er basískara en annars staðar í heiminum. Sýrustigið er á bilinu 7 til 10,5 (Sigurður Reynir Gíslason, 1993). Grunnvatnið á gosbeltinu er basískast, um og yfir pH 9, vegna þess að þar kemst það í snertingu við ferskt glerkennt berg en það er jafnframt efnasnaudast vegna mikillar lektar og hraða vatnsstreymis. Á tertíera svæðum landsins á á Vestur-, Norður og Austurlandi er jarðlagastaflinn þéttari og myndbreyttari og þar er sýrustigið 8,2-8,7 og vatnið efnaríkara. Yfirborðsvatn og grunnt vatn er yfirleitt súrara, pH 6,5-7,5, og efnainnihald þess ræðst af fjarlægð frá sjó. Heildarmagn uppleystra efna í íslensku vatni er 30-100 ppm og algengast er Na-HCO₃ vatn með pH 8-9. Efnainnihald íslensks vatns er yfirleitt langt innan við hámarksgildi í stöðlum, bæði hvað varðar aðalefni og snefilefni og er sjaldnast tærandi (Kristmannsdóttir, 2004).

Á mynd 7 sést staðsetning allra þeirra vatnsbóla sem flokkuð voru í verkefninu. Stærri kort er að finna í viðauka 3.1



Mynd 7 Rannsókuð vatnsból í verkefninu sýnd á jarðfræðikorti. Skýringar eru sýndar á stærra korti í viðauka 3.1.

Landinu var gróflega skipt upp eftir landshlutum og jarðfræðilegum aðstæðum þannig:

- **Höfuðborgarsvæðið:** Garðabær, Hafnarfjarðarkaupstaður, Reykjavík, 17 vatnsból
- **Vesturland:** Hvalfjarðarsveit, Skorradalshreppur, Borgarbyggð, Akranesskaupstaður, Eyja- og Miklaholtshreppur, Helgafellssveit, Grundarfjarðabær, Snæfellsbær, Dalabyggð, 18 vatnsból
- **Vestfirðir:** Ísafjarðarbær, Kaldraneshreppur, Bolungarvíkurkaupstaður, Vesturbyggð, 8 vatnsból
- **NV-land :** Bæjarhreppur, Húnaþing vestra, Húnavatnshreppur, Blönduósbær, Sveitarfélagið Skagafjörður, Akrahreppur, Skagabyggð, Akureyrarkaupstaður, Fjallabyggð, 16 vatnsból
- **NA-land:**Svalbarðsstrandarhreppur, nyrðri hluti Norðurþings, Svalbarðshreppur, Langanesbyggð, 19 vatnsból
- **Óbyggðir NA-landi:** Skútustaðahreppur, Aðaldælahreppur, syðri hluti Norðurþings, 7 vatnsból
- **Austurland:** Vopnafjarðarhreppur, Fljótsdalshérað, Seyðisfjarðarkaupstaður, Fjarðabyggð, Breiðdalshreppur, Djúpvogshreppur, nyrðri hluti Sveitarfélagsins Hornafjarðar, 13 vatnsból
- **Mýrdalur og víðar:** syðri hluti Sveitarfélagsins Hornafjarðar, hluti Rangárþings eystra, Mýrdalshreppur, Skaftárhreppur, 6 vatnsból

- **Hella og Hvolsvöllur:** Rangárþing ytra, hluti Rangárþings eystra, Flóahreppur, 12 vatnsból
- **Suðurland:** Sveitarfélagið Árborg, Sveitarfélagið Ölfus, Hveragerðisbær, Hrunamannahreppur, Bláskógabyggð, 17 vatnsból
- **Reykjanes:** Sveitarfélagið Vogar, Reykjanesbær, Grindavíkurbær, 10 vatnsból

Í viðauka 2 sést hvaða vatnsból falla undir hvern landshluta fyrir sig.

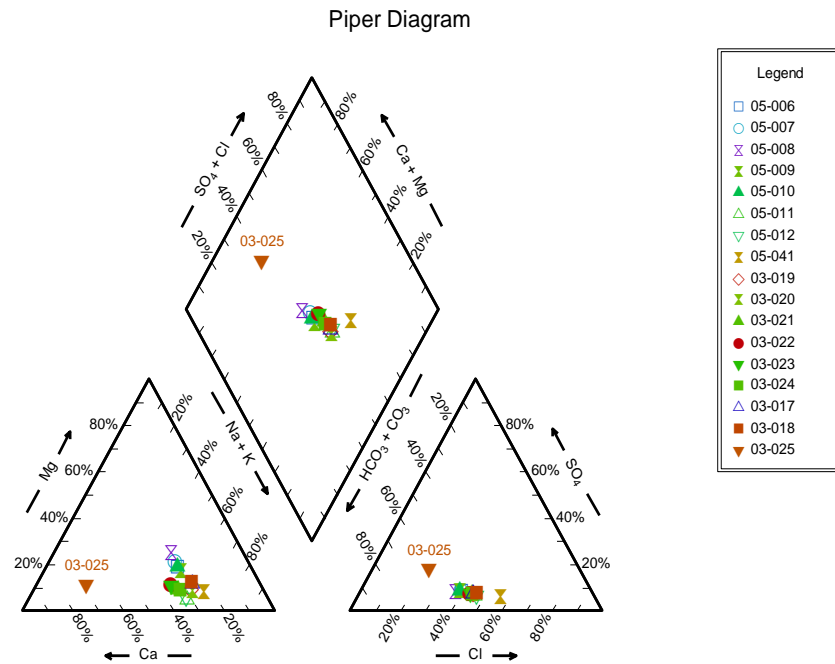
Þegar sýni voru tekin fyrir verkefnið Vatnsauðlindir Íslands var öllum vatnsbólum fengið auðkennisnúmer til aðgreiningar og hagræðingar og birtast þau í sviga fyrir aftan nafn staðar eða vatnsbóls. Auðkennisnúmer, nöfn og öll gögn fyrir hvert vatnsból er að finna í viðauka 1.

7.1 Höfuðborgarsvæðið

Bergið á höfuðborgarsvæðinu er að mestu basísk og ísúr hraunlög og setlög yngri en 0,8 milljón ára (hér eftir stýtt í Ma).

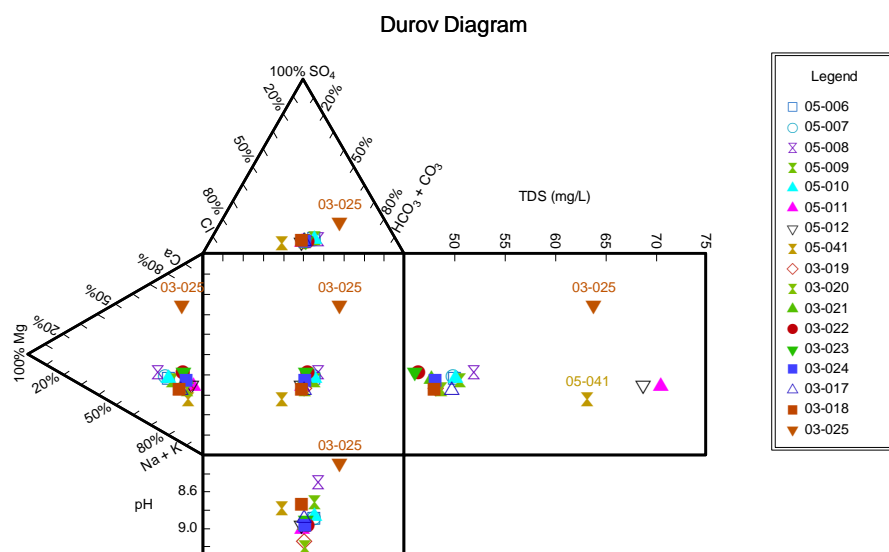
Vatnið á höfuðborgarsvæðinu einkennist af háu sýrustigi, eða frá 8,5-9,2. Kjalarnes sker sig þó úr, með pH gildi 8,29. Í vatni úr Dýjakrókum 2 (05-012) og 3 (05-011) og Lækjarbotnum (05-041) er hærra magn uppleystra efna en annars staðar á svæðinu (70 ppm miðað við 50 ppm). Það stafar af rúmlega tvöföldu magni bíkarbónats, klóríðs og natríums, enda flokkast Dýjakrókar 2 og Lækjarbotnar sem Na-Cl vatn. Öll hin vatnsbólín á svæðinu flokkast sem Na-HCO₃ vatn, nema Gvendarbrunnar 20 (03-018, Na-Cl vatn) og Kjalarnes (03-025, Ca-CO₃ vatn).

Kjalarnes er einnig frábrugðið fyrir þær sakir að það er í töluverðri fjarlægð frá hinum vatnsbólunum og mun nær sjó. Öll gildi aðalefnanna, sem sagt kalsíums, magnesíums, bíkarbónats og sulfats eru þar langhæst og styrkur heildarmagns uppleystra efna er meðal þeirra hæstu í gagnagrunninum. Það kemur glögglega fram á mynd 8.



Mynd 8 Piper línurit fyrir vatn á höfuðborgarsvæðinu.

Durov línuritið sýnir einnig hversu frábrugðið vatnið á Kjalarnes er hinum, sem öll hafa svipaða efnasamsetningu. Einungis gildi heildarmagns uppleystra efna fyrir Lækjarbotna og Dýjakróka 2 og 3 eru jafnhá eða hærri. Vatnið í Dýjakrókum og Lækjarbotnum inniheldur fimmtungi meira af bíkarbónati, natríum og klóríði en hin vatnsbólín á höfuðborgarsvæðinu enda er það Na-Cl vatn eins og áður sagði.



Mynd 9 Durov línurit fyrir vatn á höfuðborgarsvæðinu.

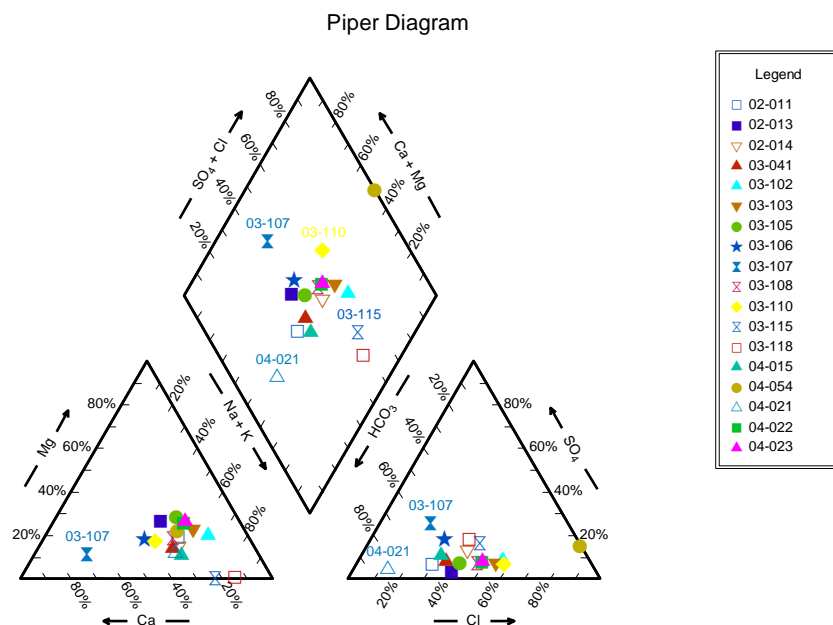
Vatnið á höfuðborgarsvæðinu er mjög þungt, sem gefur til kynna að vatnið sé að mestu staðbundið vatn og úrkoma. Þetta skýrist af því að vætusamt er á suðvesturlandi og loftrakin kemur sunnan úr höfum þar sem hitastig er hærra og því getur loftið borið með sér meiri raka. Úrkoman kemur að landinu og við það falla þyngstu samsæturnar fyrst. Flest vatnsbólanna hafa tvívætnisgildi milli -56 og -58‰ og er það í samræmi við regnvatnslínu norðurhvelsins og tvívætniskortið á mynd 6.

7.2 Vesturland

Á Vesturlandi er bergið að mestu basískt og ísúrt gosberg og setberg eldra en 3,3 Ma. Þó er að finna súrt gosberg frá tertíer milli Skarðsheiðar og Hafnarfjalls, í Ljósufjöllum og á Skógaströnd og basískt og ísúrt gosberg eldri en 11.000 ára í Eldhrauni og yst á Snæfellsnesi.

Þegar Piper línurit fyrir Vesturland er skoðað sést að efnainnihald vatnsins er misjafnt á þessu svæði. Hólmi í Botnsdal (03-115) og Svartihryggur (03-118) skera sig helst úr en vatnið þar flokkast sem Na-OH annars vegar og Na-CO₃ hins vegar og eru þessir staðir þeir einu á Íslandi sem falla í þessa flokka.

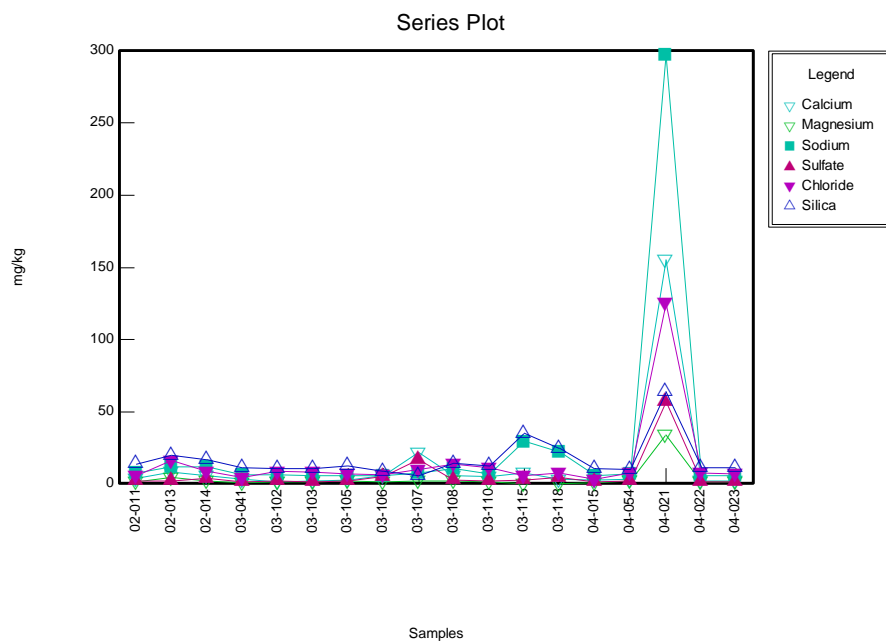
Vatnið í Hólma er afar basískt, með sýrustig 10,89, og er það hæsta gildið í gagnagrunninum. Heildarstyrkur uppleystra efna (82,4 ppm) og leiðni (249 µS/cm) eru tvöfalt hærri en önnur vatnsból á svæðinu, að undanskildum Svartahrygg og Ölkeldu (04-021), sem er karbónatvatn.



Mynd 10 Piper línurit fyrir vatn á Vesturlandi.

Sýrustig í vatninu í Svartahrygg, sem er skammt frá Hólma, mældist 10,09 sem er næsthæsta gildið í gagnagrunninum. Þar er nærri tvöfalt meira heildarkarbondat en í Hólma en helmingi lægri leiðni. Í viðauka 3.4 er yfirlitskort yfir sýrustig vatnsbóla á öllu landinu.

Ölkelda (04-21) sker sig langmest úr hvað varðar efnasamsetningu. Í henni mældist sýrustigið einungis 6,36 og er það lægst á landinu. Heildarmagn uppleystra efna þar er hins vegar langhæst, 1331 ppm, og gildin fyrir öll helstu efni margfalt það sem almennt gerist í vatnsbólum á Íslandi. Þetta skýrist af því að ölkeldur eru sérstök tegund grunnvatns sem getur verið allt frá því að vera við umhverfishita og upp í 80°C (Guðmundur Pálmason, 2005). Þær eru gífurlega kolsýruríkar og á Íslandi myndast þær einkum á jöðrum gosbeltanna og á svæðum eins og Snæfellsnesi þar sem eru djúpt liggjandi kólnandi kvikuinnskot (Arnórsson og Barnes, 1983). Mynd 11 sýnir glögglega þennan mun á efnasamsetningu.

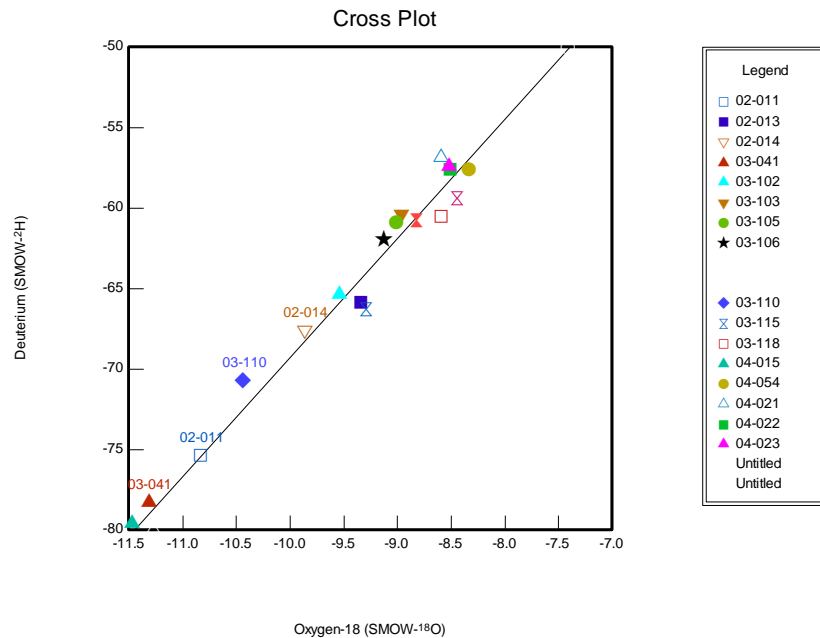


Mynd 11 Styrkur aðalefna í vatni á Vesturlandi.

Vatnið í Borgarnesi (Lindir Háumelum 03-107 og Seleyri 03-106) flokkast sem Ca-HCO₃ enda er það mjög kalsíumríkt í Háumelum og styrkur kalsíums einnig nokkru yfir meðallagi á Seleyri. Sýrustigið á Seleyri bendir til þess að það sé að mestu yfirborðsvatn (6,76) en er innan eðlilegra marka og á

Háumelum er það 7,89. Í viðauka 3.2 er GIS kort sem sýnir kalsíumstyrk á landinu og 3.4 sýnir sýrustig.

Afgangurinn af vatnsbólum þess landshluta flokkast sem Na-HCO₃ vatn eða Na-Cl vatn. Það eru algengustu flokkarnir á Íslandi, auk Ca-HCO₃.



Mynd 12 Vetrnis- og súrefnissamsætur í vatni á Vesturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

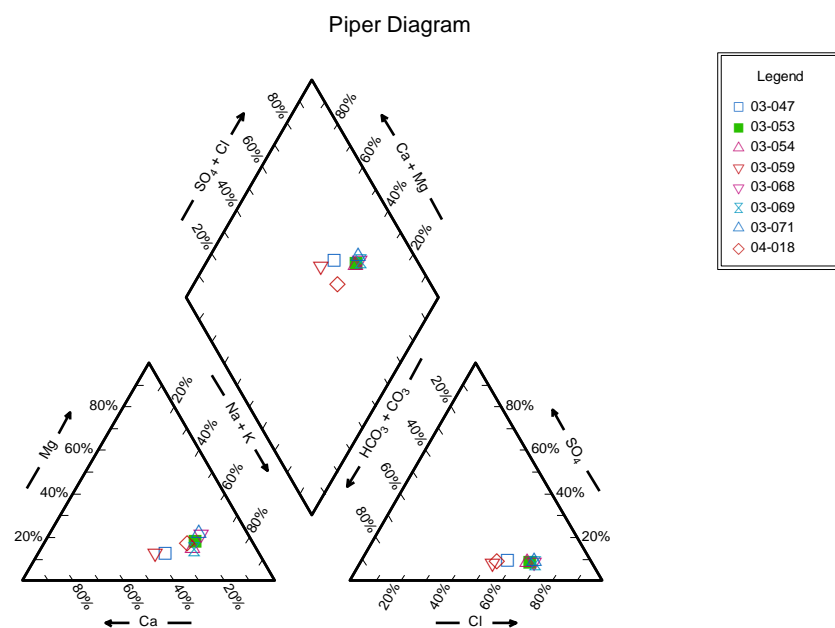
Á Vesturlandi er vatnið mjög misjafnlega þungt. Vatnsbólur eru í ólíkum jarðlögum og mislangt frá sjó. Vatnið er þyngst á Akranesi og Borgarnesi, um 60‰ enda mjög nálægt sjó auk þess sem vatnið á Akranesi er fengið úr Berjadalsá og því er það að mestu yfirborðsvatn og úrkoma. Léttasta vatnið mælist í Húsafelli (02-011, 03-041 og 04-015) enda er það töluvert langt frá sjó, um 50 km í austur frá Borgarnesi. Þessi gildi koma heim og saman við gildin á tvívetniskorti Braga Árnasonar (1976).

