



ORKUSTOFNUN

**Vatnasvið Þingvallavatns. Rannsóknáfangi
1996**

**Freysteinn Sigurðsson,
Guttormur Sigurbjarnarson**

Greinargerð FS-GS-97-02

24.02.1997.

VATNASVIÐ ÞINGVALLAVATNS Rannsóknáfangi 1996

Viðfangsefni og rannsóknir:

Rannsóknir þær, er hér greinir frá, eru framhald rannsókna á árinu 1995 (sjá greinargerð Orkustofnunar FS/GS-95/11) og hafa að markmiði að *skýra mörk grunnvatnssviðs Þingvallavatns, skiftingu þess í undirsvæði og grunnvatnsstrauma á svæðinu*. Rannsóknir þessar eru unnar á vegum Landsvirkjunar en í umsjá Orkustofnunar og fara þær fram í áföngum, eitt ár í senn, svo að miða megi framhald þeirra hverju sinni af fengnum niðurstöðum. Þessi háttur á rannsóknum er að öðru jöfnu bæði verk- og kostnaðarsparandi og tryggir bestan árangur með minnstri fyrirhöfn. Að rannsóknunum unnu jarðfræðingarnir Freysteinn Sigurðsson, á Orkustofnun, og Guttormur Sigbjarnarson, fyrrum starfsmaður Orkustofnunar.

Að þessu sinni (1996) lutu rannsóknirnar að *vatnajarðfræði fjallanna milli Þingvallasveitar og Laugardals og Biskupstungna og að efnasamsetningu aðalkvísla Brúarár og linda í vatnsborði Þingvallavatns*. Varða fyrri þættirnir einkum austurmörk vatnasviðs Þingvallavatns, en efnasamsetning lindavatns við Þingvallavatn þó einkum skiftingu vatnasviðsins. Sumarið 1996 voru einnig boraðar 3 rannsóknarholur á vatnasviðinu og mæld hæð grunnvatnsborðs í þeim. Umsjón með borun hafði Guttormur Sigbjarnarson, en Umsjón með vatnsborðsmælingum og síritun þeirra Hannes Haraldsson á Landsvirkjun. Er greint frá niðurstöðum borana og grunnvatnsmælingum í sérstakri greinargerð (Guttormur Sigbjarnarson 1996) og vísast til hennar um frekari upplýsingar. Hér er aðeins dregið á þær helstu niðurstöður úr borunum og vatnsborðsmælingum, sem mestu varða framangreind viðfangsefni.

Umfjöllunin hér á eftir skiftist í eftirtalda kafla:

- Rannsóknarboranir: Jarðfræði og grunnvatnsborð.
- Efnagreiningar: Brúará og Þingvallavatn.
- Vatnajarðfræði og höggunarhugmyndir.
- Bráðabirgðarendurskoðun á hugmyndum um vatnasviðið.
- Ný þekkingarstaða og framhald rannsókna.

Rannsóknarboranir: Jarðfræði og grunnvatnsborð:

Boraðar voru þrjár rannsóknarholur: Ein í hraunasundinu milli Gatfells og Söðulhóla, önnur við línuveg norðaustan við Skjaldbreið og sú þriðja sunnan við Hlöðuvelli. Sú fyrsta er í um 299 m hæð y.s. og virðist hún vera boruð í samfelld dyngjuhraun niður á um 150 m dýpi. Grunnvatnsborð var haustið 1996 um 176 m y.s. Borholan við Skjaldbreið er um 474 m y.s. Í holunni virðist hraunlagið á yfirborði vera þunnt (um 10 m) en neðan þess virðast vera grágrýtislög (dyngjuhraun) niður á um 75 m dýpi en þar fyrir neðan þróaðri ólívín-þóleíft lög. Grunnvatnsborð í henni var haustið 1996 um 402 m y.s. Holan við Hlöðuvelli er um 445 m y.s. og er efst í henni þunnt grágrýtislag en síðan tekur við móberg, efst bólstraberg en hlutur túffs eykst með dýpi. einkum bólstraberg. Grunnvatnsborð í henni var haustið 1996 um 421 m y.s. Sveiflur hafa verið

nokkrar á grunnvatnsborði í öllum holunum og er því enn hæpið að draga miklar ályktanir af hæðarlegu þess.

Þó er ljóst, að þessar nýju upplýsingar um grunnvatnsborð eru í góðu samræmi við fyrri upplýsingar um legu grunnvatnsborðs á svæðinu og þær hugmyndir, sem settar hafa verið fram um það (Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1995). Þær renna stöðum undir þá hugmynd, að grunnvatnshryggur liggi inn Laugardalsfjöll vestan Laugardals og inn um Hlöðufell og austanverð Skersli.

Hiti vatnsins var mældur og var 2,3 - 2,4 °C í holunni við Gatfell, um 1,8 °C í holunni við Skjaldbreið og 1,9 - 2,0 °C í holunni við Hlöðuvelli. Til samanburðar skal bent á, að lindir á vatnasviðum Tungnaár og Skaftár eru margar 4 - 5 °C heitar, og liggja þó margar hærra í landinu, í 400 - 600 m hæð y.s. Svipaður hiti er á lindavatni í ámóta landhæð víða í Ódáðahrauni og norðan Hofsjökuls er lindavatnshiti í um 800 m hæð y.s. um 3 °C. Vatnshitinn í borholunum á vatnasviði Þingvallavatns virðist því vera óeðlilega lágur, e.t.v. svo nemur um 2 °C. Svipaður hiti er þó í lindum á Mælifellssandi (í um og yfir 500 m hæð y.s., hiti um og innan við 2 °C), en þar er nokkuð öruggt, að vatnið er af jökulum ("glasfál") uppruna (Freysteinn Sigurðson 1991). Lindir í Laugardal (í 100 - 200 m y.s. hæð) eru margar 3½ - 4 °C heitar (Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988) en upptakakvíslar Brúarár undan Lambahrauni (í 150 - 200 m hæð y.s.) og lindir í vatnsborði við norðurströnd Þingvallavatns (í um 100 m y.s. hæð) eru aðeins 2½ - 3 °C heitar (eða kaldar), samkvæmt athugunum haustið 1996 og fyrri athugunum (Jón Ólafsson 1992), eða 1 - 2 °C lægri, miðað við landhæð. Vatnshitinn bendir því sterklega til tvenns: Hlutdeild jökulbráðar- og snjóleysingavatns er mikil í vatnsmegini Þingvallavatns og Brúarár, hitnun grunnvatns er lítil, þrátt fyrir að það fari líklega nokkuð djúpt í jörðu. Gæti það bent til frekar lítils varmastreymis á vestara gosbeltinu, svokallaða.