7.3 Vestfirðir

Bergið á Vestfjörðum er frá síð-tertiér, eða eldra en 3,3 Ma gamalt en þó má finna þar súrt gosberg frá tertíer og ísöld sem er eldra en 11.000 ára gamalt. Vatnið á Vestfjörðum er Na-Cl vatn og allt mjög svipað þó svo langt sé á milli vatnsbóla. Heildarstyrkur uppleystra efna er á bilinu 38-57 ppm í öllum

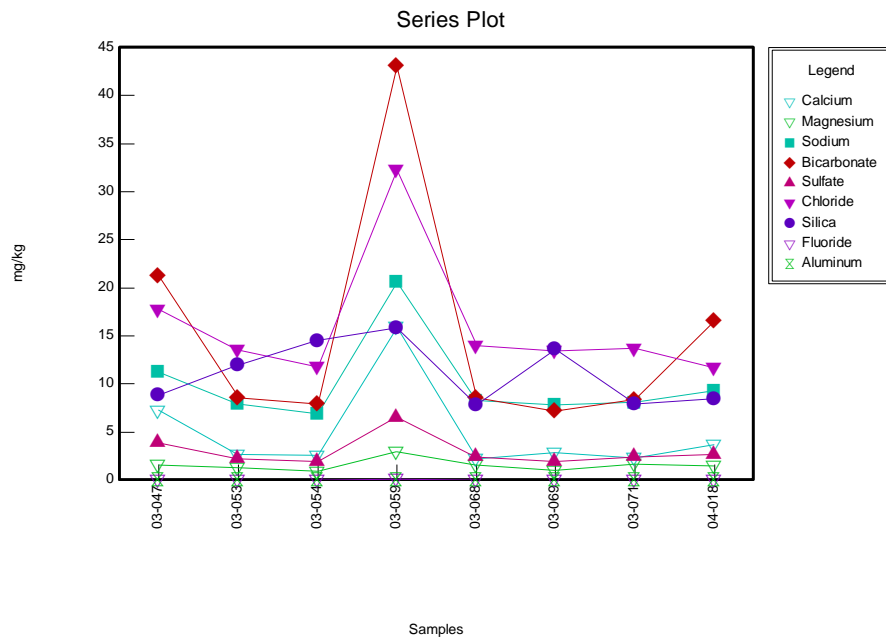
vatnsbólum og sýrustigið 6,98-7,92. Á mynd 13 sést að efnasamsetning í öllum þessum vatnsbólum er áþekkt.

Það eru þó tvær undantekningar. Á Drangnesi (03-059) er vatnið mun saltara og ríkara af öllum aðalefnum sem voru skoðuð og skýringin er sú að vatnsbólíð er mjög nálægt sjó og allar líkur á því að vatnið í lindinni sé sjóblandað líkt og víða á Reykjanesi. Vatnið á Ísafirði (03-069) er basískt vegna þess að það er úr Vestfjarðagöngunum og væntanlega langt að runnið. Það er að flestu leyti mjög líkt vatni úr tertíer berggrunni á Norðurlandi.



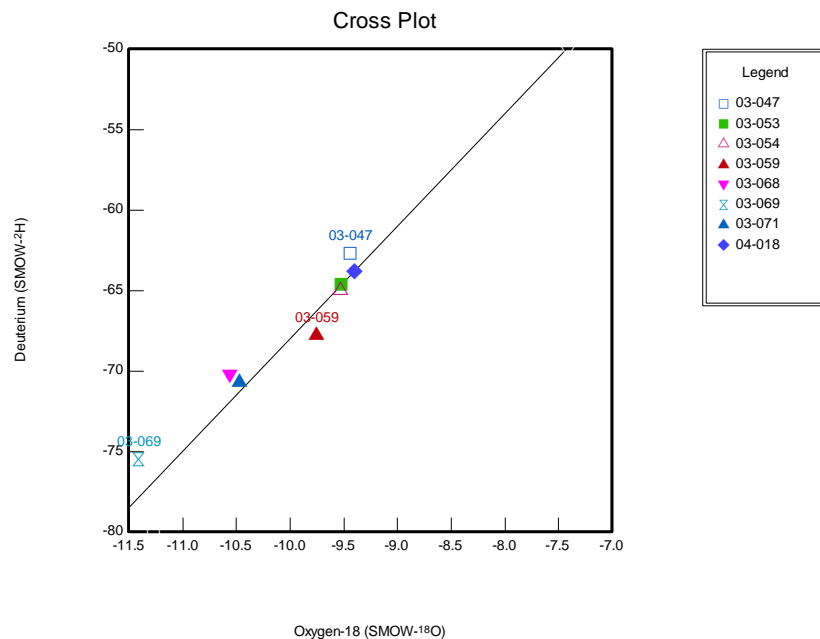
Mynd 13 Piper línurit fyrir vatn á Vestfjörðum.

Vatnsbólíð við Reykhóla (03-047) er örlítið salt og er það, líkt og á Drangnesi, vegna þess hversu nálægt það er sjó. Vestfirðir eru ekki eins rofnir og Austfirðir og því er berggrunnurinn opnari. Auk þess er meira um jarðhnik á Vestfjörðum (sprunguhreyfingar og jarðskjálfta) og því er meira grunnvatn og lindir (Axel Björnsson o.fl., 1990 og Axel Björnsson pers. uppl.).



Mynd 14 Styrkur aðalefna í vatni á Vestfjörðum.

Vatnið á Vestfjörðum er allt vel innan marka hvað varðar kröfur reglugerðar um neysluvatn.



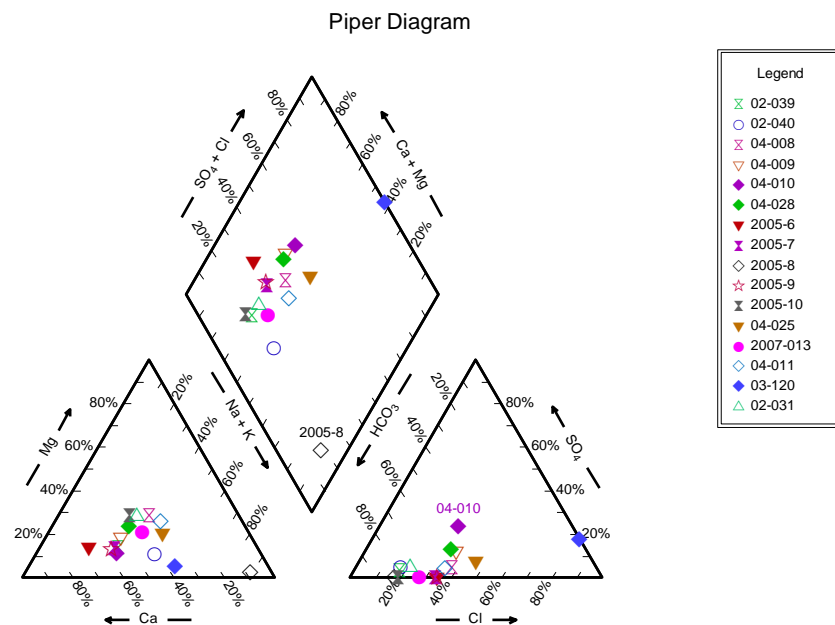
Mynd 15 Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Vestfjörðum. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Á Vestfjörðum er tvívetnisgildi vatnsbólanna -65 - -75‰ sem gefur til kynna að tvívetnisinnihald vatnsins sé um 7% lægra en í sjó. Þetta skýrist meðal

annars af því að úrkoman sem fellur þar er bæði úrkoma sem kemur norðan úr höfum sem er tvívetnissnauðari vegna þess að kalt loft inniheldur ekki jafnmikinn raka og heitt loft. Hins vegar fellur þar úrkoma úr lofti sem þegar hefur borist yfir Suðvesturland og Snæfellsnes og hún er léttari. Gildin eru í samræmi við tvívetniskortið á mynd 6.

7.4 Norðvesturland

Þessi landshluti nær frá Borðeyri í vestri og til Akureyrar í austri og spannar því stórt svæði en vatnsbólur eru þó furðu áþekkt í efnasamsetningu. Bergið er frá síð-tertiér þ.e. eldra en 3,3 Ma gamalt og bergið er basískt og ísúrt gosberg. Vatnsbólur gefa flest vatn sem er Ca-HCO_3 en kalsíumstyrkur er á bilinu 2,8-15,54 ppm og sýrustig 6,88-8,6 (sjá viðauka 3.2 og 3.4 fyrir yfirlitskort). Kísill og magnesíumstyrkur er í meðallagi (á Íslandi er hann 1-6 ppm) og vatnið er almennt lítið salt. Blönduós (04-008), Skagaströnd (04-009) og Hvammstangi (04-010) eru hvað styst frá sjó og því saltari og efnaríkari en önnur lengra frá sjó. Heildarstyrkur uppleystra efna í þeim vatnsbólum er 55-100 ppm og leiðnin eftir því (sjá töflu í viðauka 1).

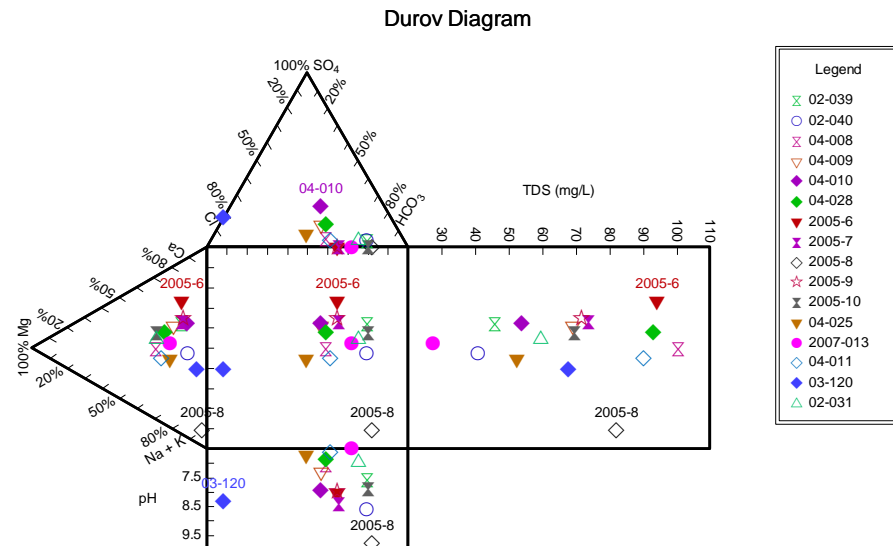


Mynd 16 Piper línurit fyrir vatn á Norðvesturlandi.

Á mynd 16 sést að efnasamsetning Hríseyjar (03-120) er mjög frábrugðin öðrum vatnsbólum á norðvesturlandi. Skýringin er sú að vatnið er frekar salt

vegna þess að fjarlægð vatnsbólans frá sjó er afar stutt og það flokkast því sem Na-Cl vatn.

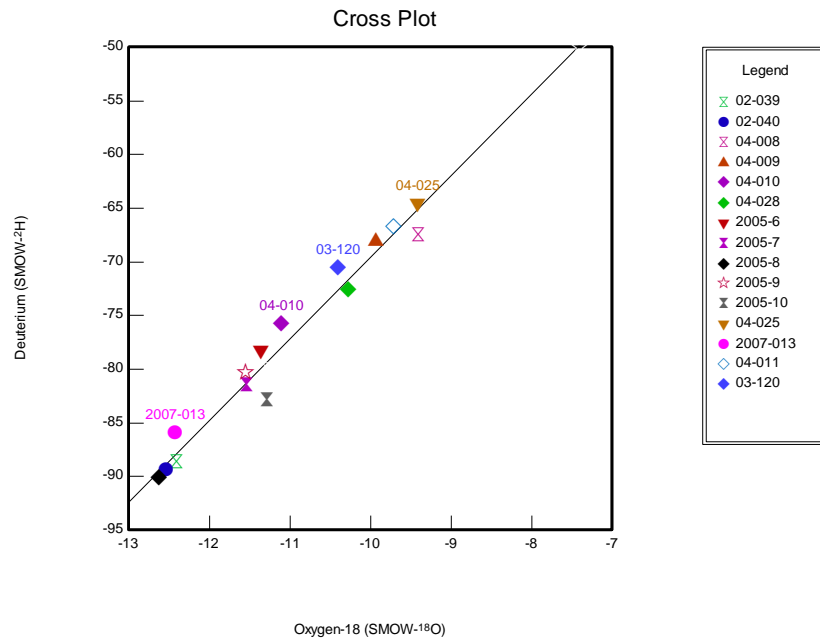
Stóru Akrar (2005-8) skera sig einnig úr, en vatnið þar er Na-HCO₃ vatn – og er það annað af tveimur vatnsbólum á þessu svæði sem falla í þann flokk. Sýrustig þess er gífurlega hátt, 9,78, og natríumstyrkur einnig. Líklegt er að það hafi hvarfast við glerkennt berg og það er auk þess volgt og heitara en flest vatnsból á Íslandi. Kvartert berg finnst í Skagafirði og möguleiki á að uppruni þessa vatns geti verið af svipuðum toga og annars últrabásíks bergs á Íslandi (Hrefna Kristmannsdóttir, 2007). Sýrustig í vatni Stóru Akra er langt yfir mörkum en það gefur samt sem áður ekki til kynna að það sé óneysluhæft (Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001).



Mynd 17 Durov línurit fyrir vatn á Norðvesturlandi.

Vatnið á Borðeyri (04-011) er frekar salt og efnaríkt enda vatnsbólið nálægt sjó. Það er einnig bíkarbónatrikt og flokkast sem Na-HCO₃ vatn. Loks ber að nefna vatnsból Siglufjarðar (04-025) við Hvanneyrarskála sem inniheldur Na-Cl vatn. Þar er klóríðstyrkur örlítið hærri en samt sem áður ekki jafnhár og hann er almennt í vatnsbólum sem eru nálægt sjó. Gildi hans er þó tvöfalt gildi vatns í vatnsbólunni við Kúsgerpi, sem er töluvert langt inni í landi, skammt frá Stóru Ökrum.

Á heildina litið er vatn allra vatnsbóla á norðvesturlandi vel innan marka samkvæmt reglugerð, líkt og flest allt vatn á Íslandi. Flokkarnir eru: Ca-HCO₃, sem er ráðandi, Na-HCO₃ (Stóru Akrar og Borðeyri), Na-Cl (Siglufjörður og Hrísey).



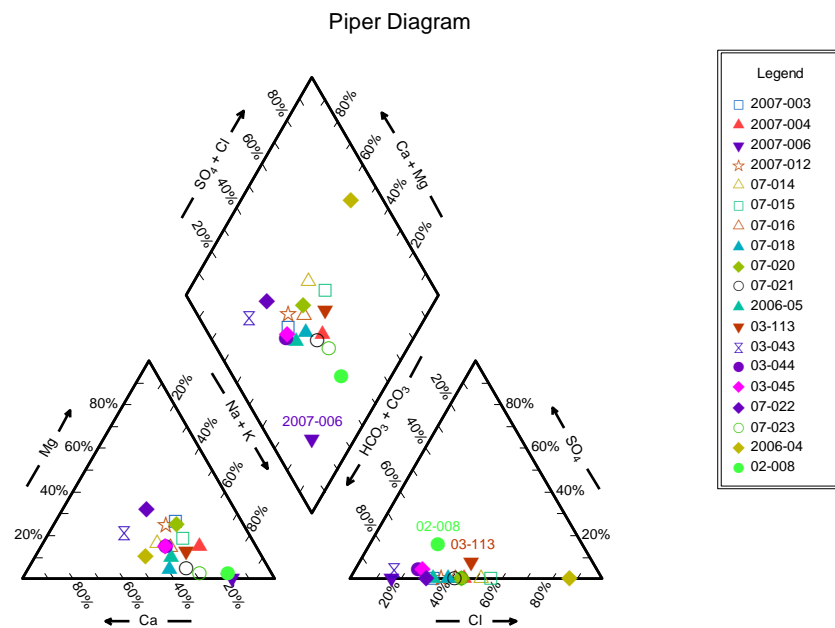
Mynd 18 Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Norðvesturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Vatnið á Norðvesturlandi er í léttari kantinum, sérstaklega ef miðað við það að úrkoma við suðurströnd landsins hefur tvívetnisgildi um -50‰. Flest vatnsbólanna eru með $\delta^2\text{H}$ á bilinu -50 til 80‰, en vatnið í Glerárdalslindum (02-039), Hesjuvallalindum (02-40) er mjög létt, sérstaklega ef tekið er tillit til þess hversu stutt er til sjávar. Þetta bendir til þess að vatnið hafi runnið langa leið þaðan sem úrkoman féll fyrst og allar líkur eru á því að það sé upp runnið af hálendinu sunnan og vestan við. Sömu sögu er að segja um vatnið við Stóru Akra (2005-8) og Vaglir (02-031), sem gætu verið upp runnin af hálendinu milli Skagafjarðar og Eyjafjarðar. Þessi gildi eru í samræmi við það sem kemur fram á tvívetniskorti Braga Árnasonar (1976).

7.5 Norðausturland

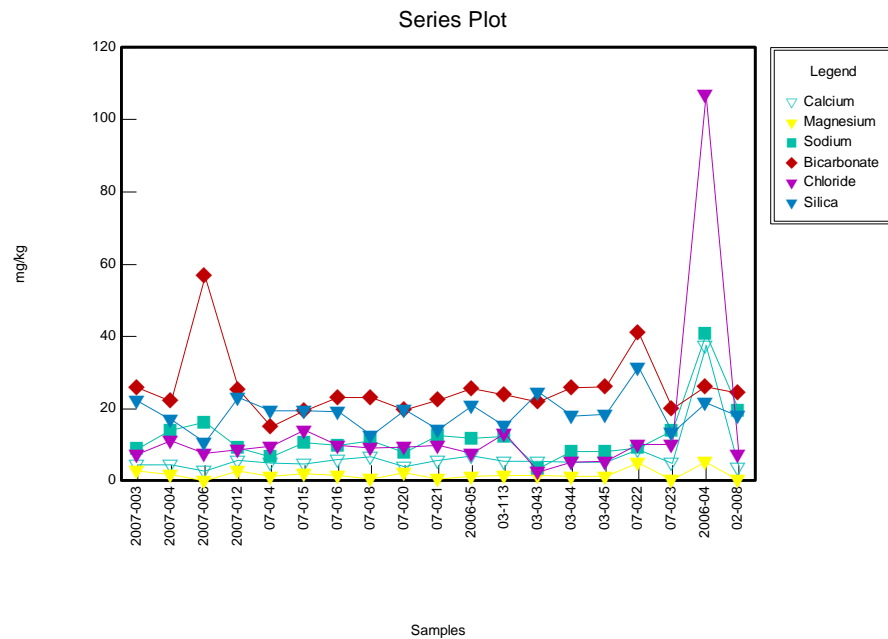
Þetta svæði nær frá Akureyri að mörkum Langanesbyggðar og Vopnafjarðarhrepps og er bergið er misjafnlega gamalt. Á skaganum milli Eyjafjarðar og Skjálfanda er það eldra en 3,3 Ma, í Kelduhverfi er bergið

basískt og ísúrt hraun frá sögulegum tíma, frá Melrakkaslétu og í suður er það að mestu frá síðari hluta síðustu ísaldar, eða yngra en 0,8 Ma og frá Langanesi og suður eftir er það frá fyrri hluta ísaldar, 0,8-3,3 Ma. Í flestum vatnsbólum er Na-HCO₃ vatn, með fjórum undantekningum: Grísarárlindir (03-043) er Ca-HCO₃, Þórshöfn (07-014) og Raufarhöfn (07-015) eru Na-Cl og Snartastaðalækur er Ca-Cl. Vatnið á Norðausturlandi er basískt, sýrustigið er á bilinu 7,79-9,52, enda jarðfræðilegar aðstæður mjög breytilegar (sjá viðauka 3.4 fyrir yfirlit yfir sýrustig vatnsbóla á landinu).