Efnagreiningar: Brúará og Þingvallavatn:

Grunnvatnsstaða var lág um land allt sumarið 1996 og lindarennslí víða með minna móti, enda var sumarið úrkomusnautt. Kringum höfuðdag skifti um, eins og þjóðveðurfræðin kveður á, og var síðan hlýtt og vætusamt á Suðvesturlandi fram í októberlok. Þá lagðist í frost og landnorðangjólú og stóð svo meira eða minna fram í desember. Nóvember var talinn vera sá kaldasti frá upphafi mælinga í Reykjavík. Haustveðurfar þetta var til nokkurs trafala við sýnatöku, því að ekki er æskilegt að taka sýni úr lindum í vatnavöxtum og ótrufluð sýnataka við Þingvallavatn verður að fara fram í kyrru veðri. Sýni voru tekin úr upptakakvíslum Brúarár úr Lambahrauni 24.10.1996, en einnig voru tekin þá sýni úr lindám í Haukadal og úr Brúará. Merkjanlegur vöxtur var í Brúará eftir undangengnar rigningar. Sýni við Þingvallavatn voru tekin 06.11.1996 og úr Sogi og við Steingrímsstöð 25.11.1996. Þá var einnig tekið sýni úr Vellankötlu til samanburðar við fyrra sýni. Munur á klóríð- og sulfatstyrk var nauðalítill (klóríð 4,85/4,92 ppm, sulfat 1,36/1,38 ppm).

Brúará:

Efnainnihald (klóríð og sulfat) í upptakakvíslum Brúarár er hér á eftir borið saman við efnainnihald í nálægum vötnum. Er þau hópuð saman eftir vatnajarðfræðilegri legu sinni, en hún hefur einnig áhrif á vatnsmegin og vatnshiti. Upplýsingar um þá þætti byggja á mælingum og mati samfara sýnatöku 1996 og eldri athugunum (Árni Hjartarson og Þóroddur Þóroddsson 1981, Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988). Er fyrst yfirlit um þessa þætti, vatnsmagn og vatnshita, eftir svæðum (tafla 1).

Tafla 1:

Haukadalur - Brúará - Laugardalur
Vatnsmegin og vatnshiti:

Svæði:	Vatnsmegin (m ³ á sek.):	Vatnshiti (° C):
Fljótsbotnar, Grjótár	17 - 18	2,8 - 3,6
Haukadalur	>9	um 4
Bjarnarfell, Brúntjörn	>1	4½ - 6½
Vallár	1 - 2	3,2 - 3,6
Hrúta, Kálfár	>16	2,2 - 2,6
Brúará við Efstadal	um 40 (meðaltal)	-
Laugardalur, austan	3 - 4	3,4 - 4,0
Laugardalur, vestan	>9	3½ - 4

Vatnshitinn er lægstur á vatnsmestu svæðunum, enda er þar helst von, að vatnið sé langt að runnið, innan frá jöklum. Hæstur er hitinn í lindum í kringum Bjarnarfell, enda mun það vatn vera skammt að runnið og þó mest af fjallinu sjálfu. Vatnsmegin þeirra er því líka lítið í samræmi við stærð vatnasviðsins, þ.e. samanborið við hið mikla vatn á hinum svæðunum. Svipuð skifting virðist koma fram í efnainnihaldi vatnsins, en þá er miðað við klóríð- og sulfatstyrk í því (Tafla 2). Tilgreindur er einnig styrkur sulfats, leiðréttur fyrir styrk klóríðs.

Tafla 2:

Haukadalur - Brúará - Laugardalur:
Efnagreiningar: Klóríð - sulfat:

Sýnatökustaður:	Klóríð (ppm):	Sulfat (ppm) - leiðrétt:
Fljótsbotnar, SPS,FS 1984	3,5	1,1 - 0,6
Sprænur, SPS,FS 1984	3,7	1,1 - 0,6
Almenningsá, FS,GS 1996	3,9	1,2 - 0,8
Beiná, FS,GS 1996	4,1	1,4 - 0,9
Helludalur, SPS,FS 1984	4,6	1,2 - 0,7
Fossgil við Austurhlíð, MÓ 1987	5,6	2,5 - 1,8
Dalsmynni, úrkoma 1975-76, OS	4,6	2,8 - 2,2
Brúntjörn, SPS 1984	5,2	1,9 - 1,2
Vallá, fremri, FS,GS 1996	4,8	1,5 - 0,9
Vallá, lindir, SPS 1984	4,7	1,4 - 0,8
Vallá, innri, FS,GS 1996	4,1	1,3 - 0,8
Hrúta, FS,GS 1996	3,9	1,2 - 0,7
Kálfá, fremri, FS,GS 1996	3,6	1,6 - 1,1
Kálfá, innri, FS 1987	3,8	2,3 - 1,8
Brúará við Efstadal, FS 1995	4,6	1,8 - 1,2
Brúará við Efstadal, FS,GS 1996	4,8	2,1 - 1,5
Ljósár, FS,ÁH 1987	4,2	1,5 - 1,0
Skillandsá, FS 1995	4,5	1,4 - 0,8
Djúpá, FS 1995	5,6	1,6 - 0,9
Sogin, FS 1995	4,8	1,5 - 0,9
Djúpakvísl, FS 1995	5,1	1,7 - 1,0
Grafará, FS 1995	6,3	1,6 - 0,8
Apá, FS 1995	7,2	1,7 - 0,8

Alls eru hér tilgreindar um 20 greiningar en af þeim eru 7 frá haustinu 1996. Sýnatakendur eru einkenndir með skammstöfunum: ÁH: Árni Hjartarson, FS: Freysteinn Sigurðsson, GS: Guttormur Sigbjarnarson, MÓ: Magnús Ólafsson, SPS: Snorri Páll Snorrason. Allar greiningarnar voru gerðar á Jarðefnastofu Orkustofnunar.

Klóríðstyrkur er minnstur í vatnsmiklu uppkomunum innan (austan) við Haukadal, innan við 4 ppm (mg/l), en sulfat er þar líka lítið (0,6 - 0,7 ppm). Hvorutveggja eykst út fyrir Bjarnarfell, en þó er á að líta, að sulfat var stundum óvenjumikið í austanátt (frá Geysi) í úrkomunni í Dalsmynni (Freysteinn Sigurðsson 1991) og hækkar það meðaltalið þar. Klóríð minnkar svo aftur í þverám Brúarár, upp með ánni. Minnst hefur það greinst í Kálfá fremri, þó litlu muni, en ekki er enn vitað, hversu stöðugt efnainnihaldið er í ánum milli árstíða og ára. Litlu munar á klóríðstyrk í Kálfá innri, en þó er hann meiri, það sem er. Meiru munar þar á leiðréttum sulfatstyrk. Hafa verður þann fyrirvara, að sýni úr Kálfá innri var tekið nærri áratugi fyrr en hin sýnin. Hann er merkjanlega hærri í þverám Brúarár en innan við Haukadal. Gæti það bent til lengri farar í bergi, og þá líklega helst í hraunum eða móbergi.

Samkvæmt þeirri túlkun, að lítið efnainnihald, ekki síst í klóríði, geti verið ábending um jökulán (glasíal) uppruna, þá sækja vatnsmiklu lindirnar í og innan við Haukadal (a.m.k. 25 - 30 m³/s) og þverár Brúarár hinar innri (líklega vel yfir 20 m³/s) vatn inn á jökul. Lágur vatnshiti í þessum lindavötnum bendir til hins sama, en vatnsmegin þeirra er svo mikið, að þau verða líklega að hafa vatnasvið inn á jökul, þrátt fyrir að úrkoma er sennilega mikil á aðrennslissvæði árinna, en hún er raunar ekki vel þekkt. Eitthvað er um sprungur í eldra bergi við Brúará á þessum slóðum og getur raunar verið, að eitthvað af upptakalindum Hrútár og lindir niðri í Hrúthaga við Brúará séu tengdar þeim að einhverju leyti. Sprungur þessar hafa svipaða stefnu og fjöllin (Högnhöfði o.fl.) og fleyta því ekki vatni undir fjöllin eða í gegnum rætur þeirra. Annars virðast hraunin (Lambahraun) fleyta mestu vatni fram til þveráa Brúarár. Jökulvatnið virðist vera mest í Kálfá fremri og e.t.v. Hrútá, sem gæti bent til þess, að vatnið rynni að verulegu leyti a.m.k. samsíða Högnhöfða, en ekki undir hann. Er það í samræmi við þá hugmynd, að jökulvatnið, og úrkoma á Lambahraun, renni að miklu leyti fram í fornum farvegi Brúarár, um gljúfur innan við Kálfstind (Freysteinn Sigurðsson, Guttormur Sigbjarnarson 1996).

Sé þetta rétt, þá er "útfall" vatnasvæðisins bak við byggðafjöllin austan við Kálfstind en ekki um Brúarárskörð, þar sem Brúará kemur sjálf fram. Lindavatn undan Brúarárskörðum er líklega ekki nema nærri 5 m³/s og er það lítið á móti vatni þveránna austan að, um eða yfir 20 m³/s. Segja þessi hlutföll í vatnsmegini raunar sína sögu. Því fylgir væntanlega, að vesturmörk vatnasviðs Þingvallavatns gætu legið til muna austar en væri "útfallið" um Brúarárskörð. Miðað við þetta og vatnajarðfræðilega gerð svæðisins virðist því vera líklegt, að mörkin séu í móbergssfjallabálkinum um Hlöðufell og milli norðurs og norðausturs þaðan, þ.e. um austanverð Skerslí. Nánar verður vart á þau kveðið uppi undir og undir jökli, fyrr en íssjarkort liggur fyrir af landinu undir jöklinum. Austurmörk vatnasviðs Brúarár eru í sjálfu sér ekki viðfangsefni þessara rannsókna, þó að ekki muni aðrar rannsóknir vera meira upplýsandi um þau, enn þá. Rétt er samt að benda á tvö atriði þessarar aukaafurðar rannsóknanna: Leka mun suðvestur úr Hagavatni til Brúarár og Haukadalssvæðið hefur líklega aðrennslissvæði frá Hagavatni og langleiðina austur undir Grjótá við Bláfell og inn undir jökul.

Þingvallavatn:

Við Þingvallavatn voru tekin 11 sýni og efnagreind (klóríð, sulfat). Með eldri greiningum liggja þá fyrir um 20 sýni, en auk þess voru á sínum tíma tekin sýni úti á vatninu á mismunandi dýpi (Jón Ólafsson 1992). Sýnilegt útrennsli í vatnið við ströndina er mismikið eftir vatnsborðsstöðu í vatninu, en ljóst er þó, að þar sést aðeins lítill hluti alls þess grunnvatns, sem rennur í vatnið frá norðri og austri. Úppstíflun við útfall og sig á svæðinu valda því, að hraunstálið í hraunun-

um innan við vatnið nær nú niður á nokkurt dýpi, a.m.k. einhverja metra. Hraunstál þetta er til muna minna lekt en gjall-, brotabergs- og bólstrabergslögin við botn hraunsins, en þau ná út á talsvert dýpi í vatninu (Kjartan Thors 1992, Kristján Sæmundsson 1992), líklega allt að nokkrum tugum metra. Rennsli er til muna greiðara í þessum botnlögum og því von til, að í þeim renni fram miklu meira vatn en í hraunstálinu. Enn auka sprungurnar á lekt og þar með á rennsli út í vatnið. Þær eru sumar opnar við ströndina og er þar víða sýnilegt útrennsli. Sprungurnar ná einnig langt út í vatnið og má búast við því, að verulegt vatn komi þar upp úr þeim, en þær virðast víða vera eins konar lokaðir veitar ("confined aquifers"), enda sjálfar meira eða minna lokaðar á leið sinni, andstætt því sem ýmsir halda.

Rennsli grunnvatns til vatnsins er því einkum með þrennu móti: Í lítið leku hraunstálinu við vatnsborð, í vel lekum botnlögum hraunanna og í sprungum, sem eru opnar á köflum, ofan vatns og neðan. Sprungurnar ná dýpst í jörð niður og eru meira eða minna lokaðir veitar, aðskildir að einhverju marki frá grunnvatninu í hrauninum. Grunnvatnið í þeim þarf því ekki að vera af sama uppruna og vatnið í hrauninum, þó að blöndun að vissu marki eigi sér trúlega stað. Leku botnlögin eru á vissan hátt hálflokaðir veitar, undir miður leku hraunstálinu. Svo lítil er lektin þó ekki í hraunstálinu, sem er víða brotið upp af sprungum að auki, að samgangur sé ekki greiður milli grunnvatnsins í því og í botnlögum. Þó er líklegt, að staðbundinn úrkomu gæti eitthvað meira í grunnvatni í hraunstálinu og þar með í sumum lindum við vatnsborðið. Miðað við vatnsmegin grunnvatnsstraumsins í heild og líklega úrkomu næst vatninu er þó líklegt, að þessi áhrif séu ekki mikil. Í þessu ljósi verður að skoða efnagreiningar á sýnum, sem tekin eru við ströndina (tafla 3).