Mynd 19 Piper línurit fyrir vatn á Norðausturlandi.

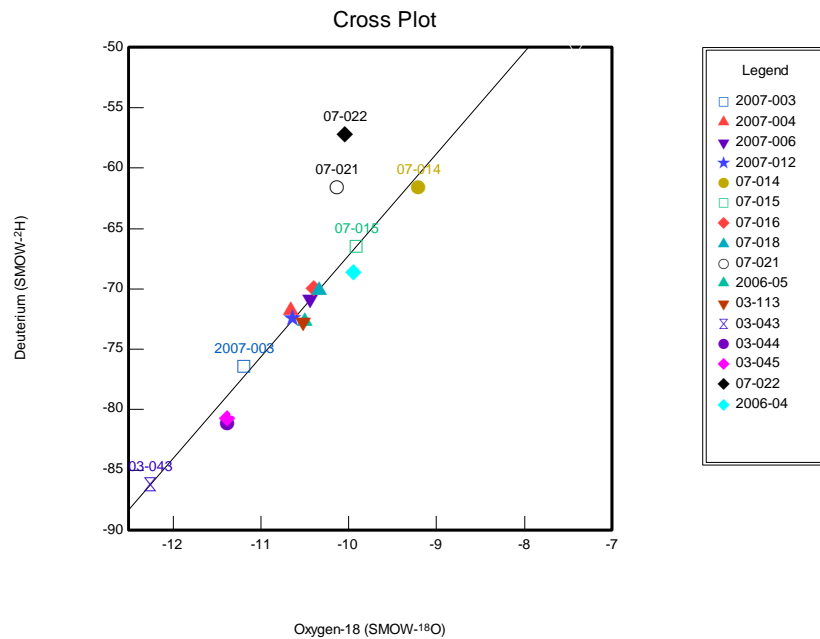
Súlfat- og kalsíumstyrkur vatnsins er almennt lágur eins og sést á mynd 19. Snartastaðalækur (2006-04) er þar áberandi frábrugðinn að því leytnu til að hann er mjög kalsíum- og magnesíumríkur (37,5 ppm og 5,19 ppm) enda er vatnið Ca-Cl auk þess sem mikið er af uppleystum efnum í því, 234,6 ppm, og leiðnin eftir því. Vatnið þar er saltmengað og er vatnból til vara fyrir Kópasker (Hrefna Kristmannsdóttir, munnleg heimild).



Mynd 20 Styrkur aðalefna í vatni á Norðausturlandi.

Vatnið í Grísarárlindum (03-043), sem er af Ca-HCO₃-gerð, inniheldur mun minna af natríum og súlfati en t.d. borholur við Öngulsstaði og Selbót sem eru í næsta nágrenni og styrkur kísils er hærri. Að öllum líkindum hefur það hvarfast minna við berg, og hefur fallið sem úrkoma herra til fjalla en önnur vatnsból á svæðinu.

Vatnið á Þórshöfn (07-014) og Raufarhöfn (07-015) er Na-Cl, enda eru þau vatnsból bæði innan við 10 km frá sjó. Samt sem áður er heildarstyrkur uppleystra efna svipaður og annars staðar á Norðausturlandi.



Mynd 21 Vetrnis- og súrefnissamsætur í vatni á Norðausturlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

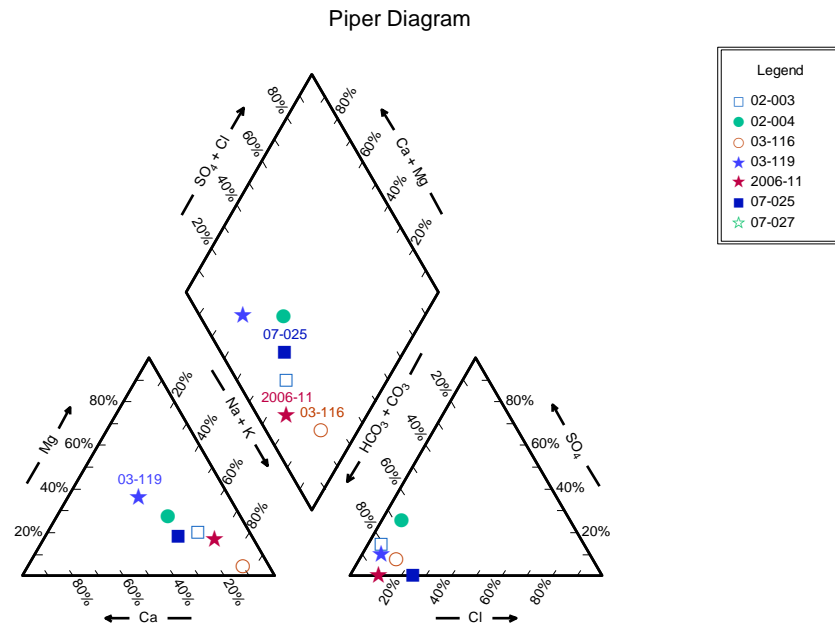
Þar sem Norðausturland nær yfir stórt landsvæði spanna tvívetrnisgildi vatnsbólanna þar breitt bil, eða -60 - -80‰. Helsta fráviknið frá úrkomulínu norðurhvelsins (mynd 42) er í vatninu við Hljóðakletta (07-022) og Bakkaá (07-021), sem er þyngst. Þetta sést glögglega á myndinni hér að ofan. Léttast er vatnið í Grísarárlindum (03-043), -86.2‰, sem eru um 10 km fyrir sunnan Akureyri og er það í samræmi við tvívetrniskortið á mynd 6 og jafnframt lága seltu eins og kom fram hér að framan. Það gefur til kynna að vatnið hafi runnið langa leið neðanjarðar og sé því ekki staðbundið úrkomuvatn.

Almennt er vatnið á þessu svæði natríumríkt (sjá viðauka 3.3) þar sem það er að hluta til á gosbeltinu og því ungt berg sem hvarfast við vatnið. Það er þó allt innan marka varðandi hámarksgildi aðal- og snefilefna samkvæmt reglugerð.

7.6 Óbyggðir á Norðausturlandi

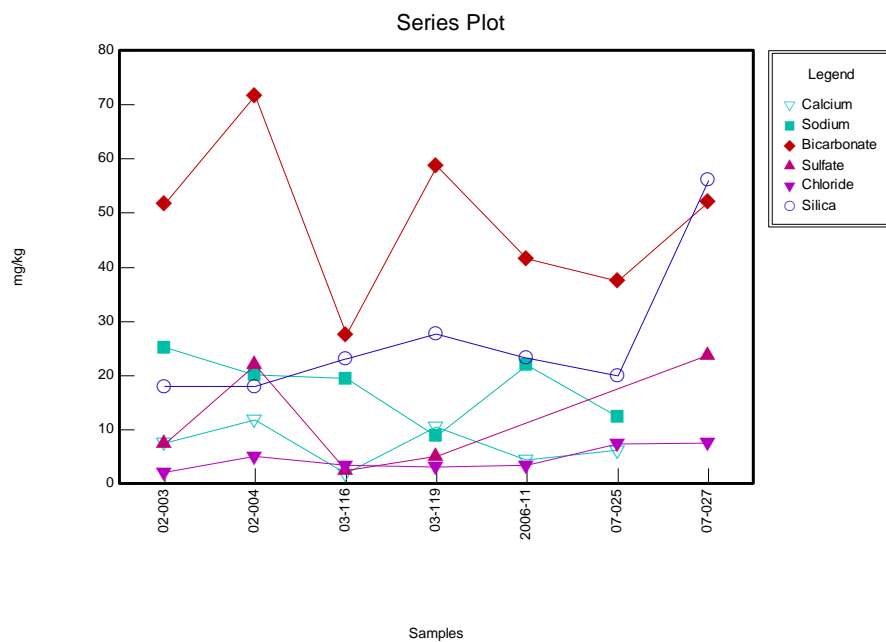
Á þessu svæði eru fá vatnsból vegna þess hversu nýtt og lekt bergið er. Það er frá síðari hluta síðustu ísaldar og sumt frá sögulegum tíma þar sem svæðið er hluti af virku gosbelti Íslands. Flest vatnsbólanna tilheyra Na-HCO₃ flokknum, en auk þeirra eru Austraselslindir (03-119) sem eru Mg-HCO₃. Vatnið er basískt og heildarstyrkur uppleystra efna í hærralagi, í flestum tilfellum á bilinu

60-90 ppm. Austraselslindir hafa lágt sýrustig og bera greinilega jarðhitaáhrif (sjá viðauka 3.5).



Mynd 22 Piper línurit fyrir vatn í óbyggðum Norðausturlands.

Vegna mismunandi aldurs bergsins og nálægðar við jarðhitavatn, er efnasamsetningin töluvert misjöfn fyrir þetta lítið svæði. Vatnið við Þeistareyki (07-027) mældist til að mynda 27°C heitt við sýnatöku og er afar súlfat- og kísilríkt því það er mengað jarðhitavatni.

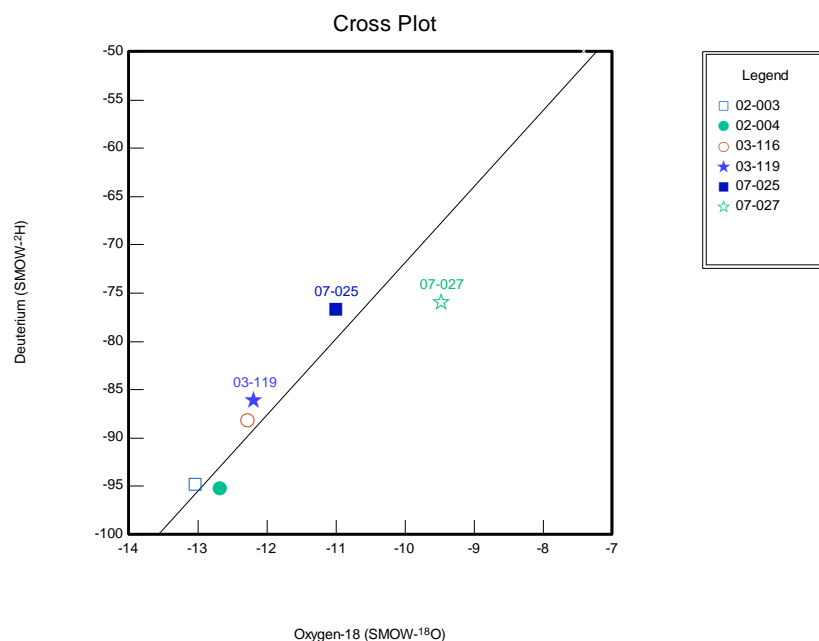


Mynd 23 Styrkur aðalefna í vatni í óbyggðum Norðausturlands.

Vatnið í Hverfellsjá (02-004) er afar bíkarbónatríkt og heildarstyrkur uppleystra efna er hár þar sem það er undir áhrifum frá jarðhita og er inni á gosbeltinu.

Vatnið í Austraselslindum (03-119) hefur gífurlega háan magnesíumstyrk en lægri kalsíumstyrk en önnur vatnsból á svæðinu. Þar er þó lægsta sýrustigið á svæðinu, 7,92.

Vatnið á Grímsstöðum er mjög basískt og hefur að öllum líkindum hvarfast við glerríkt, ungt berg og það sama á við um vatnið í Fjöllum (2007-006) sem flokkast með vatnsbólum á Norðausturlandi.



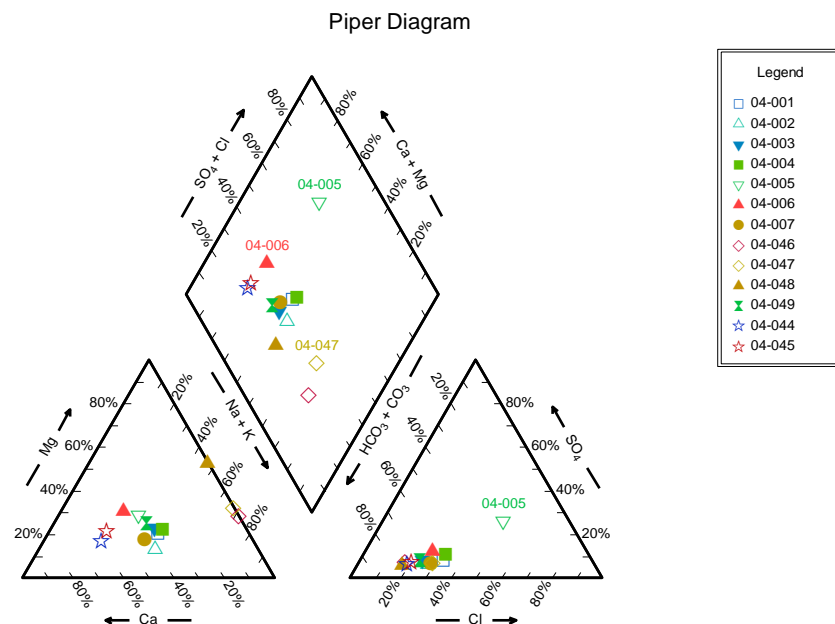
Mynd 24 Vætnis- og súrefnissamsætur í vatni í óbyggðum Norðausturlands. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Í óbyggðum Norðausturlands er vatn sem er mjög létt enda eru flest þessara vatnsbóla langt inni í landi. Tvívætnisgildi þess er á bilinu -76‰ og niður í -95‰ og er það léttasta vatnið á landinu fyrir utan úrkomu sem fellur á Vatnjökul. Léttast er það í Garði (02-003) og Hverfellsjá (02-004) sem eru skammt suðvestan við Mývatn. Gildi þeirra vatnsbóla víkja dálítið frá regnvatnslínu en þau eru þó í samræmi við jafngildiskort úrkomu á Íslandi. Vatnið í Þeistareykjum víkur einnig töluvert frá regnvatnslínunni enda er það volgt vatn sem mengað er afrennsli frá háhitasvæði (Hrefna Kristmannsdóttir og Valur Klemensson, 2007).

7.7 Austurland

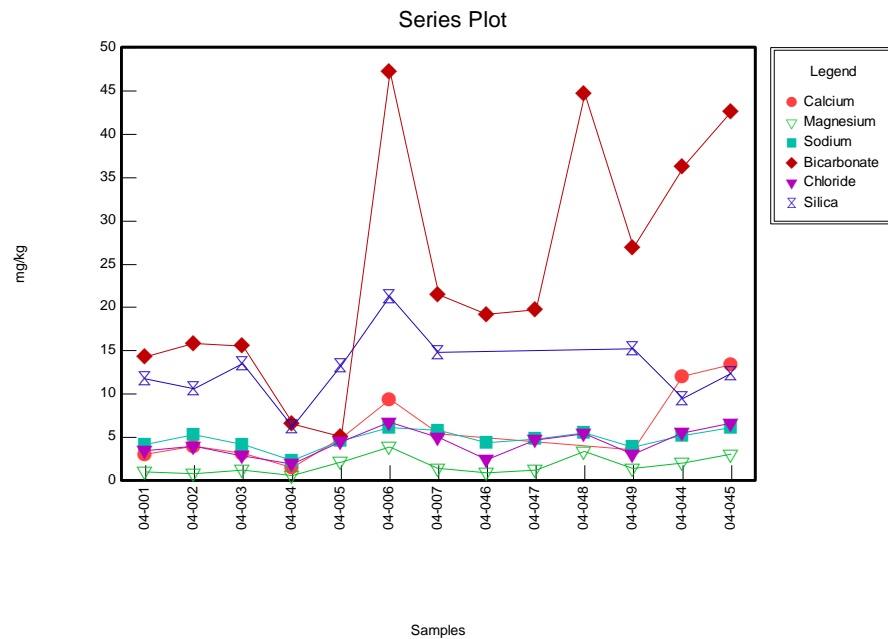
Á Austurlandi er bergið basískt og ísúrt gosberg og setberg frá síð-tertiér, eldra en 3,3 Ma. Sums staðar má þó finna súrt gosberg sem er yngra en 11.000 ára t.d. í Lambafelli, Kistufelli og Oddskarði og í Skeggtindum nærri Höfn er að finna súrt innskotsberg.

Vatnið á Austurlandi flokkast í fernt. Norðan við Búlandstind er það almennt Na-HCO₃ vatn, nema vatnsból Fáskrúðsfjarðar sem er Ca-HCO₃. Vatnið á Egilsstöðum og í Fellabæ er kalsíumríkt og flokkast sem Ca-HCO₃ og Ca-Cl vatn. Loks er vatnið á Mýrum og í Höfn Ca-HCO₃ vatn.



Mynd 25 Piper línurit fyrir vatn á Austurlandi.

Hér er vatnið ekki jafnnatríumríkt og á Norðausturlandi og bikarbonsstyrkur er mun minni. Sýrustigið er tiltölulega lágt, eða á bilinu 6,5-8 en á Eskifirði er það hæst, 8,34 (sjá viðauka 3.4). Eins og sést á Piper línuritinu er vatnið í Fellabæ (04-005) frábrugðið öðru vatni á svæðinu af því að það er afar súlfatríkt en einnig kísilríkt, samanber viðauka 3.5. Þar að auki er styrkur járns það hár að hann er nálægt mörkum samkvæmt reglugerð um neysluvatn.

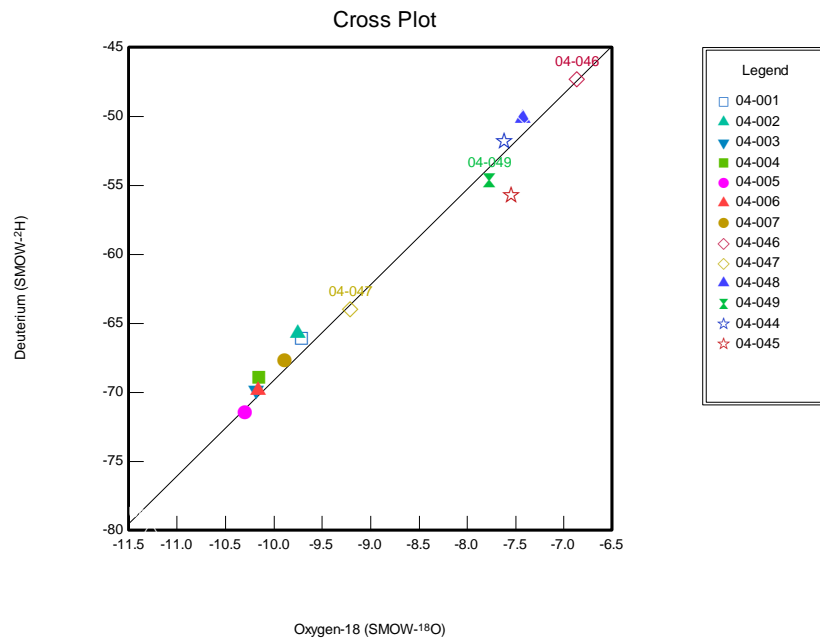


Mynd 26 Styrkur aðalefna í vatni á Austurlandi.