Tafla 3:

*Þingvallavatn:
Efnagreiningar:*

Sýnataka:	Klóríð (ppm):	Súlfat (ppm) - leiðrétt:
Kaldárhöfði, FS 1995	5,8	1,6 - 0,8
Lindir við Sog, FS,GS 1996	5,7	1,7 - 1,0
Hallvík, FS,GS 1996	5,2	1,6 - 1,0
Davíðsgjá, FS,GS 1996	4,9	1,4 - 0,8
Vellankatla, JÓ 1992	4,9	1,4 - 0,8
Vellankatla 1, FS,GS 1996	4,8	1,4 - 0,8
Vellankatla 2, FS,GS 1996	4,9	1,4 - 0,8
Vatnsvík V, FS,GS 1996	5,5	1,5 - 0,8
Háagjá, FS,GS 1996	5,4	1,6 - 0,9
Fjósagjá, FS,GS 1996	6,3	1,7 - 0,9
Silfra, FS,GS 1996	5,8	1,6 - 0,9
Flosagjá, JÓ 1992	6,5	2,3 - 1,5
Leiran, FS 1995	6,4	1,6 - 0,8
Öxará, JÓ 1992	7,6	1,8 - 0,8
Heiðarbær-Skálabrekka, JÓ 1992	8,0	2,4 - 1,4
Villingavatnsá, JÓ 1992	7,1	2,1 - 0,9
Sog, JÓ 1992	6,45	-
Sog við útfall, FS,GS 1996	6,3	2,1 - 1,3
Steingrímsstöð, útfall, FS,GS 1996	6,3	2,1 - 1,3

Tilgreind atriði og sýnatakendur eru þeir sömu og getið er fyrir Brúará hér að framan, en að auki JÓ: Efnagreiningar frá Jóni Ólafssyni (1992). Sýnið Vellankatla 1 var tekið 06.11.1996 en

sýnið Vellankatla 2 var tekið 25.11.1996.

Klóríðstyrkurinn er minnstur við norðausturhorn Þingvallavatns, rétt innan við 5 ppm (mg/l). Þessi styrkur er þó talsvert meiri en í jökulræna vatninu austan Haukadals og í þverám Brúarár (3½ - 4 ppm). Þetta getur haft a.m.k. þrennar orsakir:

- Meiri klóríðstyrkur í úrkomu á vestanverðum Langjökli en austanverðum.
- Meiri klóríðstyrkur í úrkomunni frá jökli til linda.
- Lægra hlutfall jökulvatns í vatninu við Þingvallavatn.

Leiddar hafa verið líkur að því, að klóríðstyrkur í jökulvatni á vatnasviði Brúarár sé um 3 ppm en um 4 ppm í jökulvatni á vatnasviði Þingvallavatns (Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1995). Líklegt er einnig, að klóríðstyrkur sé minni á vatnasviði Brúarár utan jökuls (líklega 4 - 6 ppm) en á vatnasviði Þingvallavatns (líklega 4 - 8 ppm). Munurinn er þó minni, ef litið er einkum til austan- og innanverðs vatnasviðs Þingvallavatns, en þaðan er helst að vænta vatns til norðaustanverðs vatnsins. Miðað við þessi gildi og líklega dreifingu klóríðstyrks á vatnasviðunum er líklegt, að í Fljótsbotnum sé jökulvatnið um helmingur vatnsins, eða rúmlega það, í þverám Brúarár um eða innan við helmingur og í norðausturhluta Þingvallavatns (Vatnsvík) um eða innan við helmingur.

Sýni hafa ekki verið tekin úr neðanvatnssuppsprettum úti í Þingvallavatni. Sýni úr vatnsbolnum geta orðið fyrir áhrifum af straumum og lagskiftingu í vatninu, enda er dreifing töluverð á greindum gildum í sýnum þaðan (Jón Ólafsson 1992). Þó er ljóst, að í norðausturhorninu er klóríðstyrkur að jafnaði minni (líklega um eða undir 6,0 ppm) en í vesturhluta vatnsins (líklega 6,3 - 6,7 ppm), en það er þó erfitt að meta vegna óstöðugleika vatnsins.

Þó má setja hér upp grófan reikning: Miðað er við 100 m³/s útrennsli og 6,3 ppm klóríð í því. Óvissa er meiri um aðrar stærðir. Vatnasviðið neðan Ármannsfells er nærri 300 km² og úrkoma á því svæði gæti verið nærri 2.000 mm/ári (nokkru meiri en á mælistöðvum, m.a. vegna landhæðar og landslegu mælistöðva) og meðalstyrkur klóríðs í úrkomu um 7,5 ppm. Þá væri meðalstyrkur grunnvatnsins innan að um 6,0 ppm. Miðað við 7 - 7,5 ppm klóríðstyrk í vatni á vesturhluta svæðisins innan við Ármannsfell, en 4,5 - 5 ppm á austurhlutanum, þá koma 40 - 60 % af grunnvatninu í hlut hvors svæðis, eftir því hvaða gildi eru valin. Óvissa er veruleg í þessum tölum og því talsvert svigrúm fyrir reikninga, sem gætu gefið nokkuð aðrar niðurstöður.

Athygli vekur líftill klóríðstyrkur á svæðinu frá Vatnsvíki og vestur í Háugjá (það þyrfti þó að kanna betur), en þar virðist klóríðstyrkurinn vera 5,5 ppm og aðeins 5,8 ppm í Silfru. Styrkurinn er greinilega meiri vestar og ofar á vestursvæðinu (6,3 - 6,5 ppm). Gæti þar a.m.k. tvennt komið til: Staðbundin íblöndun af vatni vestan að (klóríð e.t.v. 7 - 8 ppm) eða flæði vatns úr austari sprunguskaranum inn í og vestur eftir hraununum á vestari hlutanum, e.t.v. vegna opnari sprungna á þeim hluta og stærra berghlotts ("bergskrokks") af lekum undirlögum hraunsins á vesturhlutanum. Ylli það minni klóríðstyrk við strönd vatnsins vestur eftir. Virðist þessi síðari skýring raunar vera sennilegri, miðað við núverandi gagnasafn.