Á Egilsstöðum (04-006) er vatnið verulega frábrugðið því sem finnst annars staðar á Austurlandi. Styrkur natríums, kalsíums, bíkarbónats, súlfats og kísils er ýmist tvö- eða þrefalt það sem yfirleitt mælist í íslensku vatni, eins og sést á mynd 25. Þar að auki er sýrustigið óvenju lágt, eða 6,46 sem er með því lægsta sem gerist á landinu. Mjög stutt er á milli vatnsbóla Egilsstaða og Fellabæjar og einkennilegt hversu mikill munur er á efnainnihaldi þeirra. Þannig er vatnsból Egilsstaða tífalt karbónatríkara en vatnsból Fellabæjar. Þar er líklega um einhvers konar mengun að ræða, eða vatn sem er nánast yfirborðsvatn.

Vatnið á Austfjörðunum einkennist af sýrustigi rúmlega 7, heildarstyrk uppleystra efna á bilinu 15-35 ppm og kísilstyrk um 10 ppm. Eins og áður sagði fellur það vatn í Na-HCO₃ flokk. Margt af þessu virðist vera yfirborðsvatn eða er hlutfallslega mikið til yfirborðsvatn. Þess ber að geta að vatnið á Seyðisfirði er hreint yfirborðsvatn, fengið úr Seyðisfjarðará en athyglivert er þó að það sker sig samt sem áður ekki úr öðru vatni á svæðinu.

Öll gildi uppleystra efna eru langt undir mörkum sem Umhverfisstofnun setur varðandi neysl vatn.



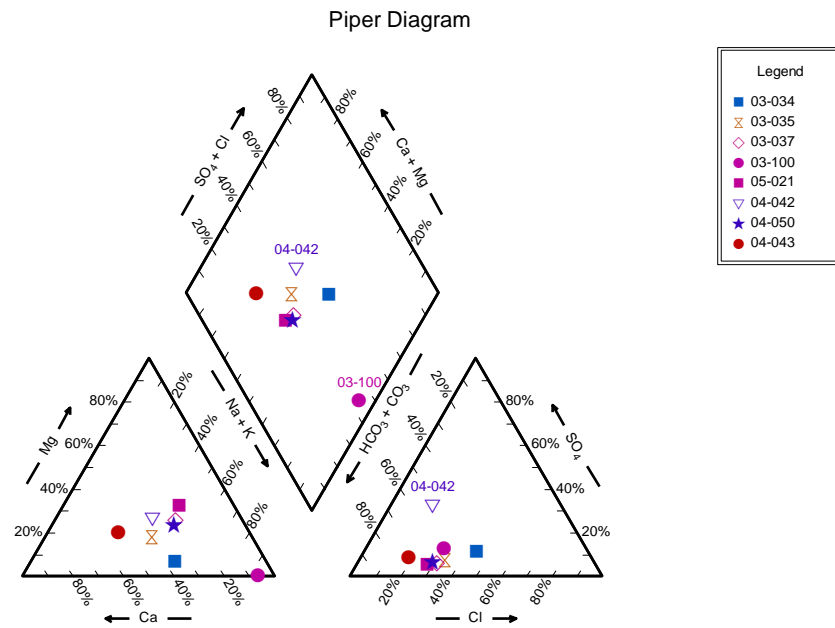
Mynd 27 Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Austurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Vatnið á Austurlandi er léttara en t.d. vatnið í vatnsbólum Suðurlands og eru tvívetnisgildi þeirra er -47 - -72‰, sem gefur til kynna að vatnið sé 5-7% léttara en sjór. Ekki er mikið frávik frá regnvatnslínu norðurhvelsins sem sést á mynd 27. Tvívetnisgildi vatnsbólanna eru áþekkt þeim sem koma fram á úrkomukorti Braga Árnasonar sem bendir til þess að vatnið sé að mestu svæðisbundin úrkoma á Austfjörðunum.

7.8 Mýrdalur og mið-Suðurland

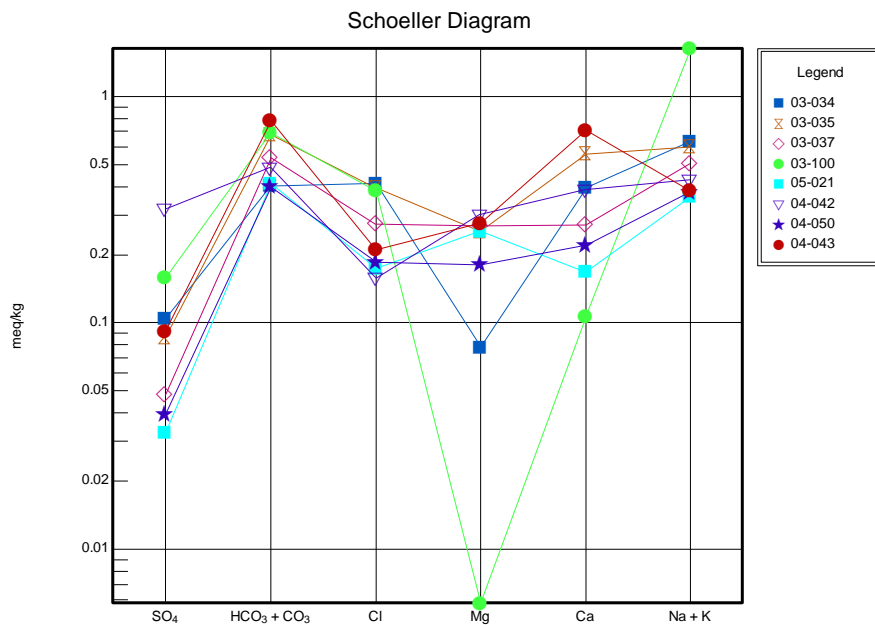
Þetta svæði nær frá Höfn og að Vestur-Landeyjum og einkennist að hluta til af bergi sem er frá síð-tertiér, bergi sem er innan við 0,8 Ma og bergi sem er frá sögulegum tíma, enda er hluti svæðisins innan gosbeltisins. Flest vatnsbólanna eru Na-HCO₃ nema annað vatnsbólið í Vík (03-034), sem er Na-Cl, og vatnsbólið í Skaftafelli (04-043) er Ca-HCO₃.

Vatnið í Vík er basískt og klóríðríkt en er aftur á móti er styrkur kalsíums og magnesíums hlutfallslega lágur miðað við önnur vatnsból á Suðurlandi.



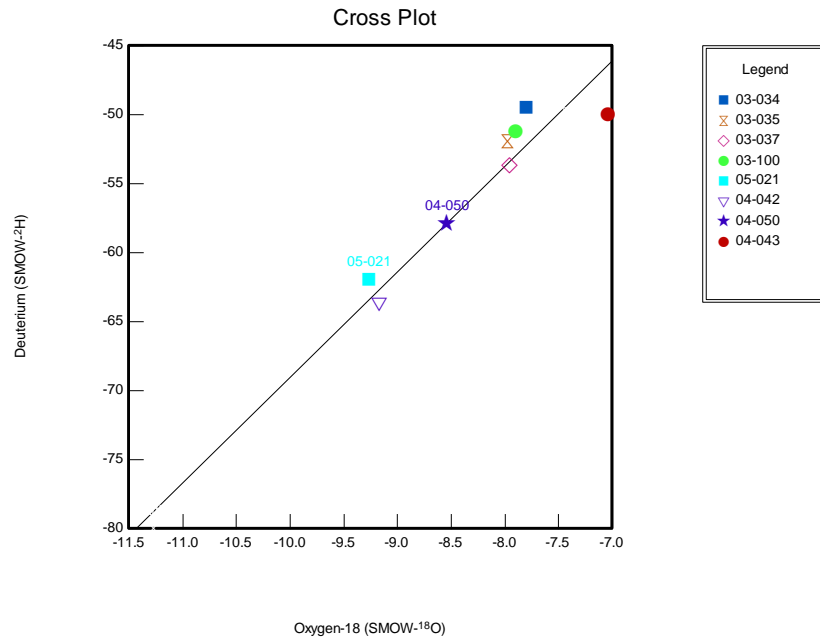
Mynd 28 Piper línurit fyrir vatn á mið-Suðurlandi.

Þrátt fyrir að vatnsbólín falli flest í sama flokk, Na-HCO₃, er talsverður munur á magni uppleystra efna í þeim, eins og sést á Piper línuritinu. Þennan mismun má rekja til breytilegra bergtegunda og aldurs þeirra auk nálægðar við gosbeltið og fjarlægðar frá sjó.



Mynd 29 Schoeller línurit fyrir vatn á mið-Suðurlandi.

Vatnið í Fagradal í Mýrdal (03-100) er mjög basískt og frekar salt vegna saltmengunar og það er flúorríkara en önnur vatnsból á svæðinu enda er það á jaðri gosbeltisins þar sem móberg er. Á Kirkjubæjarklaustri (04-042) er vatnið frekar natríum-, magnesíum- og sulfatríkt og töluvert er af járn í því. Vatnsbólín á þessu svæði gefa vatn sem almennt er frekar karbónatríkt og styrkur kísils allhár og sýrustigið er á bilinu 7,1 til 8,2.



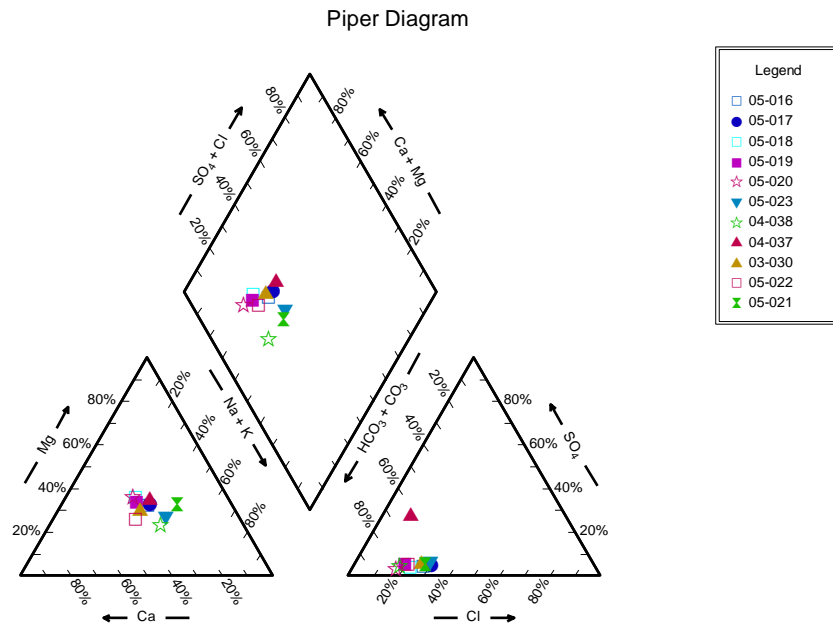
Mynd 30 Vetrnis- og súrefnissamsætur í vatni á mið-Suðurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Vatn í vatnsbólum á þessu svæði er í flestum tilfellum þungt (-50 - -55‰) enda eru öll vatnsbólín skammt frá sjó ef frá er talið það sem er við Kirkjubæjarklaustur sem hefur tvívetnisgildið -63‰. Í samanburði við jafngildiskortið á mynd 6 kemur í ljós að vatnið hefur ekki runnið langa leið.

7.9 Hella og Hvolsvöllur

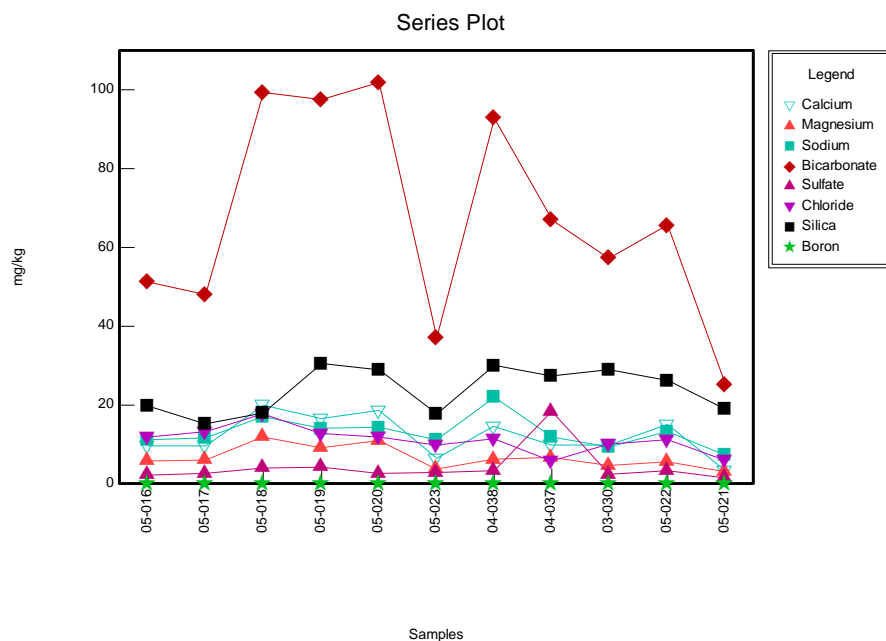
Á svæðinu umhverfis Helli og Hvolsvöll er bæði basískt og ísúrt móberg frá síðari hluta ísaldar og basískt og ísúrt gosberg frá síð-tertiér. Vatnið þar er ýmist Na-HCO₃ eða Ca-HCO₃ vatn eins og svo víða á landinu með einni undantekningu: vatnið við Urriðafoss er Mg-HCO₃ en einungis fjögur vatnsból á landinu falla í þann flokk. Svæðið er lítið og því er efnasamsetning vatnsins áþekkt í vatnsbólunum. Eins og sést á Piper línuritinu er það frekar magnesíum-

og karbónatríkt, lítið salt og mjög lágur súlfatstyrkur. Heildarstyrkur uppleystra efna er á bilinu 70-150 ppm, mest á Hellu.



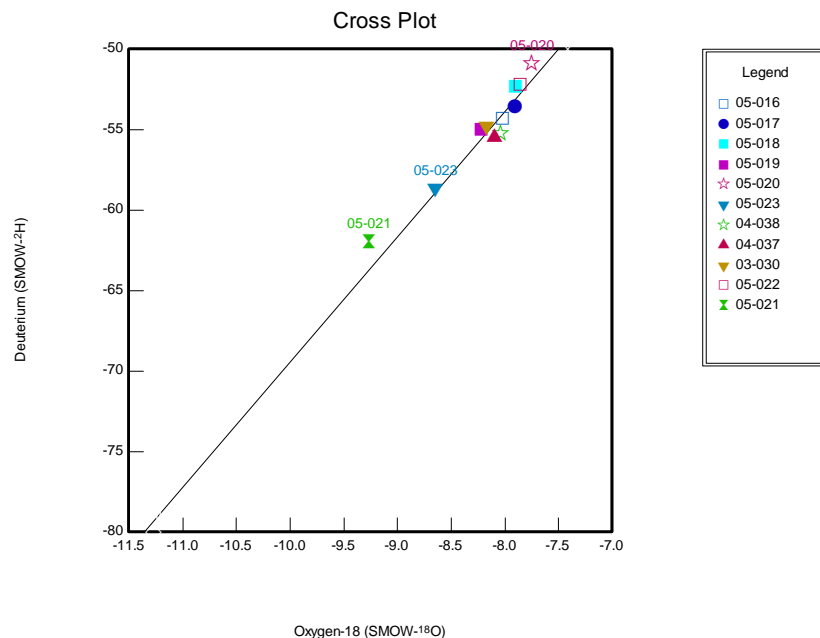
Mynd 31 Piper línurit fyrir vatn við Hellu og Hvolsvöll.

Efnasamsetning vatnsins við Urriðafoss (04-037) er frábrugðið öðrum vatnsbólum á svæðinu að því leytnu til að natríumstyrkur er lægri en súlfatstyrkur margfaldur á við hin og flúorstyrkurinn einnig.



Mynd 32 Styrkur aðalefna í vatni við Hellu og Hvolsvöll.

Sýrustig vatnsins á svæðinu er á bilinu 6,9 til 8,3 og bórstyrkur er óvenju hár, frá 0,005 á Hellu (05-020) upp í 0,05 við Selalæk (05-017). Vatnið við Hellu eru mjög efnaríkt vegna þess hversu hátt karbónat er og það gæti bent til einhvers konar mengunar.



Mynd 33 Vætnis- og súrefnissamsætur í vatni við Hellu og Hvolsvöll. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

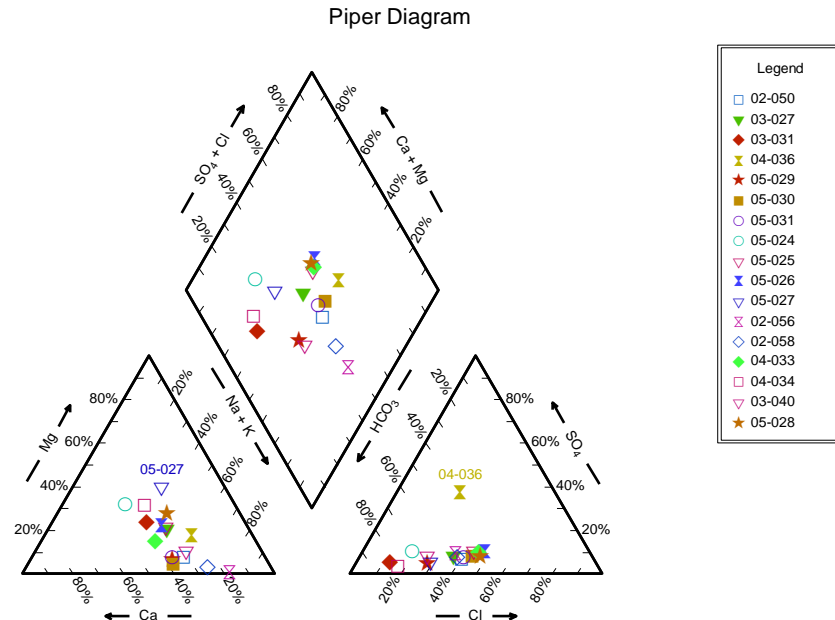
Vatnið á Hellu og Hvolsvelli er frekar þungt, -50 - -55‰, enda er ekki langt niður að sjó. Ef borin eru saman gildin fyrir vatnsból á þessu svæði og tvívætniskortið á mynd 6 sést að í öllum tilvikum er um að ræða vatn skammt að runnið vatn og ber gildum vel saman við jafngildiskortið. Þar að auki er frávik þeirra ekki mikið frá regnvatnslínunni á mynd 33.

7.10 Suðurland

Umhverfis Selfoss eru forsöguleg basísk og ísúr hraun, eldri en 1100 ára en á Hveragerðissvæðinu er basískt og ísúrt móberg frá síðari hluta ísaldar. Á svæðinu umhverfis Flúðir og Reykholt er basískt og ísúrt gosberg og setberg frá síð-plíósen og fyrri hluta ísaldar eða 0,8-3,3 Ma. Á Suðurlandi eru mikil þverbrotabelti og þar er bergið því mjög sprungið.

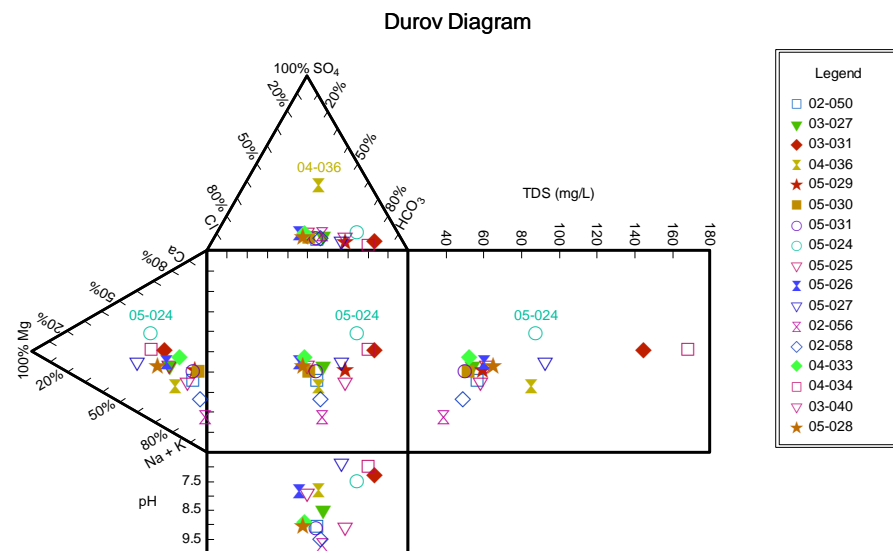
Vatnsbólín á Suðurlandi falla í eftirfarandi flokka: Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Na-Cl, Na-SO₄ og Mg-HCO₃. Flest þeirra, líkt og annars staðar á landinu, eru natríum-

og kalsíumrík og eru í fyrri flokkunum. Tvö vatnsbólanna við Hveragerði og auk þess sem er í Haukadal (04-033) eru sölt og því Na-Cl vatn og Kaldaðarnes (05-027) er magnesíumríkt og flokkast sem Mg-HCO₃.



Mynd 34 Piper línurit fyrir vatn á Suðurlandi.

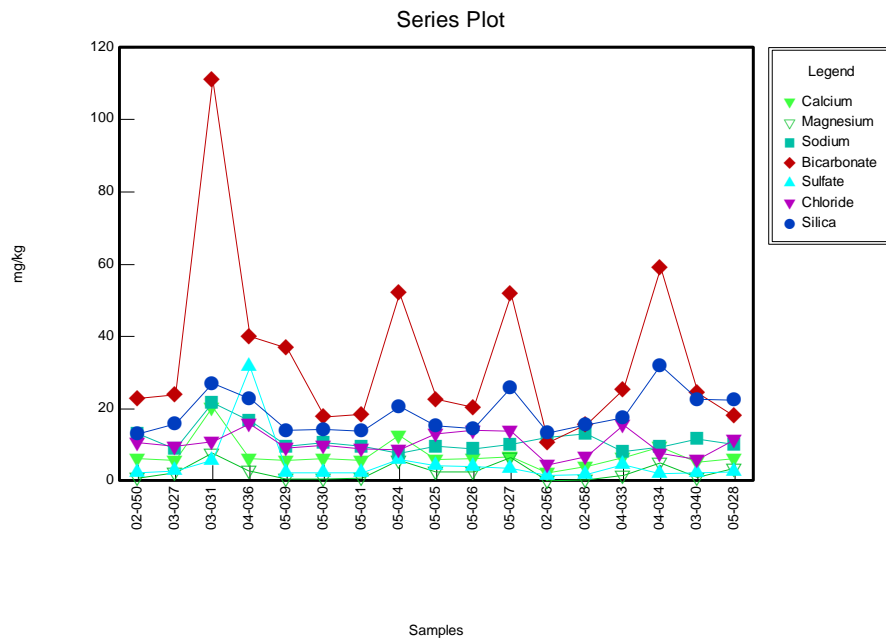
Líkt og sést á Piper línuriti eru vatnbólin þó ólík hvað efnasamsetningu varðar enda er bergið á svæðinu misgamalt. Flest eru þau sulfat-, magnesíum- og klóríðsnauð og karbónatrík og natríum styrkurinn er misjafn. Sýrustigið er á bilinu 6,9 til 9,8. Vatnið í Lækjarbotnum í Landi (04-036) inniheldur mun meira af sulfati en minna karbónat en önnur vatnsból á svæðinu enda er það Na-SO₄ vatn. Það er eina vatnsbólið á landinu sem fellur í þann flokk.



Mynd 35 Durov línurit fyrir vatn á Suðurlandi.

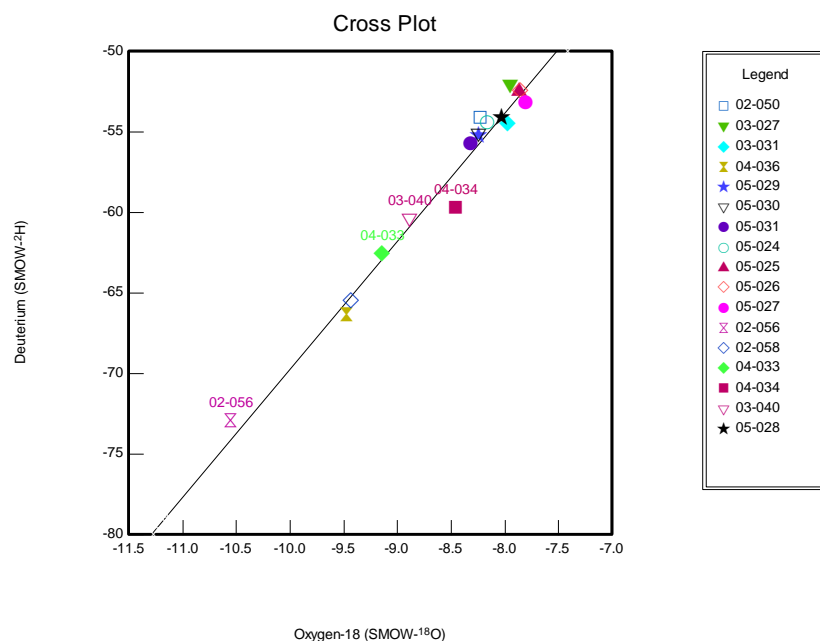
Vatnið í Kaldaðarnesi (05-027) er óvenju ríkt af kalíum og magnesíum og sýrustigið er mjög lágt, 6,88. Þar að auki er kísil-, járn-, mangan og bórstyrkur þess mun hærri en í öðrum vatnsbólum á svæðinu og karbónatstyrkur líka talsvert hár. Reyndar virðist hann allhár í mörgum vatnsbólanna sbr. mynd 36.

Á Skammbeinsstöðum (03-031) er styrkur bikarbónats langhæstur á Suðurlandi, eins og sést á mynd 36. Þar er vatnið lítið basískt, pH 7,29, og styrkur kísils og heildarmagn uppleystra efna hátt.



Mynd 36 Styrkur aðalefna í vatni á Suðurlandi.

Ætla mátti að vatnið á Stokkseyri (05-028) væri saltast og efnaríkast þar sem það er næst sjó en sú er ekki raunin og heildarmagn uppleystra efna er ekki einkennandi fyrir vatnsból sem er svo nálægt sjó.

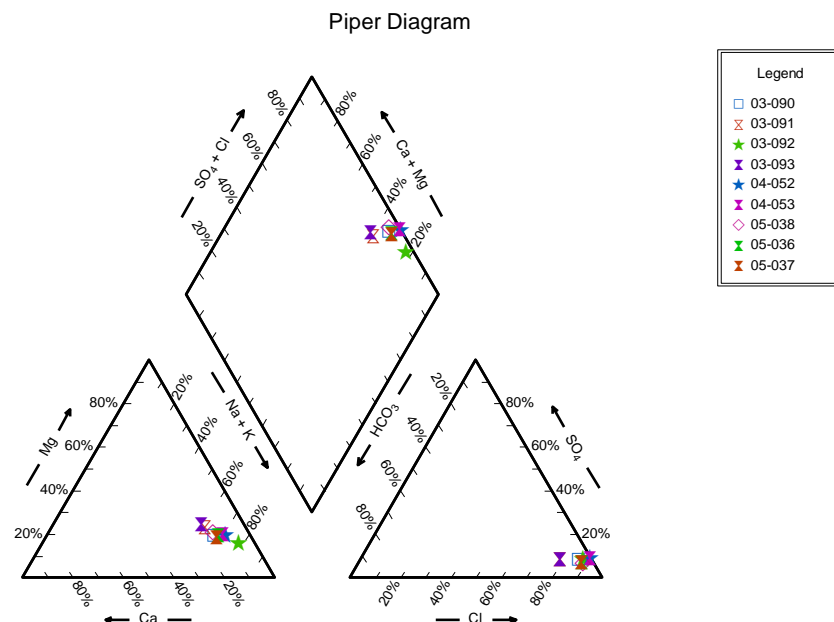


Mynd 37 Vetnis- og súrefnissamsætur í vatni á Suðurlandi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

Tvívetnisinnihald vatns á Suðurlandi er á bilinu -52 til -73%. Þyngsta vatnið er á Skammbeinsstöðum í Ölfusi enda er það ekki nema tæplega 10 km frá sjó. Þetta kemur heim og saman við mælingar Braga Árnasonar (1976) þar sem úrkoma á Suðurlandi hefur tvívetnisgildi -52 - 70%. Léttasta vatnið er við Ljósuár (02-056) sem er um 10 km norðaustan við Laugarvatn og það vatnsból sem lengst er inni í landi af þeim heyra undir Suðurland. Þetta vatn er því ekki langt að komið heldur svæðisbundin úrkoma sem safnast fyrir í lindum.

7.11 Reykjanes

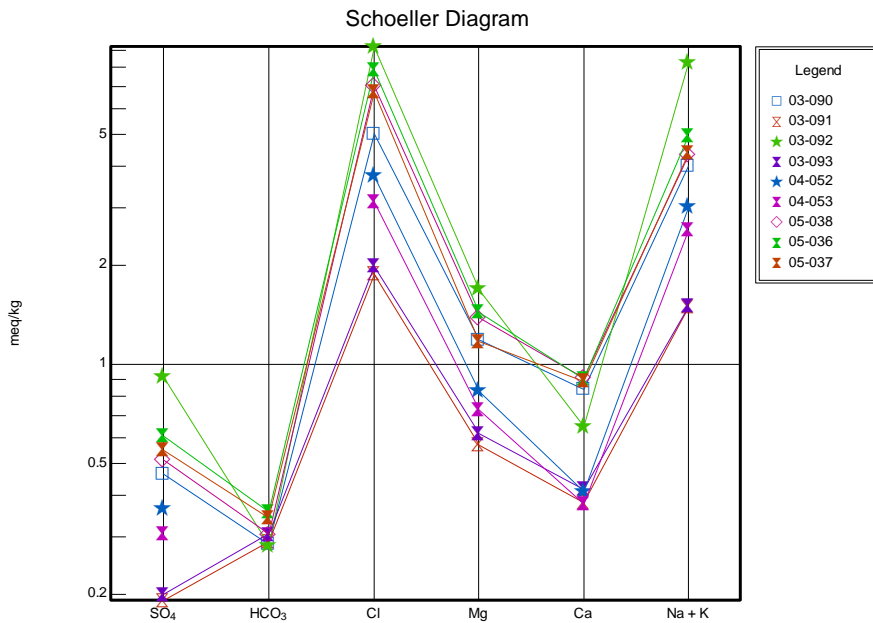
Bergið á Reykjanesi er misgamalt en hraunin þar eru flest frá því eftir síðustu ísöld eða yngri en 10.000 ára. Þar er að einnig að finna basískt og ísúrt hraun yngri en 1100 ára og inni á milli er basískt og ísúrt móberg frá síðari hluta ísaldar sem er yngra en 0,8 Ma. Á Reykjanesi situr þunn grunnvatnslinsa ofan á sjólagi sem berst inn í bergið um sprungur í virka beltinu, en Reykjanes er framhald Mið-Atlantshafshryggjarins. Þess vegna er bergið mjög lekt, engar ár eru þar, fá vötn og sjórinn á greiða leið undir skagann. Því eru vatnsbólín þar öll nokkuð sölt og flokkast sem Na-Cl vatn.



Mynd 38 Piper línurit fyrir vatn á Reykjanesi.

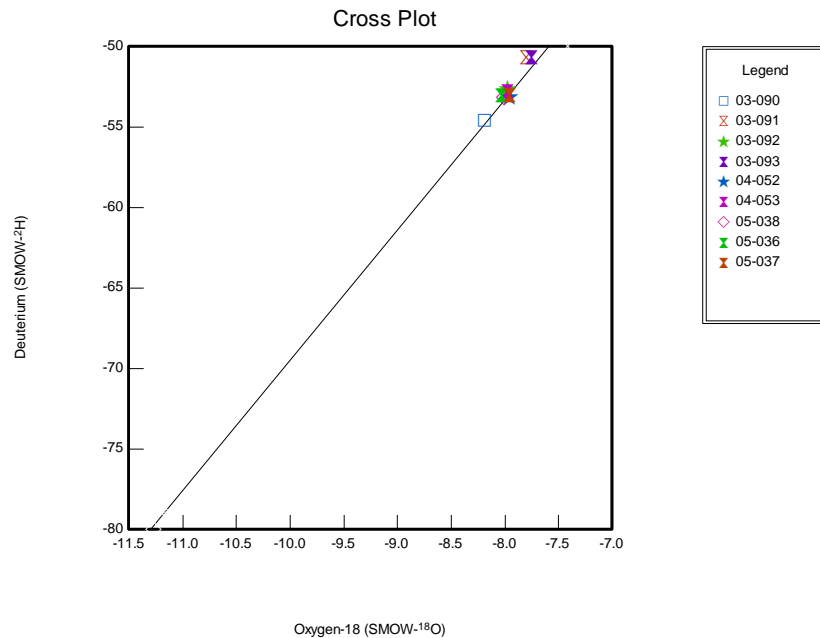
Á Piper línuritinu sést að vatnið er salt, enda er klóríðstyrkurinn á bilinu 65 til 330 ppm. Það er natríum- og kalsíumríkt og gífurlega magnesíum- og súlfatríkt vegna þess að grunnvatnslinsan liggur ofan á sjólagi og sýrustig vatnsins er

frekar lágt, 7,3-7,8. Styrkur járn, áls og bórs er einnig mjög hár miðað við aðra landshluta þó svo hann sé langt innan marka reglugerðar.



Mynd 39 Schoeller línurit fyrir vatn á Reykjanesi.

Schoeller línurit sýnir vel að vatnsbólín á Reykjanesi tilheyra sama vatnskerfi, þ.e. engin blöndun við annað vatn fer fram þar sem ferlarnir fylgjast allir að.



Mynd 40 Vetni- og súrefnissamsætur í vatni á Reykjanesi. Regnvatnslína norðursins er sýnd til samanburðar (Craig, 1961).

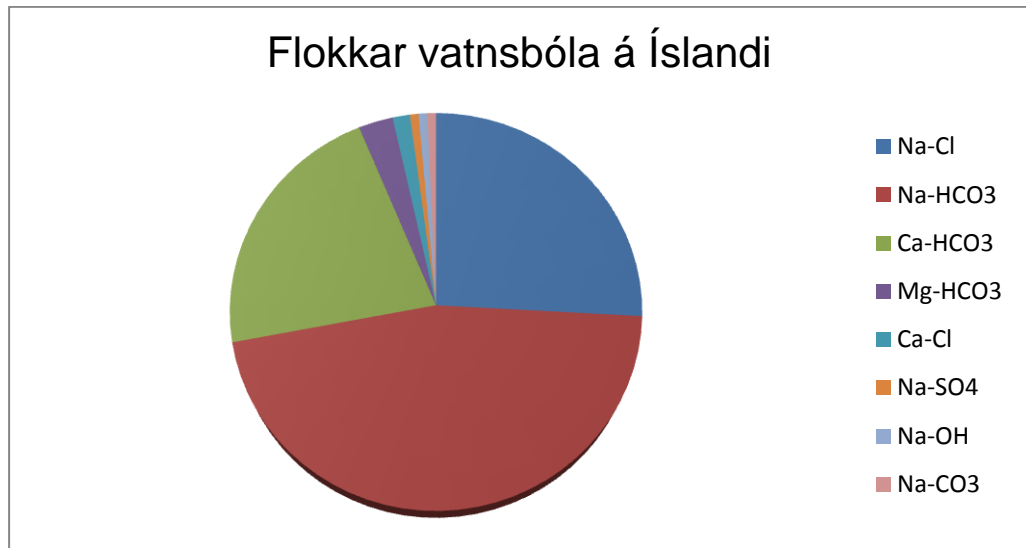
Vatnið á Reykjanesi er frekar þungt, tvívetnisgildi vatnsins er -50 - -54‰ sem gefur til kynna að tvívetnisinnihald þess sé um 5% lægra en í sjó. Ef gildin eru borin saman við tvívetniskortið á mynd 6 koma þau heim og saman við mælingar Braga Árnasonar (1976) á úrkomu. Þetta vatn er að öllum líkindum staðbundið og að mestum hluta til úrkoma sem hripar niður í bergið og safnast fyrir ofan á sjólaginu í berginu. Á Reykjanesi er því um að ræða ungt vatn sem ekki hefur runnið langar leiðir í berglögum og leyst þau upp á leið sinni; efnasamsetning vatnsins er til komin vegna bergtegunda á svæðinu og nálægðar við sjó.

8. Samantekt

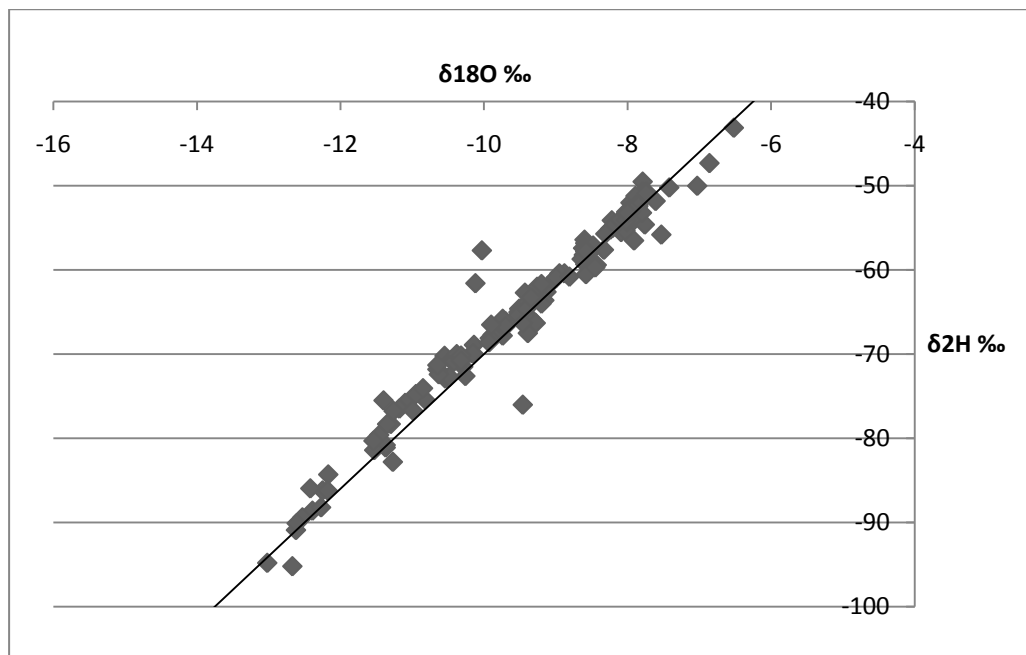
Vatnsbólín sem tekin voru fyrir í verkefninu eru mjög misjöfn hvað efnasamsetningu varðar. Sýrustig þeirra er á bilinu 6,36 til 10, 89 og heildarmagn uppleystra efna er 16,7 – 1331 ppm. Í viðauka 3.4 sést sýrustig vatnsbólanna á GIS korti á jarðfræðigrunni. Í töflu 2 hér að neðan eru sýnd dæmigerð vatnsból fyrir helstu landshluta. Natríumstyrkur er hæstur í grunnvatni á sprungusvæðum á gosbeltinu, en magnesíum styrkur mestur þar sem saltmengunar vegna sjávar gætir og í grennd við virkar megineldstöðvar. Jarðhitasvæði hafa áhrif á efnasamsetningu kalds vatns og hækka styrk sulfats, kísils og snefilefna á borð við þungmálma. Efnastykur í grunnvatni á Íslandi er þó í langflestum tilfellum langt undir mörkum sem reglugerðir um neysluvatn og grunnvatn kveða á um.