Leiðréttur sulfatstyrkur er yfirleitt líftill (innan við 1 ppm). Er það svipað og er í jökulvatnsríku grunnvatni á hálendinu (Freysteinn Sigurðsson 1991), en til muna minna en í grunnvatni á austara gosbeltinu (sama heimild) og á sprungusvæðinu á Hofsafrétt og Eyvindarstaðaheidi (Freysteinn Sigurðsson 1996). Hefur þó grunnvatn það, er til Þingvallavatns fellur, runnið langar leiðir um hraun og ungt móberg, eða farið djúpt niður í sprungukerfum. Vekur þetta grun, ásamt óeðlilega lágum vatnshita, að aðstæður séu talsvert aðrar að þessu leyti á Langjökulsgosbeltinu en á því austara.

Viðbætur við sýnatöku og efnagreiningar 1996 benda þá til eftirfarandi:

1. Vatnaskilin milli Þingvallavatns og Brúarár liggja líklega heldur austar en haldið var á svæðinu kringum Hlöðufell og Hlöðuvelli.
2. Hlutfall jökulvatns í Fljótsbotnum er líklega um helmingur, en um eða innan við helmingur í þverám Brúarár og í grunnvatni norðan í Þingvallavatn.
3. Sprunguskararnir tveir (Almannagjár- og Hrafnagjárskararnir) veita hvor um sig líklega 40 - 60 % grunnvatnsins innan að til Þingvallavatns.
4. Neðan Ármannsfells rennur líklega vatn í sprunguristum og uppbrotum botnlögum hraunanna frá eystri sprunguskaranum til þess vestari.
5. Mikill meirihluti grunnvatnsins til Þingvallavatns kemur úr vel lekum botnlögum hraunanna úti í vatninu og úr meira eða minna lokuðum sprunguveitum, einnig neðan vatnsborðs.

Vatnajarðfræði og höggunarhugmyndir:

Farin var skoðunarferð 25. og 26. september og var þá einkum hugað að vatnajarðfræðilegum aðstæðum á "Austurfjöllunum" (þ.e. fjöllunum austan við Þingvallalægðina, sjá Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1995), en einnig lítillega að Laugardalsfjöllunum og svæðinu kringum Hlöðufell. Við þessa skyndiskoðun fundust að vísu ekki miklar né órækar sannanir fyrir einu eða öðru, enda útheimtir það að öðru jöfnu mun meiri yfirferð og nákvæmari skoðun. Hins vegar styrktust mjög vissar hugmyndir við þessa skoðun. Lúta þær einkum að jarðgerð Austurfjallanna og Laugardalsfjallanna. Strjálur en athyglisverðar athuganir voru einnig gerðar á sprunguhöggun á téðu svæði. Loks skal getið hugmyndað um höggula gerð svæðisins, sem upp kom við þessar athuganir, en ekki hefur verið enn lögð vinna í að fylgja eftir.

Lekt Austurfjallanna og Laugardalsfjalla:

Svo er að sjá, sem "*Austurfjöllin*", frá Þingvallalægðinni og austur undir Hrossadalsbrún, séu fremur einföld í sniðum. Móbergshryggir liggja þar nærri 30 - 35 °A og eru iðulega samfelldir 5 - 10 km leið. Þeir eru oft lítið eitt skaraðir hver gagnvart öðrum. Hæstu, og væntanlega yngstu, hryggirnir hnappast saman á tveimur knippum eða hryggjaskörum: Tindaskagi með Hrafnabjörgum, sem er stapi, er vestar, en Kálfstindar, Skefilsfjall, Klukkutindar og Skriðutindar með Skriðu, sem líka er stapi, eru austar. Milli þessarra hryggjaraða er landið þakið nútímahraunum frá eldstöðvum (gíguröðum) á því svæði sjálfu, en upp úr því og út undan hryggjunum gægjast smáfell og móbergshæðir, sem virðast vera kollarnir á lægri, og líklega eldri, móbergshryggjum, sem nú eru grafnir í hraun og grágrýti. Austan eystri hryggjaraðarinnar ber mikið á grágrýtisþekjum á fjöllunum. Virðast þær að miklu eða mestu leyti eiga uppruna sinn í misgömlum grágrýtisdýngjum á Laugardalsfjöllum. Miðað við áferð þekjanna og afstöðu líklegra gosstöðva virðast þessar dýngjur að öðru jöfnu vera því yngri sem þær liggja vestar. Vel má þó vera, að þær séu sumar eldri en yngstu móbergshryggirnir og hafi grágrýti frá þeim runnið m.a. vestur af. Er líklegt, að grágrýtið hafi flætt á milli eldri móbergshryggjanna og fyllt uppi í sundin á milli þeirra, svipað og nútíma hraunin hafa gert á milli yngri hryggjanna. Hafa verður fyrirvara á þessari túlkun, því að svæðið er ekki nógu vel kannað.

Sé þessi túlkun nærri lagi, þá er líklega meira móberg í "*Austurfjöllunum*" en virðist við fyrstu sýn. Það er fyrst og fremst í hryggjum, sem valda þá verulegri misleitni í lekt, þannig að grunnvatn rennur mun greiðar í stefnu hryggjanna, og sundanna á milli þeirra, en þvert á þá. Einnig

má þá búast við því, að lektin sé eitthvað minni í lægri og eldri hluta þessa fjallabálks, þó að ekki þurfi það að muna miklu. Líklegt er, að grunnvatnið sé að verulegu leyti á ferð í þessum neðri hluta og nái ekki að marki upp í yngstu móbergshryggina og hraunasundin á milli þeirra. Lekt þessa svæðis gæti því verið minni, misleitni skarpari og vatnaskil vestar, en ætla mætti, þegar litið er einvörðungu til yngstu og mest áberandi jarðmyndananna.

Neðri hluti *Laugardalsfjalla* virðist skera sig í bergsmíð ("strúktúr") og landslagi frá efri hluta fjallanna, en þessi neðri hluti hefur verið talinn nokkuð eldri en efri hlutinn (Kristján Sæmundsson 1992), a.m.k. að hluta til. Þessi aldursafstaða var ekki könnuð nánar þessu sinni, enda væri það töluvert verk. Svo er að sjá sem vatnsmiklar lindir komi ekki úr þessum neðri hluta, nema úr sprungum, en nálægt mörkum efri og neðri hlutanna virðist vera nokkur lindavatnsgangur. Ástæða gæti verið til að athuga þessar uppkomur betur. Efri hluti *Laugardalsfjallanna* virðist ekki vera sérlega vatnsgæfur né lekur, a.m.k. borið saman við fjöllin vestan Hrossadalsbrúnar. Af þessum sökum er líklegt, að grunnvatnshæð nokkur sé undir *Laugardalsfjöllunum*. Skillandsdalur sker sig í lítilli landhæð inn í fjöllin og er líklegt, að hann drægi til sín eitthvað grunnvatn úr fjöllunum og lækki með því grunnvatnsborð við dalinn. Væri þá þess að vænta, að vatnaskil lægju vestar að sama skapi.