Tafla 2 Dæmigerð vatnsból fyrir ýmsa landshluta.

	Höfuðborgarsvæði	Vestfirðir	Norðvesturland	Gosbeltið	Reykjanes
Sample	05-007	03-053	2005-7	2007-003	03-091
Staður	Kaldárbotnar B	Patreksfjörður,	Veðramót	Lón, Kelduhverfi	Gjá í Lágum
Jarðfræði		síð-tertíer	Síð-tertíer		nútímahraun
Gerð	Na-HCO ₃	Na-Cl	Ca-HCO ₃	Na-HCO ₃	Na-Cl
Ca (mg/L)	4,59	2,64	13,0	4,34	7,63
Mg (mg/L)	2,055	1,2893	1,90	2,72	6,95
Na (mg/L)	8,9	7,9	8,0	8,8	33,7
K (mg/L)	0,58	0,50	0,4	0,86	1,35
CO₂	19,3	8,6	33,3	25,7	17,6
SO₄ (mg/L)	2,62	2,21			9,24
Cl (mg/L)	9,1	13,5	10	7,3	66,9
TDS	50,1	41,7	74,3	70,1	139,3
Leiðni		75	119,8	90	296
pH	8,90	7,88	8,44	7,92	7,6
SiO₂	12,5	12,0	22,5	22,04	13,8
F (mg/L)	0,08	0,02	0,15	0,09	0,07
Al (µg/L)	0,0	0,0044	0,0086	0,00577	0,00794
Fe (µg/L)	0,0148	0,0011	0,0005	0,008	0,0028
Mn (µg/L)	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00008
B (mg/L)	0,004	0,004	0,001	0,001	0,011
δ¹⁸O	-8,62	-9,51	-11,53	-11,18	-7,79
δ²H	-57,4	-64,6	-81,4	-76,48	-50,7



Mynd 41 Flokkun vatnsbóla eftir efnasamsetningu.



Mynd 42 Hlutfall vetnis- og súrefnissæta í köldu grunnvatni á Íslandi.

Á mynd 42 er sýnt hlutfall stöðugra samsætna í kalda grunnvatninu, $\delta^2\text{H}$ á móti $\delta^{18}\text{O}$.

Eins og fram hefur komið og sést á mynd 41 er algengast að á Íslandi sé kalt grunnvatn af Na-HCO_3 vatnsgerð. Vatnið á Vesturlandi og Vestfjörðum frá tertíer tímabilinu er almennt lítið basískt og efnasnautt og flest vatnsbólín þar eru af Na-HCO_3 eða Na-Cl gerð. Á Norðurlandi er efnasamsetning vatnsins

fjölbreytt enda er bergið þar mjög misgamalt, allt fá því að vera frá tertíert til þess að vera mjög ungt.

Vatnið á Norðurlandi er létt vegna þess að úrkoman er annaðhvort upp runnin frá sunnanverðu landinu eða úr köldu, rakasnaudu lofti í norðri. Á Norðvesturlandi er vatnið kalsíumríkt og lítið salt og sýrustig þess undir 8. Þar er Ca-HCO_3 gerðin algengust. Vatnið á Norðausturlandi er hins vegar basískt og þar gætir áhrifa jarðhita víða en á Austurlandi er það frekar súrt, lítið salt og efnasnautt þar sem það er að mestu yfirborðsvatn.

Á Suðurlandi eru flest vatnsból af Na-HCO_3 gerð og eru þau karbónatrík en súlfatsnauð og sýrustigið mjög misjafnt. Þar sem grunnvatnslinsan á Reykjanesi liggur ofan á sjólagi er vatnið þar salt og mjög efnaríkt og sýrustigið lágt og vatnið þar fellur í Na-Cl flokk. Almennt er vatn á öllu sunnanverðu landinu þungt, með há $\delta^2\text{H}$ og $\delta^{18}\text{O}$ gildi vegna þess að þyngsta vatnið fellur fyrst þegar úrkoma kemur upp að landinu sunnan úr höfum. Loks er vatnið á höfuðborgarsvæðinu basískt og tiltölulega efnasnautt og falla flest vatnsbólín í flokk Na-HCO_3 .

Séu þessar niðurstöður teknar saman má flokka allt grunnvatn á Íslandi í sjö megingerðir: Na-HCO_3 (66 vatnsból), Na-Cl (37 vatnsból), Ca-HCO_3 (31 vatnsból), Mg-HCO_3 (4 vatnsból), Ca-Cl (2 vatnsból), Na-OH (2 vatnsból), Na-CO_3 (1 vatnsból) og loks Na-SO_4 (1 vatnsból). Sjá nánar í viðauka 2 hvernig vatnsbólín flokkast eftir landshlutum.

Þau meginatriði sem hér hefur verið lýst koma fram á fimm GIS kortum í viðaukum, þar sem settar eru fram upplýsingar um ýmsa efniseiginleika kaldra vatnsbóla úr gagnagrunni Vatnsauðlinda Íslands (2004): kalsíum-, natríum-, klóríð- og kísilstyrkur auk sýrustigs. Öll hafa þau verið merkt inn á Íslandskort frá Landmælingum Íslands (2009) með jarðfræðigrunni frá Náttúrufræðistofnun Íslands (2010).

Í viðauka 3.1 er staðsetning allra vatnsbóla sem greind voru í verkefninu merkt með opnum, rauðum hring. Jarðfræðigrunnurinn sýnir berggrunn landsins, helstu jarðlög og aldur þeirra. Vatnsbólín eru flest á gosbeltinu og sprungusvæðum, þar sem lekt og flæði er mest á Reykjanesi og

Suðurlandsundirlendinu. Það sést að þau eru fæst á tertíera berggrunninum á Vestfjörðum og Austurlandi þar sem mest er af yfirborðsvatni á landinu.

Viðauki 3.2 sýnir mismunandi kalsíumstyrk vatnsbólanna á sama jarðfræðigrunni. Hann er hæstur á Reykjanesi og meðfram ströndum þar sem hann er á bilinu 5–20 ppm. Viðauki 3.3 sýnir natríumstyrk í vatnsbólum á landinu en hann er langmestur í salta vatninu á Reykjanesi en einnig inni í gosbeltinu og í nokkrum vatnbólum þar sem áhrifa sjávar gætir. Þá sýnir viðauki 3.4 sýrustig á landinu. Það er lægst á tertíera svæðunum á Vestfjörðum, Vesturlandi og Austurlandi en hæst í gosbeltinu, sprungusvæðum og hraunum sem eru frá því eftir ísöld. Í viðauka 3.5 kemur kísilstyrkur vatnsbólanna fram og greinilegt er að hann er hæstur í grennd við jarðhitasvæði þar sem vatnið er örlítið volgt. Loks er klóríðstyrkur í vatnsbólunum sýndur í viðauka 3.6. Eins og áður hefur komið fram er seltan hæst á Reykjanesi og í vatnbólum nálægt sjó.

9. Lokaorð

Í verkefni þessu voru vatnsból landsins flokkuð með tilliti til efnafræðilegrar samsetningar, fjarlægð frá sjó og jarðfræðilegra aðstæðna. Nokkuð skýr flokkun kemur fram en enn frekar er hægt að skoða og greina gögnin með hjálp AqQa og jafnframt með spesíunarforrits eins og Watch forritsins, sem einnig er oft notað við rannsóknir á vatni. Í þessu verkefni var lögð megináhersla á aðalefni og vatnsbólín flokkuð út frá þeim, auk nokkurra snefilefna. Mun meiri vinnu þarf að leggja í úrvinnslu á greiningu snefilefnanna og bíður það frekari úrvinnslu. Allt vatn á Íslandi er langt undir hættumörkum sem gefin eru upp í reglugerðum og vel neysluhæft nema til utanaðkomandi mengunar komi.

Nauðsynlegt er að þróa GIS gagnagrunninn frekar og útbúa til að mynda jafngildislínukort fyrir klóríð, sýrustig og $\delta^2\text{H}$ og $\delta^{18}\text{O}$ samsætur. Þá mætti bæta við efnagreiningum fyrir fleiri vatnsból og jafnvel lindir. Áhugavert væri að búa til hliðstæðan gagnagrunn og kort fyrir jarðhitavatn á Íslandi og bera saman við grunninn fyrir kalt vatn. Í sumar stendur til að höfundur haldi áfram með verkefnið og þrói það frekar svo að gagnagrunnurinn komist í gagnnið og nýtist eftirlitsaðilum og aðilum sem hyggja á framkvæmdir sem kalla á aukna vatnspörf en vatnsveitur geta annað.

10. Heimildaskrá

- Ahrens, C.D. (2007). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Canada: Thompson Brooks/Cole.
- Arnórsson, S. and Barnes, I. (1983). The nature of carbon dioxide waters in Snæfellsnes, Western Iceland. *Geothermics*, 12, 171-176.
- Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz. (1990). Uppruni hvera og lauga á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 60(1), 25-38.
- Bragi Árnason. (1976). *Groundwater systems in Iceland*. Reykjavík: Vísindafélag Íslendinga.
- Chester, R. (2003). *Marine Geochemistry*. Liverpool: Blackwell Publishing.
- Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Drever, J.I. (2002). *The Geochemistry of Natural Waters – Surface and Groundwater Environments*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Freysteinn Sigurðsson. (1990). Groundwater from glacial areas in Iceland. *Jökull*, 40, 119-146.
- Freysteinn Sigurðsson, Árni Hjartarson og Þórólfur H. Hafstað. (1998). *Vatnsveituhandbók Samorku – Kafli 4 – Vatnsleit og virkjun vatnsbóla*. Sótt 20. mars 2010 á <http://www.samorka.is/Apps/WebObjects/SW.woa/wa/dp?id=2215>.
- Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson. (1988). Groundwater Resources of Iceland – Availability and Demand. *Jökull*, 38, 35-53.
- Guðbjartur Kristófersson. (2001-2009). *Jarðfræðiglósur GK – Jarðfræði Íslands – Jarðsaga* (jarðsaga Íslands). Sótt 20. nóvember 2009 á <http://www.mr.is/~gk/jfr/ordskyr/index.html>.
- Guðbjartur Kristófersson. (2001-2009). *Jarðfræðiglósur GK – Jarðfræði Íslands – Jarðsaga* (mynd af jarðlögum á Íslandi). Sótt 28. nóvember 2009 á <http://www.mr.is/~gk/jfr/ordskyr/index.html>.
- Guðbjartur Kristófersson. (2001-2009). *Jarðfræðiglósur GK – Jarðfræði Íslands – Jarðsaga* (skýringarmynd fyrir lekt). Sótt 6. apríl 2010 á <http://www.mr.is/~gk/jfr/ordskyr/index.html>.
- Guðbjartur Kristófersson. (2005). *Jarðfræði*. Reykjavík: Offsetfjölritun ehf.
- Guðmundur Pálmason. (2005). *Jarðhitabók – Eðli og nýting auðlindar*. Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.
- Güler, C., Thyne, G.D., McCray, J.E., Turner, A.K. (2002). Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. *Hydrogeology Journal*, 10, 455-474.

Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson (1998). *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500.000. Berggrunnur*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands [landakort].

Hrefna Kristmannsdóttir. (2006). *Sýnataka og greiningar á vatni til jarðefnafræðilegra mælinga úr Glerá, mælinga á rafleiðni vatns á nokkrum stöðum úr Glerá og á vatni úr vinnsluborholu Norðurorku GYN-07 í Glerárgili*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.

Hrefna Kristmannsdóttir, (2007). *Últrabásískt lindarvatn á Norðausturlandi*, Viðskipta- og Raunvísindadeild Háskólans á Akureyri, TS0703-Auðlindasvið.

Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Halldór Ármannsson. (2004). *Verkefnið Vatnsauðlindir Íslands: Lokaskýrsla um niðurstöður verkefnisins*. (Skýrsla HK-05/04). Akureyri: Háskólinn á Akureyri.

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.

Jónsdóttir, J. F. (2008). A runoff map based on numerically simulated precipitation and a projection of future runoff in Iceland. *Hydrological Sciences Journal*, 53, 100-111.

Kristján Sæmundsson. (1979). Outline of the Geology of Iceland. *Jökull*, 29, 11-28.

Kristmannsdóttir, H. (2004). Chemical characteristics of potable water and water used in district heating systems in Iceland. *Proceedings 13th Scandinavian Corrosion Congress*. 6p.

LagnaVal.is. (2002). *Upplýsingar – Um vefinn*. Sótt 27. febrúar 2010 á <http://www.lagnaVal.is/>.

Landmælingar Íslands. (2009). *Stafræn gögn IS500V og IS50V*. [landakort fyrir ArcGIS á stafrænu formi].

Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998.

Náttúrufræðistofnun Íslands. (2010). *Jarðfræðigrunnur Íslands. 1:500.000* [stafræn ArcGIS gögn fengin í tölvupósti].

Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með áorðnum breytingum 145/2008.

Reglugerð um varnir gegn grunnmengun vatns nr. 797/1999.

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

Rockware. (2006). *AqQa* [hugbúnaður].

Samsýn. (2009). *ESRI ArcGIS* [hugbúnaður].

Schwartz, F.W. and Zhang, H. (2003). *Fundamentals of Groundwater*. New York: Jon Wiley & Sons.

Sigurður Reynir Gíslason. (1990) *Uppruni og orsakir efnainnihalds vatn á Íslandi*. Óútgefið námsefni fyrir Endurmenntun Háskóla Íslands.

Sigurður Reynir Gíslason. (1993). Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 63(3-4), 219-236.

Sigurður Reynir Gíslason og Stefán Arnórsson. (1988). Efnafræði árvatns á Íslandi og hraði efnarofs. *Náttúrufræðingurinn*, 58(4), 183-197.

Stefán Arnórsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir. (1998). Uppruni jarðhitavatns á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 68(1), 55-67.

Sveinbjörnsdóttir, Á.E., Johnsen, S.J. and Arnórsson, S. (1995). *The use of stable isotopes of oxygen and hydrogen in geothermal studies in Iceland*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy, 1043-1048.

Truesdell, A.H. (1991). Effects of physical process on geothermal fluids. Í: D'Amore, F. (ristjóri), *Application of geochemistry in geothermal reservoir development* 71-92. Rome: UNITAR/UNDP.

Umhverfisstofnun. (e.d.). *Vatnatilskipunin - Mengunarmál - Fagmál/fagdeildir* - www.ust.is. Sótt 26. febrúar 2010 á <http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Vatnatilskipunin>.

Vatnalög nr. 15/1923.

Ward, R.C. og Robinson, M. (2000). *Principles of Hydrology*. Glasgow: McGraw-Hill.

Zaporozec, A. (1972). Graphical Interpretation of Water-Quality Data. *Ground Water*, 10(2), 32-43.

Þorleifur Einarsson. (1968). *Jarðfræði – Saga bergs og lands*. Reykjavík: Mál og menning.

Viðaukar

V1. Efnasamsetning og –eiginleikar vatnsbóla sem notuð var til greiningar

Sample no.		02-003	02-004	02-008	02-011	02-013	02-014	02-031	02-039	02-040	02-050	02-056	02-058	03-017	03-018	03-019	03-020
Heiti	Eining	Garður	Hverfjallsgj á	Garðsvík	Húsafell-kalt	Kirkjuból-kalt	Heilsulind-Þverfell	Vaglir	Glerárdalslindir	Hesjuvallalindir	Ingólfssfjall	Ljósúar	Laugarvatn II	Gvendarbrunnar, 21	Gvendarbrunnar, 20	Jadar, 4	Jadar, 3
Ca	ppm	7.61	11.83	3.59	3.54	8.04	5.45	6.28	7.11	4.84	6.17	2.28	3.95	4.16	3.95	4.41	4.39
Mg	HAtaf	4.5600	6.8959	0.3394	1.4840	4.1338	1.6977	2.6378	1.1048	0.7283	0.8589	0.0415	0.2997	1.1230	1.1661	0.8326	0.8145
Na	ppm	25.14	20.15	19.44	7.54	11.99	11.63	5.01	4.33	4.50	13.08	12.11	13.01	10.9	10.2	10.8	11.1
K	ppm	1.57	1.78	0.50	0.52	1.11	0.50	1.02	0.55	2.90	0.50	0.50	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5
CO ₂	ppm	51.7	71.7	24.2	20.2	40	17.1	32.4	23	16.5	22.9	10.7	15.4	18.34	17.3	16.8	17.0
SO ₄	ppm	7.43	22	5.73	1.62	1.68	3.81	1.54	0.73	0.74	2.26	1.5	1.7	2.39	2.35	2.24	2.28
Cl	ppm	2.16	5.02	7.27	5.67	16.3	8.94	5.64	3.13	2.26	10.6	4.4	6.6	10.7	10.6	10	10.1
Diss.sol.	ppm	94.9	129.5	67.2	44.4	84.0	57.8	59.9	46.2	41.3	57.2	39.4	49.4	50.0	48.2	48.4	48.9
Leiðni	µS/cm v.25°C	153	217	108	70	143	105	81	66	51							
pH		8.79	8.56	9.25	7.97	7.10	8.93	6.97	7.60	8.60	9.04	9.74	9.51	8.90	8.74	9.15	9.21
SiO ₂	ppm	19.7	23.2	17.9	13.4	20.0	16.7	20.4	16.8	16.5	13.1	13.3	15.6	13.8	13.5	13.8	13.9
F	ppm	0.20	0.21	0.07	0.11	0.05	0.1	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
Al	ppb	0.0089	0.0104	0.0058	0.0137	0.0002	0.0096	0.0074	0.0003	0.0022	0.0148	0.0318	0.0203	0.0195	0.0177	0.024	0.024
Fe	ppb	0.00040	0.00740	0.00800	0.00040	0.01760	0.00040	0.00580	0.00070	0.00100	0.00120	0.00040	0.02860	0.00090	0.00050	0.00410	0.00270
Mn	ppb	0.00003	0.00013	0.00016	0.00003	0.00192	0.00003	0.00019	0.00003	0.00004	0.00006	0.00003	0.00147	0.00020	0.00018	0.00026	0.00022
B	ppb	25.3	45.1	41.7	21.5	10.7	4.2	10.4	6.9	2.0	10.1	6.3	3.7	7.7	6.7	7.1	6.3
δ ¹⁸ O		-13.02	-12.67	-12.17	-10.82	-9.33	-9.85	-12.62	-12.39	-12.53	-8.22	-10.54	-9.42	-8.58	-8.59	-8.58	-8.57
δ ² H		-94.8	-95.2	-84.3	-75.4	-65.9	-67.6	-90.9	-88.6	-89.4	-54.1	-72.9	-65.5	-58.5	-59.3	-58	-58.6

Sample no.		03-021	03-022	03-023	03-024	03-025	03-027	03-030	03-031	03-034	03-035	03-037	03-040	03-041	03-043	03-044	03-045
Heiti	Eining	Millulaekur, 13	Kriki, 5	Kriki, 1	Millulaekur, 14	Kjalarnes	Þóróddstadir, Ölfus	Laugaland, Holt	Skammsbeinsstadir	Vík í Mýrdal, a	Vík í Mýrdal, b	Skógar vatnsból	Bjarnarfell Vatnsból Reykholt	Húsafell	Grisararlindir	Selbót undir Haus	Borhola ofan Öngulsstaða
Ca	ppm	5.02	5.12	5.11	5.02	19.29	5.56	9.86	20.42	7.94	11.14	5.44	5.10	3.30	5.42	5.16	5.29
Mg	HAtaf	0.8114	0.9649	0.9113	0.8310	1.9771	2.1444	4.6685	7.6118	0.9464	3.0927	3.2507	1.0716	0.8517	1.3853	1.3339	1.3776
Na	ppm	9.7	8.6	8.6	10.0	6.1	8.9	9.5	21.6	13.9	13.3	10.7	11.5	6.0	3.4	8.1	8.1
K	ppm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.80	0.85	2.18	1.01	0.75	1.47	0.53	0.50	0.77	0.50	0.50
CO ₂	ppm	17.2	16.7	16.5	17.5	42.4	23.8	57.3	111.2	23.1	43.1	34.4	24.3	11.7	21.8	25.9	26.1
SO ₄	ppm	2.22	2.1	2.12	2.19	10.1	2.84	2.44	5.74	5.02	4.13	2.31	2.3	1.3	0.88	1.27	1.24
Cl	ppm	9.92	9.14	9.2	9.99	9.45	9.55	10.2	10.8	14.7	14	9.67	5.8	4.22	2.39	5.08	5.45
Diss.sol.	ppm	47.9	46.6	46.3	48.3	64.1	54.8	93.0	145.5	70.1	91.5	71.1	58.9	31.4	49.0	50.8	51.9
Leiðni	µS/cm v.25°C													71	62	79	80
pH		8.96	8.97	8.92	8.96	8.29	8.51	6.90	7.29	9.12	7.72	7.61	9.11	9.36	7.76	7.54	7.43
SiO ₂	ppm	13.7	14.2	14.2	13.6	5.6	15.7	29.0	27.0	19.7	27.2	22.9	22.5	11.1	24.6	18.0	18.5
F	ppm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.08	0.14	0.23	0.24	0.17	0.19	0.06	0.04	0.05	0.05
Al	ppb	0.0147	0.0226	0.0214	0.0152	0.0117	0.0164	0.00226	0.00345	0.0107	0.00433	0.0037	0.0155	0.0701	0.00119	0.00257	0.00169
Fe	ppb	0.01840	0.00200	0.00070	0.00060	0.00500	0.00080	0.04240	0.00080	0.00040	0.00290	0.00040	0.00050	0.00050	0.00080	0.00160	0.00130
Mn	ppb	0.00110	0.00022	0.00020	0.00016	0.00029	0.00020	0.00551	0.00023	0.00023	0.00035	0.00021	0.00022	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003
B	ppb	5.8	5.2	5.2	10.2	3.5	10.1	9.4	12.8	11.5	9.0	38.5	16.4	6.4	9.2	5.1	3.8
δ ¹⁸ O		-8.59	-8.6	-8.59	-8.59	-8.99	-7.94	-8.16	-7.96	-7.79	-7.96	-7.95	-8.88	-11.3	-12.25	-11.37	-11.37
δ ² H		-58.3	-56.4	-57.8	-56.8	-60.9	-52.1	-54.8	-54.5	-49.5	-52	-53.7	-60.4	-78.3	-86.2	-81.1	-80.8

Umhverfis- og orkubraut

Sample no.		03-047	03-053	03-054	03-059	03-068	03-069	03-071	03-090	03-091	03-092	03-093	03-100	03-102	03-103
Heiti	Eining	Reykhólar, Hólsind	Patreksfjörður, neðra vatnsból	Patreksfjörður, efra vatnsból	Drangsnæs, kalt	Bolungarvík, efra vatnsból	Ísafjörður við göng	Bolungarvík, úr krana	Vogar, Vatnsleysuströnd (OS 152)	Gjá í Lágum (OS 153)	HA-02 Hafnir (OS 156)	HSK-100 (OS 158)	FD-01 Fagrid, Mýrdal	Vaðstakksheiði	Ólafsvík
Ca	ppm	7.29	2.64	2.62	15.96	2.26	2.88	2.35	16.86	7.63	12.99	8.40	2.15	1.40	1.90
Mg	HAtaf	1.5496	1.2893	0.9442	2.9929	1.5960	1.0208	1.6333	14.4931	6.9542	20.6520	7.5243	0.0704	1.1165	1.3435
Na	ppm	11.2	7.9	6.9	20.6	8.3	7.8	8.1	91.2	33.7	187.0	33.8	36.4	6.4	5.9
K	ppm	0.50	0.50	0.57	0.45	0.50	0.74	0.50	2.37	1.35	6.00	1.44	1.69	0.80	0.78
CO ₂	ppm	21.3	8.6	7.9	43.1	8.6	7.2	8.4	17.4	17.6	17.2	18.6	37.5	9.0	9.5
SO ₄	ppm	3.83	2.21	1.96	6.54	2.36	1.98	2.41	22.4	9.24	44.1	9.65	7.57	1.77	1.36
Cl	ppm	17.8	13.5	11.8	32.3	14.0	13.4	13.71	179	66.9	328	70.6	13.6	8.87	8.22
Diss.sol.	ppm	57.4	41.7	41.4	109.9	38.3	43.1	38.0	328.2	139.3	576.4	145.5	107.9	33.4	33.9
Leiðni	µS/cm v.25°C	119	75	69	228	79	77	78	377	296	1208	317	198	61	60
pH		6.98	7.88	7.92	7.68	7.36	8.68	7.33	7.61	7.6	7.24	7.63	9.46	7.02	7.56
SiO ₂	ppm	8.8	12.0	14.5	15.8	7.8	13.6	7.9	15.4	13.8	13.0	14.3	34.6	10.2	10.8
F	ppm	0.03	0.02	0.02	0.08	0.01	0.03	0.02	0.04	0.07	0.03	0.07	0.45	0.06	0.07
Al	ppb	0.00134	0.00437	0.00376	0.00194	0.00372	0.00457	0.00314	0.00804	0.00794	0.00635	0.00696	0.00786	0.00284	0.0211
Fe	ppb	0.01110	0.00110	0.00200	0.00150	0.00180	0.00280	0.00520	0.02020	0.00280	0.00740	0.01760	0.00060	0.00040	0.00240
Mn	ppb	0.00103	0.00003	0.00006	0.00005	0.00005	0.00010	0.00024	0.00781	0.00008	0.00014	0.00029	0.00016	0.00003	0.00014
B	ppb	12.3	5.6	4.4	15.2	7.2	5.6	7.6	27.8	11.4	72.5	16.1	12.8	6.7	5.5
δ ¹⁸ O		-9.43	-9.51	-9.52	-9.74	-10.55	-11.4	-10.46	-8.18	-7.79	-7.96	-7.74	-7.89	-9.53	-8.95
δ ² H		-62.7	-64.6	-65	-67.8	-70.2	-75.5	-70.7	-54.6	-50.7	-52.7	-50.7	-51.2	-65.4	-60.4

Sample no.		03-105	03-106	03-107	03-108	03-110	03-113	03-115	03-116	03-118	03-119	03-120	04-001	04-002	04-003
Heiti	Eining	Vatnsból við Svelgsá, Stykkishólmu r	Borholur á Selevri, Borgarnes	Lindir Háumelum, Borgarnes	Berjadalsá, Akranes	Búðardalur inntak vatnsv.	Kalt vatnsból Húsavík	Hólmi, Botnsdal	Grímsstaðir	NV í Svartahrygg	Austaraselslindi r	HR-11 Vatnsv. Hrísey	Fannardalur	Eskifjörður	Reyðarfjörður r
Ca	ppm	2.57	5.51	21.63	5.43	5.29	5.33	7.57	2.06	3.26	10.50	10.68	3.03	4.03	3.2
Mg	HAtaf	1.8325	1.4690	2.1058	2.0484	1.4602	1.4384	0.0050	0.5594	0.0785	6.3949	0.9342	1.0339	0.8008	1.2187
Na	ppm	5.6	5.9	7.4	10.4	6.9	12.4	29.8	19.5	21.9	8.8	19.0	4.22	5.33	4.18
K	ppm	0.66	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.85	0.50	1.13	0.5	0.4	0.4	0.4
CO ₂	ppm	15.1	19.2	44.6	21.4	11.5	23.8	8.6	27.5	13.4	58.8		14.3	15.9	15.5
SO ₄	ppm	1.63	5.16	16.6	2.66	1.75	2.86	2.83	2.4	4.57	5.13	6.76	1.18	1.19	1.3
Cl	ppm	6.97	6.26	9.65	13.3	11.4	13.0	5.66	3.45	7.2	3.05	23.7	3.47	3.98	2.86
Diss.sol.	ppm	37.8	37.2	69.1	56.3	43.4	59.4	82.4	63.5	64.3	87.1	68.1	31.6	33.7	33.6
Leiðni	µS/cm v.25°C	66	79	179	109	85	115	249	105	128	139	176	43	57	46
pH		7.35	6.76	7.89	7.25	7.71	8.35	10.89	9.55	10.08	7.52	8.33	6.84	8.34	7.11
SiO ₂	ppm	12.5	8.4	5.9	14.3	12.5	15.2	34.8	23.1	24.8	27.7	13.5	11.72	10.69	13.5
F	ppm	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.22	0.14	0.19	0.1	0.04	0.03	0.03	0.03
Al	ppb	0.00413	0.00156	0.00546	0.00293	0.00158	0.0108	0.196	0.0155	0.0302	0.00259	0.00446	0.00132	0.00304	0.00112
Fe	ppb	0.00050	0.01600	0.00080	0.00240	0.00150	0.00040	0.00040	0.00080	0.00150	0.01390	0.00390	0.00160	0.00000	0.00000
Mn	ppb	0.00003	0.00034	0.00003	0.00038	0.00009	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00068	0.00012	0.00013	0.00004	0.00003
B	ppb	4.9	5.9	5.2	7.4	8.0	13.1	6.1	10.2	11.7	3.6	8.8	10	10	10
δ ¹⁸ O		-9	-9.12	-8.81	-8.43	-10.43	-10.5	-9.28	-12.27	-8.58	-12.18	-10.39	-9.7	-9.74	-10.17
δ ² H		-60.9	-62	-60.8	-59.4	-70.7	-72.8	-66.3	-88.2	-60.5	-86.2	-70.5	-66.1	-65.8	-69.9

Umhverfis- og orkubraut

Sample no.		04-004	04-005	04-006	04-007	04-008	04-009	04-010	04-011	04-015	04-018	04-021	04-022	04-023	04-025	04-028
Heiti	Eining	Seyðisfjörður	Fellabær	Egilsstaðir	Vopnafjörður	Blönduós	Skagaströnd	Hvammstangi	Borðeyri	Húsafell	Laugaból, kalt	Ölkelda	Miðhraun A	Miðhraun V	Siglu fjörður, Hvanneyrars káli	Sólbakki
Ca	ppm	1.51	4.93	9.45	5.47	12.20	13.86	11.58	9.35	2.62	3.69	155.37	2.10	2.00	5.35	15.54
Mg	HAtaf	0.6234	2.1393	3.9328	1.4241	6.0484	3.0051	1.3659	4.5541	0.5698	1.4893	34.0740	1.4671	1.5036	1.9509	4.8331
Na	ppm	2.36	4.59	6.11	5.88	13.9	9.2	7.3	13.7	5.7	9.3	297.7	5.3	5.3	8.0	11.6
K	ppm	0.4	0.4	0.4	0.4	1.05	0.26	0.33	0.59	0.27	0.23	14.32	0.58	0.61	0.30	0.75
CO ₂	ppm	6.6	5.1	47.2	21.5	53.7	37.8	24.2	51.5	10.3	16.6	1279	10.9	10.3	21.2	50.3
SO ₄	ppm	0.86	3.29	4.09	1.6	3.41	7.17	9.98	2.95	1.47	2.67	57.3	1.59	1.59	2.61	9.88
Cl	ppm	1.93	4.52	6.78	5.07	20.9	15.6	9.75	18	3.3	11.7	125	7.32	7.06	12.4	18.7
Diss.sol.	ppm	16.7	34.6	68.5	44.7	101.0	69.6	54.1	90.6	28.3	43.3	1330.9	35.0	34.7	52.7	93.5
Leiðni	µS/cm v.25°C	24	66	110	66	189	150	114	158	69.5	89.4	2475	62.3	62	97	193
pH		7.18	7.02	6.46	7.31	7.08	7.33	7.94	6.62	9.38	7.02	6.36	7.15	7.18	6.75	6.88
SiO ₂	ppm	6.29	13.29	21.22	14.87	19.9	8.7	11.6	18.6	10.5	8.5	63.9	11.1	11.4	14.1	16.9
F	ppm	0.01	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.06	0.06	0.06	0.02	0.61	0.1	0.1	0.04	0.07
Al	ppb	0.0031	0.00128	0.00111	0.00302	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	ppb	0.00340	0.02210	0.01160	0.00120	0.01148	0.00838	0.00226	0.00660	0.01168	0.00383	3.62137	0.00000	0.00292	0.00447	0.00576
Mn	ppb	0.00023	0.00045	0.00114	0.00006	0.00006	0.06780	0.00006	0.00069	0.00009	0.00006	0.26400	0.00003	0.00003	0.00026	0.00031
B	ppb	10	10	10	10	5.8	3.9	3.2	5.4	2.5	5.2	432.0	3.5	3.5	3.9	6.2
δ ¹⁸ O		-10.14	-10.29	-10.15	-9.88	-9.39	-9.92	-11.1	-9.7	-11.46	-9.39	-8.58	-8.5	-8.51	-9.41	-10.26
δ ² H		-68.9	-71.5	-69.9	-67.7	-67.5	-68.1	-75.8	-66.7	-79.6	-63.8	-56.9	-57.6	-57.4	-64.6	-72.6

Sample no.		04-033	04-034	04-036	04-037	04-038	04-042	04-043	04-044	04-045	04-046	04-047	04-048	04-049	04-050	04-052
Heiti	Eining	Haukadalur	Flúdir	Laekjarbotnar, Land	Urridafoss	Bjálmholt	Kirkjubaejar-klaustur	Skaftafell	Mýrar	Höfn	Búlandalur	Breiddalsvík	Stöðvarfjörður	Fáskrúdsfjörður	Hnappavellir	Staður, Sýrfellshraun, SY-03
Ca	ppm	6.40	9.43	6.12	9.95	14.73	7.79	14.23	12.04	13.4				3.64	4.39	8.25
Mg	HAtaf	1.4994	5.0222	2.7506	6.6753	6.3594	3.6740	3.3480	2.0190	3.0776	0.9323	1.2439	3.3561	1.4807	2.1920	10.1246
Na	ppm	8.2	9.4	16.6	11.9	22.1	9.5	8.5	5.2	6.12	4.4	4.8	5.5	3.9	7.9	68.0
K	ppm	0.49	1.27	1.00	1.24	1.58	0.58	0.61	0.12	0.4	0.16	0.34	0.39	0.32	1.34	2.51
CO ₂	ppm	25.3	59.2	39.9	67.1	92.9	30.6	57.0	36.2	42.6	19.2	19.7	44.7	26.9	24.9	
SO ₄	ppm	4.45	41.34	31.6	18.5					3.26				1.43	1.89	17.60
Cl	ppm	15.5	78.1	15.7	5.84					6.65				3.05	6.58	133.00
Diss.sol.	ppm	62.4	168.8	85.9	97.8	121.4	55.4	76.9	47.1	63.0	14.1	15.0	27.9	42.3	34.8	240.5
Leiðni	µS/cm v.25°C															
pH		8.93	6.98	7.83	6.91	7.25	7.80	7.08	7.92	7.4	7.21	7.28	7.20	6.47	7.98	7.33
SiO ₂	ppm	17.5	31.9	22.9	27.4	30.1	18.5	21.7	9.5	12.39				15.21		13.7
F	ppm	0.12	4.04	0.8	1.1					0.06				0.04	0.16	0.04
Al	ppb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0044	0.0	0.0	0.0	0.00343	0.0	0.0
Fe	ppb	0.00350	0.00000	0.00217	0.00276	0.00186	0.05771	0.00702	0.00000	0.00060	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00000	0.00000
Mn	ppb	0.00031	0.00028	0.00012	0.00019	0.00015	0.00086	0.00030	0.00006	0.00022	0.00009	0.00011	0.00009	0.00011	0.00004	0.00045
B	ppb	7.3	5.2	29.9	7.9	11.0	9.3	4.5	3.6	10	3.3	2.8	3.6	10	10.2	45.6
δ ¹⁸ O		-9.13	-8.45	-9.46	-8.09	-8.03	-9.16	-7.03	-7.61	-7.53	-6.86	-9.2	-7.42	-7.76	-8.53	-7.95
δ ² H		-62.6	-59.7	-66.3	-55.5	-55.3	-63.6	-50	-51.8	-55.8	-47.3	-64	-50.2	-54.6	-57.9	-53.2

Sample no.		04-053	04-054	05-006	05-007	05-008	05-009	05-010	05-011	05-012	05-016	05-017	05-018	05-019	05-020
Heiti	Eining	Staður, Sýrfellshraun, SY-02	Hreðavatn, Grábrókarhraun, GB-09	Kaldárbotnar A	Kaldárbotnar B	Kaldárbotnar D	Kaldárbotnar L-1	Kaldárbotnar L-2	Dýjakrókar 3	Dýjakrókar 2	Hella	Selalaekur N	Selalaekur S	Hella	Hella
Ca	ppm	7.53	3.27	4.59	4.59	4.73	4.61	4.56	7.63	7.27	9.73	9.81	20.00	16.77	18.75
Mg	HAtaf	8.8661	1.6540	1.8627	2.0549	2.5693	1.6875	1.8398	0.6903	0.8159	5.7986	6.0229	12.0287	9.3560	10.9473
Na	ppm	57.6	7.1	9.3	8.9	8.6	9.8	9.2	17.2	16.3	11.3	11.8	17.1	14.1	14.5
K	ppm	2.14	0.39	0.59	0.58	0.60	0.58	0.58	0.30	0.31	0.96	0.95	1.48	2.04	1.62
CO ₂	ppm			19.2	19.3	21.9	19.9	19.7	26.5	25.5	51.3	48.1	99.3	97.6	101.8
SO ₄	ppm	14.80	1.81	2.63	2.62	2.68	2.69	2.61	3.04	3.04	2.38	2.78	4.14	4.41	2.72
Cl	ppm	111.00	7.43	9.07	9.07	9.08	9.02	9.07	16.1	15.8	11.9	13.4	17.8	12.8	11.9
Diss.sol.	ppm	204.6	30.1	50.2	50.1	52.2	50.8	50.3	70.8	69.0	87.8	84.6	141.0	139.5	141.1
Leiðni	µS/cm v.25°C														
pH		7.29	7.2	8.90	8.90	8.50	8.71	8.87	9.01	8.96	7.68	8.31	7.98	7.07	7.28
SiO ₂	ppm	13.7	9.6	12.5	12.5	12.9	12.3	12.4	12.4	12.5	19.8	15.4	18.1	30.6	29.1
F	ppm	0.04	0.03	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04	0.13	0.12	0.17	0.13	0.10
Al	ppb	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	ppb	0.00000	0.00000	0.01622	0.01476	0.01230	0.01779	0.01586	0.00201	0.00199	0.00000	0.00390	0.00264	0.00000	0.00000
Mn	ppb	0.00063	0.57200	0.00005	0.00003	0.00008	0.00003	0.00008	0.00005	0.00011	0.00008	0.00035	0.00006	0.00003	0.00006
B	ppb	25.6	248.0	4.6	4.3	4.2	4.6	4.1	4.8	4.7	5.3	5.5	6.9	7.3	5.4
δ ¹⁸ O		-7.96	-8.33	-8.59	-8.62	-8.58	-8.48	-7.91	-8.59	-8.61	-8.01	-7.9	-7.89	-8.21	-7.74
δ ² H		-52.8	-57.6	-57.4	-57.4	-57.4	-57.1	-56.5	-57.6	-58.2	-54.3	-53.6	-52.3	-55	-50.9