Úti undir *Lyngdalsheiðardýngjunni* er berg líklega einnig nokkuð þétt. Raunar má vera, að vatnsmiklu lindirnar vestan við *Laugardal* komi upp á sprungum nærri mörkum lekra myndana í efri hluta heiðarinnar og þéttari myndana í neðri hluta hennar, en það hefur ekki verið kannað nánar. Land er þar að mestu þakið jarðvegi og setlögum og illa opið. Þessi þéttari neðri hluti heiðarinnar héldi þá á móti grunnvatnsrennsli innan að og beindi því um sprunguskara austur og vestur af. Misleitni í lekt (sprungur og móbergshryggir)ræði miklu um það, að grunnvatnið rynni í svona miklum mæli þetta langt út eftir fjöllunum. Lindauppkomur þessar í *Laugardal* draga e.t.v. til sín grunnvatn vestan að og liggja þá vatnaskilin - á nokkru dýpi undir jarðaryfirborði - að sama skapi vestar. Hitt má svo vera, að vatn það, sem niður sígur á og umhverfis *Laugardalsvelli* og *Beitivelli*, sé á ferð sem grunnvatn í lekari og efri hluta heiðarinnar, hvort sem það rennur undir yfirborði austur eða vestur af. Á yfirborði virðist vatnið á völlum renna til vesturs, en halli yfirborði þéttari laga - á dýpi - til austurs, þá gæti *grunnvatnið* runnið þangað. Úr þessu verður vart skorið nema með viðeigandi könnunarborunum.

Athuganir haustið 1996 leiða því auknar líkur að eftirfarandi:

1. Lektin í "*Austurfjöllunum*" sé minni en haldið var og misleitni þar meiri. Hvort tveggja torveldar grunnvatnsrennsli þvert út úr fjöllunum til vesturs og inn í þau að austan. Þetta leiðir væntanlega til meiri hæðar á grunnvatnsborði í fjöllunum, sem gæti haft í för með sér, að vatnaskil lægju vestar í *Laugardalsfjöllum*, en haldið var.
2. Lítil lekt jarðlaga í neðanverðum *Laugardalsfjöllum* og í neðri hluta *Lyngdalsheiðar* valda afstæðri grunnvatnshæð á þeim slóðum og þar með vatnaskilum á hrygg þeirrar hæðar.
3. Skillandsdalur í *Laugardalsfjöllum* og lindauppkomur vestan í *Laugardal* gætu dregið til sín grunnvatn með þeim afleiðingum, að vatnaskilin lægju vestar í fjöllunum og undir *Lyngdalsheiði*, en ella væri.

Allt miðar þetta að því, að vatnaskil sunnan *Hlöðuvalla* liggja líklega heldur vestar en haldið var. Aðrennslissvæði *Pingvallavatns* minnkar þá að sama skapi, einkum sá hluti þess, er afrennsli hefur til vatnsins um austari sprunguskarann í *Pingvallasveit* ofan *Arnarfells*. Hlutdeild hans væri þá að sama skapi minni gagnvart grunnvatnsstraumnum í vestari sprunguskarannum.

Höggunarmynstur og sprunguskarar:

Vesturmörk Þingvallavatnslægðarinnar eru afmörkuð af sprunguskörum. Þeir virðast vera fáeina km á breidd en allt að 20 - 30 km á lengd, skaraðir til vesturs norður eftir og svo þéttstæðir, að þeir tengjast næstum hver við annan. Einn er sunnan úr Hengli og upp í Þingvallasveit, annar frá Þingvallavatni og upp um Bláskógaheiði, a.m.k. til Viðikera (Viðikegra) og Draugabrekku, sá þriðji er frá Brunnum og norður Kaldadal. Enn skortir höggula loftmyndagreiningu á þessari sprunguhöggun og gæti því þessi túlkun átt eftir að breytast. Misgengi eru um sum brotin og sigið til austurs, langmest við Þingvallavatn og upp um Þingvallasveit en ekki áberandi mikið ofan við Ármannsfell. Opnar gjár og sprungur eru á skaranum niðri í Þingvallasveit, mest niður undir vatni, en einnig á Ornavöllum og undir Tröllhálsi ofan við Ármannsfell. Lítið ber á opnum sprungum á Kaldadal, en lindir vella upp úr suðurenda sprunguskarans þar, í Brunnum, Leirárdögum og í upptökum Fossár. Líklegt er, að þetta sprunguskarakerfi veiti vatni til Þingvallavatns í Almannagjárprunguskarinum, allt ofan af Kaldadal.

Minna sprungið svæði er með Þingvallavatni, frá Háugjá til Vatnsvíks. Þar tekur við annar sprunguskari, og ber mest á Hrafnagjá í honum. Sprunguskari þessi nær inn fyrir Gatfell og hverfur þar undir Skjaldbreið, eða þrýtur. Austan hans virðist taka við annar skari, skaraður til austurs og norður, sem talsvert ber á austan við Söðulhóla. Hann virðist einnig hverfa undir dyngjuhraunsskjöld Skjaldbreiðar, en e.t.v. er það sami skarinn, sem sést með opnum sprungum austan við Tjaldafell. Misgengi eru á syðri skaranum og sigið til vesturs. Þetta sprunguskarakerfi veitir líklega vatni til Þingvallavatns allt ofan frá Skerslum og Langjökli.