Sample no.		05-021	05-022	05-023	05-024	05-025	05-026	05-027	05-028	05-029	05-030	05-031	05-036	05-037	05-038
Heiti	Eining	Sydsta Mörk	Vesturlandeyjar	Hvolsvöllur	Hveragerði	Hveragerði	Hveragerði	Kaldadarnes	Stokkseyri	Selfoss 1	Selfoss 2	Selfoss 3	Minni Vatnsleysa MV-05	Kálfstjörn	Vogar VH-06
Ca	ppm	3.36	15.15	6.56	12.51	6.02	6.13	6.59	6.09	5.64	6.06	5.62	18.16	17.86	18.30
Mg	HAtaf	3.0877	5.7037	3.8675	5.6312	2.3738	2.5007	6.3261	3.5307	0.6033	0.4310	0.6741	17.5309	14.2854	16.9438
Na	ppm	7.5	13.2	11.2	7.7	9.5	8.9	10.2	10.1	9.6	10.5	9.7	112.2	99.6	98.6
K	ppm	1.38	1.15	1.06	1.12	0.67	0.64	1.06	0.79	0.33	0.30	0.35	3.40	2.93	2.60
CO ₂	ppm	25.3	65.6	37.1	52.0	22.7	20.5	51.8	17.9	36.9	17.7	18.5	21.7	20.9	18.6
SO ₄	ppm	1.57	3.46	2.95	6.02	4.12	3.95	3.38	2.44	2.13	2.34	2.14	29.2	26.4	24.6
Cl	ppm	6.17	11.2	9.93	8.53	13	14	13.8	11.3	9.13	9.77	8.79	278.23	239.68	249.50
Diss.sol.	ppm	55.0	109.5	72.2	88.4	62.3	61.0	93.3	65.7	59.9	52.6	50.5	487.9	427.1	435.8
Leiðni	µS/cm v.25°C														
pH		8.22	8.06	8.02	7.52	7.92	7.86	6.88	9.08			9.14	7.77	7.56	7.41
SiO ₂	ppm	19.2	26.3	17.8	20.7	15.3	14.6	25.9	22.4	13.9	14.2	13.8	16.8	14.9	14.7
F	ppm	0.15	0.18	0.21	0.10	0.06	0.05	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	0.04	0.04	0.03
Al	ppb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	ppb	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05369	0.00000	0.01741	0.01732	0.00459	0.00275	0.00000	0.00000
Mn	ppb	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00006	0.00972	0.00008	0.00045	0.00027	0.00021	0.00022	0.00009	0.00005
B	ppb	7.2	6.9	7.9	3.3	6.7	5.3	4.9	4.8	3.8	4.2	3.7	24.2	21.3	26.4
δ ¹⁸ O		-9.26	-7.85	-8.64	-8.15	-7.86	-7.85	-7.8	-8.02	-8.24	-8.24	-8.31	-8.02	-7.95	-8
δ ² H		-62	-52.2	-58.7	-54.4	-52.5	-52.4	-53.2	-54.1	-55.2	-55.1	-55.7	-53.1	-53	-53.2

Sample no.		05-039	05-041	2005-6	2005-7	2005-8	2005-9	2005-10	2006-04	2006-05	2006-11	2007-003	2007-004	2007-006	2007-012
Heiti	Eining	Lambagjá	Laekjarbotnar	Skarðsveita	Veðramót	Stóru Akrar	Sauðárkrókur tankur	Kúngerpi	Snartastaðalækur	Sandfells­hagalind	Borhola v. Jökulsárbrú	Lón, Kelduhverfi	Nesgjá, Kelduhverfi	Fjöll	Krossdalur
Ca	ppm	101.99	4.14	23.1	13.0	2.15	13.5	8.67	37.50	6.96	4.4	4.34	4.34	2.74	5.77
Mg	HAtaf	91.4183	0.8471	2.93	1.90	0.396	1.82	3.46	5.1600	1.1600	2.95	2.72	1.77	0.05	2.77
Na	ppm	1127.7	13.4	7.8	8.0	27.2	7.74	6.62	40.80	11.70	21.9	8.77	14	16.1	9.23
K	ppm	62.96	0.30	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.44	0.75	1.27	0.857	0.528	0.01	0.811
CO ₂	ppm	29.2	21	42	33.3	30.2	32.3	37.3	26.1	25.6	41.6	25.7	22.2	56.8	25.2
SO ₄	ppm	199	2.78												
Cl	ppm	2100.00	19.48	13	10	3.8	10	5.2	107	7.7	3.4	7.3	11	7.7	8.5
Diss.sol.	ppm	3695.6	63.5	94.6	74.3	82.4	72.0	70.0	234.6	63.4	87.5	70.1	#REF!	#REF!	65.6
Leiðni	µS/cm v.25°C			178.4	119.8	125.7	123.4	102.2	465	98	139	90	112	90	92
pH		7.41	8.78	8.07	8.44	9.78	7.98	7.9	8.64	8.98	9.12	7.92	8.74	9.52	8.58
SiO ₂	ppm	14.1	12.4	9.3	22.5	30.6	17.6	26.4	21.6	20.9	23.3	22.04	16.99	10.46	23.11
F	ppm	0.12	0.05	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15	0.75	0.34	0.28	0.09	0.07	0.04	1.12
Al	ppb	0.0	0.0	0.0049	0.0086	0.0296	0.0057	0.005	0.008	0.121	0.0176	0.00577	0.0145	0.0138	0
Fe	ppb	0.00000	0.00000	0.00060	0.00050	0.03930	0.00670	0.00830	0.00000	0.00290	0.00016	0.00800	0.00400	0.00500	0.00000
Mn	ppb	0.00011	0.00015	0.00008	0.00003	0.00445	0.00062	0.00051	0.00143	0.00026	0.00405	0.00003	0.00003	0.00003	0.00019
B	ppb	655.0	6.6	10	10	50.5	10	10	10.0	10.2	23.9	10	10.4	10	10
δ ¹⁸ O		-6.52	-8.58	-11.35	-11.53	-12.61	-11.54	-11.27	-9.93	-10.48		-11.18	-10.65	-10.42	-10.63
δ ² H		-43.1	-57.8	-78.3	-81.4	-90.1	-80.3	-82.8	-68.6	-72.7	-76.48	-71.80	-70.90	-72.40	

Sample no.		2007-013	07-014	07-015	07-016	07-018	07-020	07-021	07-022	07-023	07-025	07-027
Heiti	Eining	Glerá	Þórshöfn	Raufarhöfn	Kópasker	Fjöll/Vatnsból	Þorvaldsstaðaá	Bakkaá	Hljóðaklettur	Auðbjargarstaða-brekka	Landsá	Þeistareykir
Ca	ppm	2.8	5.04	4.73	5.8	6.66	3.95	5.66	8.72	4.92	6.21	
Mg	HAtaf	0.836	1.33	1.98	1.46	0.457	2.28	0.538	4.85	0.274	2.35	
Na	ppm	2.71	6.7	10.5	9.74	11	7.97	12.6	9.18	13.8	12.4	
K	ppm	0.275	0.409	0.779	0.568	0.4	0.848	0.4	0.834	0.4	1.17	
CO ₂	ppm	12.9	15.1	19.3	23.0	23.2	19.7	22.3	41.1	19.8	37.5	52
SO ₄	ppm											
Cl	ppm	2.9	9.6	14	9.9	9	9.4	9.8	10	10	7.4	7.5
Diss.sol.	ppm	27.7	#REF!	59.0	56.8	51.3	51.8	54.0	80.8	52.3	65.9	89.6
Leiðni	µS/cm v.25°C		71.65	97.05	92.55	96.3	89.45	97	133.3	99.3	117.9	191
pH		6.5	8.4	7.79	8.54	8.82	8.7	9.06	7.59	9.26	8.31	7.95
SiO ₂	ppm	11.6	19.3	19.3	19.2	12.58	19.73	14.19	31.46	13.38	19.92	56.1
F	ppm	0.029	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.07	0.04	0.09	0.015
Al	ppb	0.00462										
Fe	ppb	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mn	ppb	0.00247	0.00003	0.00003	0.00003	0.00005	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00020	0.00131
B	ppb	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	31.6
δ ¹⁸ O		-12.42	-9.20	-9.90	-10.38	-10.32	-10.11	-10.12	-10.03	-9.94	-10.99	-9.46
δ ² H		-85.95	-61.68	-66.50	-70.00	-70.18		-61.58	-57.68		-76.70	-76.01

V2. Flokkun vatnsbóla eftir landshlutum

Höfuðborgarsvæðið

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund vatns
03-017	Gvendarbrunnar, 21	64.0231	21.8693	Na-HCO ₃
03-018	Gvendarbrunnar, 20	64.0231	21.8693	Na-Cl
03-025	Kjalarnes	64.2333	21.8333	Ca-HCO ₃
05-006	Kaldárbotnar A	64.0167	21.8500	Na-HCO ₃
05-007	Kaldárbotnar B	64.0167	21.8500	Na-HCO ₃
05-008	Kaldárbotnar D	64.0167	21.8500	Na-HCO ₃
05-009	Kaldárbotnar L-1	64.0167	21.8500	Na-HCO ₃
05-010	Kaldárbotnar L-2	64.0167	21.8500	Na-HCO ₃
03-022	Kriki, 5	64.0500	77.0146	Na-HCO ₃
03-023	Kriki, 1	64.0500	21.7833	Na-HCO ₃
05-041	Laekjarbotnar	64.0500	21.9167	Na-Cl
03-019	Jadar, 4	64.0667	21.7333	Na-HCO ₃
03-021	Millulaekur, 13	64.0667	21.7667	Na-HCO ₃
03-024	Millulaekur, 14	64.0667	21.7667	Na-HCO ₃
05-011	Dýjakrókar 3	64.0667	21.8500	Na-HCO ₃
05-012	Dýjakrókar 2	64.0667	21.8500	Na-Cl
03-020	Jadar, 3	64.0833	21.7333	Na-HCO ₃

Vesturland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
03-108	Berjadalsá, Akranes	64.3167	22.0167	Na-Cl
03-115	Hólmi, Botnsdal	64.3667	21.2500	Na-OH
03-118	NV í Svartahrygg	64.3833	21.2833	Na-CO ₃
02-013	Kirkjuból-kalt	64.4000	21.0667	Na-HCO ₃
02-014	Heilsulind-Þverfell	64.4833	21.1167	Na-HCO ₃
03-106	Borholur á Seleyri, Borgarnes	64.5167	21.8667	Ca-HCO ₃
03-107	Lindir 1 og 2 Háumelum, Borgarnes	64.5167	21.8667	Ca-HCO ₃
02-011	Húsafell-kalt	64.6833	20.8500	Na-HCO ₃
03-041	Húsafell	64.6833	20.8667	Na-HCO ₃
04-015	Húsafell	64.6833	20.8667	Na-HCO ₃
04-054	Hreðavatn, Grábrókarhraun, GB-09	64.7500	21.5667	Na-Cl
04-021	Ölkelda	64.8333	22.9667	Na-HCO ₃
04-022	Miðhraun A	64.8500	22.6500	Na-Cl
04-023	Miðhraun V	64.8500	22.6500	Na-Cl
03-102	Vaðstakksheiði	64.8833	23.8000	Na-Cl
03-103	Ólafsvík	64.8833	23.7000	Na-Cl
03-105	Vatnsból við Svelgsá, Stykkishólmur	64.9667	22.6667	Na-HCO ₃
03-110	Búðardalur inntak vatnsv.	65.2833	21.7333	Na-Cl

Vestfirðir

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
03-069	Ísafjörður við göng	66.0500	23.3170	Na-Cl
03-059	Dranganes, kalt	65.7000	21.4333	Na-Cl
03-047	Reykholar, Hólsind	65.4667	22.1500	Na-Cl
04-018	Laugaból, kalt	65.7167	23.4000	Na-Cl
03-053	Patreksfjörður, neðra vatnsból	65.5667	23.9167	Na-Cl
03-054	Patreksfjörður, efra vatnsból	65.5667	23.9333	Na-Cl
03-068	Bolungarvík, efra vatnsból	66.1500	23.3167	Na-Cl
03-071	Bolungarvík, úr krana	66.1500	23.3167	Na-Cl

Norðvesturland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
04-010	Hvammstangi	65.4000	20.9333	Ca-HCO ₃
04-028	Sólbakki	65.4333	20.5833	Ca-HCO ₃
2005-10	Kúsgerpi	65.4500	19.2333	Ca-HCO ₃
04-011	Borðeyri	65.2000	21.1000	Na-HCO ₃
2005-8	Stóru Akrar	65.5333	19.3000	Na-HCO ₃
04-008	Blönduós	65.6500	20.2333	Ca-HCO ₃
2007-013	Glerá	65.6833	18.1000	Ca-HCO ₃
02-031	Vagfir	65.7000	17.8667	Ca-HCO ₃
2005-6	Skarðsveita	65.7500	19.7000	Ca-HCO ₃
2005-7	Veðramót	65.7500	19.7167	Ca-HCO ₃
2005-9	Sauðárkrókur-tankur	65.7500	19.6500	Ca-HCO ₃
04-009	Skagaströnd	65.8167	20.2500	Ca-HCO ₃
04-025	Siglufjörður, Hvanneyrarskáli	66.1500	18.9000	Na-Cl
03-120	Hrísey HR-11	65.9931	18.3874	Na-Cl
02-039	Glerárdalslindir	65.6432	18.2155	Ca-HCO ₃
02-040	Hesjuvallalindir	65.6740	18.2105	Ca-HCO ₃

Norðausturland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
03-043	Grísarárlindir	65.5833	18.1333	Ca-HCO ₃
03-044	Selbót undir Haus	65.5833	17.9833	Na-HCO ₃
03-045	Borhola ofan Öngulsstaða	65.5833	18.0167	Na-HCO ₃
07-020	Þorvaldsstaðaá	66.0167	17.3167	Na-HCO ₃
03-113	Kalt vatnsból Húsavík	66.0333	17.3000	Na-HCO ₃
07-021	Bakkaá	66.0500	17.2833	Na-HCO ₃
2007-006	Fjöll	66.0667	16.9500	Na-HCO ₃
2007-012	Krossdalur	66.0667	16.7167	Na-HCO ₃
07-018	Fjöll/Vatnsból	66.0667	16.9500	Na-HCO ₃
2007-003	Lón, Kelduhverfi	66.0833	16.9167	Na-HCO ₃
2007-004	Nesgjá, Kelduhverfi	66.0833	16.9167	Na-HCO ₃
2006-05	Sandfellshagalind	66.1167	16.3833	Na-HCO ₃
07-014	Þórshöfn	66.1500	15.0833	Na-Cl
07-016	Kópasker	66.2667	16.3667	Na-HCO ₃
07-015	Raufarhöfn	66.3833	15.9333	Na-Cl
07-023	Auðbjargarstaðabrekka	65.0833	16.9500	Na-HCO ₃
2006-04	Snartastaðalækur	66.1833	16.4833	Ca-Cl
07-022	Hljóðaklettar	65.9500	16.4500	Ca-HCO ₃
02-008	Garðsvík	64.7833	18.0500	Na-HCO ₃

Óbyggðir Norðausturlandi

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
02-003	Garður	65.5500	16.9667	Na-HCO ₃
02-004	Hverfjallsgjá	65.6000	16.8833	Na-HCO ₃
2006-11	Borhola v. Jökulsárbrú	65.6167	16.1833	Na-HCO ₃
03-116	Grímsstaðir	65.6333	16.1167	Na-HCO ₃
03-119	Austaraselslindir	65.6333	16.8333	Mg-HCO ₃
07-025	Landsá	65.9833	16.4000	Na-HCO ₃
07-027	Þeistareykir	65.8833	16.9500	Na-HCO ₃

Austurland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
04-045	Höfn	64.3167	15.1833	Ca-HCO ₃
04-044	Mýrar	64.3333	15.4333	Ca-HCO ₃
04-046	Búlandsdalur	64.6667	14.4333	Na-HCO ₃
04-048	Stöðvarfjörður	64.8333	13.8667	Mg-HCO ₃
04-047	Breiddalsvík	64.8500	14.2167	Na-HCO ₃
04-049	Fáskrúdsfjörður	64.9333	14.0500	Ca-HCO ₃
04-003	Reyðarfjörður	65.0167	14.2500	Na-HCO ₃
04-002	Eskifjörður	65.0667	14.0000	Na-HCO ₃
04-001	Fannardalur	65.1167	13.9167	Na-HCO ₃
04-004	Seyðisfjörður	65.2500	14.0167	Na-HCO ₃
04-005	Fellabær	65.2667	14.3833	Ca-Cl
04-006	Egilsstaðir	65.2667	14.4000	Ca-HCO ₃
04-007	Vopnafjörður	65.6833	14.8167	Ca-HCO ₃

Mýrdalur og mið- Suðurland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund vatns
03-034	Vík í Mýrdal, a	63.4167	19.0167	Na-Cl
03-035	Vík í Mýrdal, b	63.4167	19.0000	Na-HCO ₃
03-100	FD-01 Fagrid. Mýrdal	63.4167	18.9167	Na-HCO ₃
03-037	Skógar, water supply	63.5167	19.5000	Na-HCO ₃
05-021	Sydsta Mörk	63.6333	19.8833	Na-HCO ₃
04-042	Kirkjubæjarklaustur	63.7667	18.0333	Na-HCO ₃
04-043	Skaftafell	64.0167	16.9667	Ca-HCO ₃

Hella og Hvolsvöllur

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
05-023	Hvolsvöllur	63.7833	20.1000	Na-HCO ₃
05-017	Selalaekur N	63.8000	20.3667	Na-HCO ₃
05-018	Selalaekur S	63.8000	20.3833	Ca-HCO ₃
05-019	Hella	63.8333	20.3833	Ca-HCO ₃
05-016	Hella	63.8500	20.3167	Na-HCO ₃
05-020	Hella	63.8500	20.3667	Ca-HCO ₃
04-038	Bjálmholt	63.9000	20.3833	Na-HCO ₃
03-030	Laugaland, Holt	63.9167	20.4000	Ca-HCO ₃
04-037	Urridafoss	63.9167	20.6833	Mg-HCO ₃
04-050	Hnappavellir	63.9000	16.6000	Na-HCO ₃
05-022	Vesturlandeyjar	63.7500	20.0500	Ca-HCO ₃
05-021	Syðsta Mörk	63.6333	19.8833	Na-HCO ₃

Suðurland

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
05-027	Kaldadarnes	63.9167	21.1167	Na-HCO ₃
02-050	Ingólfsfjall	63.9500	20.9833	Na-HCO ₃
03-027	Thóróddstadir, Ölfus	63.9500	21.2500	Na-HCO ₃
03-031	Skammbeinsstadir	63.9500	20.3333	Ca-HCO ₃
04-036	Laekjarbotnar, Land	63.9500	20.2500	Na-SO ₄
05-029	Selfoss 1	63.9500	21.0333	Na-HCO ₃
05-030	Selfoss 2	63.9500	21.0167	Na-HCO ₃
05-031	Selfoss 3	63.9500	21.0167	Na-HCO ₃
05-024	Hveragerdi	64.0000	21.1667	Na-Cl
05-025	Hveragerdi	64.0000	21.2000	Na-Cl
05-026	Hveragerdi	64.0000	21.2000	Ca-HCO ₃
04-034	Flúdir	64.1500	20.2667	Ca-HCO ₃
02-058	Laugarvatn II	64.2000	20.7500	Na-HCO ₃
02-056	Ljósuár	64.2500	20.6500	Na-HCO ₃
03-040	Bjarnarfell Vatnsb. Reykholt	64.2833	20.4000	Na-HCO ₃
04-033	Haukadalur	64.3333	20.2833	Na-Cl
05-028	Stokkseyri	63.8333	21.0500	Na-Cl

Reykjanes

auðkenni	staður	hnit N	hnit V	tegund
03-093	HSK-100 (OS 158)	63.8167	22.4500	Na-Cl
05-039	Lambagjá	63.8167	22.5333	Na-Cl
04-052	Staður, Sýrfellshraun, SY-03	63.8333	22.6500	Na-Cl
04-053	Staður, Sýrfellshraun, SY-02	63.8333	22.6500	Na-Cl
03-091	Gjá í Lágum(OS 153)	63.9000	22.4500	Na-Cl
03-092	HA-02 Hafnir(OS 156)	63.9167	22.6667	Na-Cl
03-090	Vogar, Vatnsltr.(OS 152)	63.9667	22.3667	Na-Cl
05-038	Vogar VH-06	63.9667	22.3667	Na-Cl
05-036	Minni Vatnsleysa MV-05	64.0000	22.2167	Na-Cl
05-037	Kálfstjörn	64.0000	22.2833	Na-Cl

V3. GIS kort