Austan þessa kerfis virðist vera enn ein sprungurein. Brekkan Drift vestan í Lyngdalsheiði hefur verið talin misgengisstallur og sama er um fleiri stalla vestan á heiðinni. Í framhaldi þessa skara, en þó heldur vestar, eru opnar sprungur vestan Kálfstinda og Hrótafjalla og gæti það allt verið sami sprunguskarinn. Í línulegu framhaldi hans eru opnar og nýhreyfðar sprungur norðan undir Skriðu. Austan Kálfstinda er mikill brotstallur í Hrossadalsbrún og sígið til vesturs. Má rekja svipaðan stall í nærri beina línu norður fyrir Skriðutinda. Vestan við, eða vestan á, þessum sprunguskara eru eldstöðvar þær frá nútíma, sem hellt hafa hraunum ofan í Þingvallavatnslægðina. Í framhaldi af sprunguskara þessum, e.t.v. þó heldur vestan við hann, koma upp lindir í Sogsgljúfri og við Kaldá. Vatnsmegin þeirra er líklega ekki mikið yfir $5 \text{ m}^3/\text{s}$ og er það líklega til muna minna en flatarmál sprunguskarasvæðisins bendir til. Það vatn, sem ekki skilar sér þar, fer þá líklega eina eða fleiri leiðir af þremur: Það flæðir vestur til Þingvallavatnslægðarinnar, það rennur til Þingvallavatns neðan Arnarfells í botnlögum hraunanna þar, það rennur austur í sprunguskarana austan í Lyngdalsheiðinni. Að svo stöddu verður ekki úr þessu skorið, en sýnataka með austurströnd Þingvallavatns gæti varpað ljósi á lausn vandans, þó svo að vatnsmegin lindanna sé lítið. Vatnsmegin lindanna vestan í Laugardal er það mikið (nærri $10 \text{ m}^3/\text{s}$), að þær verða að hafa talsvert stórt vatnasvið. Því er líklegt, að verulegur hluti þessa vatns renni austur af og vatnaskilin liggi að sama skapi vestar.

Þíða verður höggullar greiningar ("tektóniskrar analýsu") til að kveða nánar á um sprungumynstur og sprunguskara svæðisins. Eins og stendur virðast sprunguskarakerfi liggja með vesturmörkum vatnasviðs Þingvallavatns, og hugsanlega líka með austurmörkunum. Þessi kerfi skarast í sundur til norðurs og breikkar vatnasviðið (grunnvatnssviðið) líklega að sama skapi í þá átt. Vera má, að sprungureinin vestan Kálfstinda veiti vatni innan af fjöllunum og til Þingvallavatns sunnan Arnarfells, eða jafnvel austur af Lyngdalsheiði. Vatnaskil Þingvallavatns, ofan Arnarfells, gætu því legið vestan Kálfstinda og næðu ekki saman við vatnasvið Brúarár fyrr en inni á Hlöðuvöllum, eða innst á Miðdalsfjalli. Vatnaskil vatnasviðs lindanna austan í Lyngdalsheiði gætu þá legið inn Laugarvatnsfjall og inn undir Skriðu. Laugardalur - Skillandsdalur gæti haft sérstakt vatnasvið, sem jaðraði við vatnasvið Brúarár í Efstadalsfjalli og Mið-

dalsfjalli. Mörk vatnasviðs Þingvallavatns ofan útfalls um Sog lægju þá líklega um eða vestan undir Kálfstindum, um Skefilsfjall og Skriðu til Hlöðuvalla. Skil þessi eru líklega ekki skörp og gæti grunnvatn runnið til beggja handa af þessu svæði, eða blandast innan þess, svo að mengun á svæðinu gæti borist til beggja handa.

Höggunarhugmynd til athugunar:

Sú hugmynd kom upp við skoðun á rannsóknarsvæðinu, að hið svokallaða "Vestara-Gosbelti" eða "Langjökulsgosbelti" sé ekki endilega venjulegt rekbelti. Fyrir því má telja eftirfarandi ástæður.

1. Frá Þingvallavatni til Langjökuls breiðkar gosbeltið verulega. Þetta er raunar sama fyrirbærið og breidd gosbeltisins á Reykjanesskaga, sem breiðkar til austurs. Til þessa þarf meira en jafnt rek þvert á gosbeltið.
2. Ólívín-þóleift er einkennisberg nútíma hrauna norðan Þingvallavatns. Dyngjur og eldborgir eru einkennandi gosstöðvar, en mikið ber á grágrýtisdýngjum og stöpum í eldri eldfjöllum.
3. Hitastigull er e.t.v. mjög lágur á þessu gosbelti, a.m.k. borið saman við ýmis önnur gosbelti, en þetta lýsir sér m.a. í hita grunnvatns.
4. Kolefnisuppstreymi af kvikurænum ("magmatiskum") toga er e.t.v. verulegt á gosbeltinu (Árný Erla Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992), en það er e.t.v. einkenni á þverbeltum (Snæfellsnesi) og ýmsum öðrum gossvæðum, sem frábrugðin eru hreinum rekbeltum.
5. Sigform Þingvallavatnslægðarinnar er ósammælt ("assymmetriskt"). Sigið virðist vera mest syðst á gosbeltinu við vesturmörkin. Þannig virðist vera láréttur snúningur á svæðinu.
6. Skörun sprunguskara beggja vegna á svæðinu líkist því, að land færist til norðurs beggja vegna við gosbeltið.

Fleira mætti til tína, en ekki hefur verið lögð vinna í að fylgja þessari hugmynd nánar eftir, svo að það verður að bíða síns tíma.

Sú skýring hefur komið fram í kjölfarið, að flekarnir beggja vegna beltisins snúist, sá vestan megin rangsælis, en sá austan megin réttisælis. Svona snúningur á vesturfleknum væri í samræmi við breikkun gosbeltisins á Reykjanesskaga til austurs, skörun og stefnubreytingu á gosreinum á Snæfellsnesi út eftir skaganum, sérkennilega sprunguhöggun (stefnur) í og norðan Borgarfjarðardala og (hugsanlega) jarðskjálftaóróa umhverfis Geitlandsjökul. Snúningur austurflekans (norðan skjálftabeltisins á Suðurlandi) er í samræmi við legu höggulla fyrirbrigða af misháum stigum hvers til annars á því svæði (miðás Reykjanesgosbeltisins og a.m.k. vestanverðs skjálftabeltisins: VSV-ASA, skjálftasprungureinar: S-N, sprungur á sprungureinunum: SSV-NNA). Sprunguskaraskörun á jöðrum gosbeltisins væri einnig í samræmi við svona snúninga, eins og fyrr segir. Snúningar þessir gætu valdið samþjöppun á suðurhornum flekanna næst gosbeltinu, og þar með e.t.v. minni gosvirkni (Kristján Sæmundsson 1992). Sú fyrirstaða (ef hún þá verður) gæti valdið í senn gliðnunarhreyfingu og undirtroðslu efnis næst hornunum, sem ylli þá e.t.v. aukinni gosvirkni og ljósgrýtismyndun (þ.e. megineldstöðvum). Þar sem snúningar þessir eru ekki sammældir á báðum flekum (sem sjá má af stefnu og legu Reykjanesgosbeltisins og Langjökulsgosbeltisins), þá getur það hæglega valdið ósammálinu ("assymetría") í sikhöggun Þingvallavatnslægðarinnar, og þá einmitt á þann hátt sem raun ber vitni.

Þessi hugmynd er hér sett fram til athugunar, en ekki sem óhrekjanlegur sannleikur. Til þess þarf að leggja miklu meiri vinnu í að skoða rök og ábendingar með eða móti, svo að vega megi og meta, hvað sannast skuli hafa. Hinu er ekki að leyna, að hún skýrir margt, sem ekki er nú á ljósu.

Bráðabirgðaendurskoðun á vatnasviðinu:

Þessi rannsóknaráfangi hefur ekki valdið neinni gjörbyltingu á hugmyndum um vatnasvið Þingvallavatns, enda vart við því að búast. Hins vegar hafa þessar hugmyndir nokkuð skýrst. Lýtur það einkum að tvennu, eins og til stóð: Austurmörkum vatnasviðsins og skiftingu grunnvatnsstraumanna. Lítið til vatnasviðs þess, er veldur innrennsli grunnvatns í Þingvallavatn ofan Arnarfells, þá er eftirfarandi líklegt:

1. Þverár Brúarár að austan hafi aðrennsli eftir fornum farvegi Brúarár um skarð austan Kálfstinds. Þangað safnist grunnvatn undan Langjökli og úr hraunum fylltum dal undir Lambahrauni.
2. Austurmörk vatnasviðs Þingvallavatns ofan Arnarfells liggja nær Hrafnabjörgum en Kálfstindum, inn um Skefilsfjall og Skriðu til Hlöðuvalla og Hlöðufells, en þaðan upp til austurhalla Skersla.
3. Austan þessarar vatnaskila liggja vatnasvið inn undir Skriðu, sem vatn rennur af til suðvesturs, uns það klofnar um Lyngdalsheiði. Dreifist einn hluti grunnvatnsins til austurstrandar Þingvallavatns, annar hluti fylgir sprunguskara um Drift og Nautabrekkur niður til Sogs og Kaldár, en þriðji hlutinn fari um lekt berg og skaraða og þéttstæða sprunguskara til Laugardals.
4. Austurmörk vatnasviðs Þingvallavatns ofan útfalls um Sog liggja því heldur vestar en haldið var í "Austurfjöllunum" neðan Hlöðuvalla en heldur austar en haldið var ofan þeirra.
5. Tveir megingrunnvatnsstraumar falla til norðurstrandar Þingvallavatns og er nokkur munur á efnainnihaldi vatnsins í þeim. Þeir leggjast einkum í sprunguskara við NV- og NA-horn vatnsins, sem kenna má við Almannagjá og Hrafnagjá.
6. Þessir sprunguskarar draga vatn hvað greiðast til sín eftir sköruðum sprungukerfaskörum, sem virðast leita sundur ("divergera") til norðurs og liggja nærri vestur- og austurmörkum vatnasviðsins. Skerpir það væntanlega muninn á efnainnihaldi vatnsins í þessum tveimur meginstraumum.
7. Greindur klóríðstyrkur í grunnvatni á vatnasviði Þingvallavatns bendir til þess, að hvor meginstraumurinn fyrir sig gæti lagt til 40 - 60 % vatnsmegins innrennslis í norðanvert vatnið. Ekki er enn ljóst hvor muni vera öflugri.

Enn vantar upplýsingar um landslag undir Langjökli, en það varpar ljósi á jarðgerð þess lands, líkleg vatnaskil og líklega grunnvatnsstrauma undan jöklinum. Vonir standa til, að úr því rætist á þessu ári (1997) og verður þá hægt að afmarka vatnaskil og grunnvatnsstrauma enn betur og nákvæmar.

Ný þekkingarstaða og framhald rannsókna:

Eins og fram kemur hér að framan, þá hafa vissir drættir skýrst, hvað varðar vatnasvið Þingvallavatns, þó að meginrættir í hugmyndum um það hafi lítið breyst frá fyrra ári (Freysteinn

Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1995). Er ekki talin ástæða til mikilla frekari rannsóknna að sinni, fyrr en íssjárkort af Langjökli liggur fyrir. Eftirtalin atriði þurfa þó ekki að bíða þess tíma:

1. Höggul greining, sprungukortlagning, af vatnasviðinu á grundvelli loftmynda.
2. Sýnataka og efnagreining úr innrennsli við austurströnd Þingvallavatns og þétting á sýnatöku við norðurströnd þess.
3. Könnun á afbræðslu íss og lindavatnshita við Þingvallavatn undir vetrarlok.
4. Könnun á vatnajarðfræði og sýnataka á Skillandsdal, vegna vatnaskila í Laugardalsfjöllum.
5. Þegar fyrstu niðurstöður úr íssjárkortlagningu liggja fyrir er efni til að kanna vatnajarðfræði og taka sýni meðfram Langjökli og á forlandi hans.

Aðrar athuganir kunna að verða æskilegar eða nauðsynlegar, þegar íssjárkortið liggur fyrir, en þær verða ekki enn séðar fyrir með vissu.

Heimildir:

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988: Lindir í uppsveitum Árnes- og Rangárvallasýslu. OS-88013/VOD-96 B. Orkustofnun, skýrsla, Reykjavík. 24 s. + 4 kort.

Árni Hjartarson og Þóroddur F. Þóroddsson 1981: Kaldar lindir og lindasvæði. Árnassýsla milli Sogs og Hvítár. ÁH-ÞFP-81/03. Orkustofnun, greinargerð, Reykjavík. 24 + 1 s.

Árný Erla Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992: Stable isotope study of the Thingvallavatn area. Groundwater origin, age and evaporation model. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 136 - 150. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.

Freysteinn Sigurðsson 1991: Groundwater from glacial areas in Iceland. Jökull 40, 119 - 146.

Freysteinn Sigurðsson 1996: Um grunnvatn við Jökulsá vestari í Skagafirði. FS-96/03. Orkustofnun, greinargerð, Reykjavík. 8 s.

Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1995: Um vatnasvið Þingvallavatns. Rannsóknáfangi 1995. FS/GS-95/11. Orkustofnun, greinargerð, Reykjavík. 22 s.

Guttormur Sigbjarnarson 1997: Greinargerð um rannsóknaboranir á vatnasviði Þingvallavatns sumarið 1996. Unnið fyrir Landsvirkjun. 9 s. + 6 myndir.

Jón Ólafsson 1992: Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 151 - 161. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.

Kjartan Thors 1992: Bedrock, sediments and faults in Thingvallavatn. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 69 - 79. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.

Kristján Sæmundsson 1992: Geology of the Thingvallavatn area. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 40 - 68. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.