

LV-2014-057



Landsvirkjun



Grunnvatns- og hitamælingar Landsvirkjunar á Norðausturlandi árin 2006–2013

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: 2014-057

Dags: maí 2014

Fjöldi síðna: 25

Upplag: 20

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Grunnvatns- og hitamælingar Landsvirkjunar á Norðausturlandi árin 2006-2013

Höfundar/fyrirtæki: Egill Axelsson

Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Skýrslan fjallar um grunnvatns- og hitamælingar frá árunum 2006-2013 sem framkvæmdar hafa verið af Landsvirkjun vegna virkjanaáforma á Norðausturlandi. Um er að ræða mælingar við Námafjall, Kröflu, Gjástykki og Þeistareyki. Markmið verkefnisins er annars vegar að afla gagna til kvörðunar á grunnvatnslíkani af Norðausturlandi og hins vegar að afla almennra upplýsinga um stöðu grunnvatns og hita á núverandi og fyrirhuguðum virkjanasvæðum og náttúrulegan breytileika þess. Grunnvatnsstaða virðist almennt nokkuð stöðug á og við jarðhitasvæðin. Mældur hiti í grunnvatnsholum og gjám virðist stöðugur nema einna helst á svæðinu vestan við Námafjall þar sem greina má kólnun. Grunnvatnsstraumar sunnan við Námafjall hafa N-læga stefnu en sveigja rétt austur af fjallinu til vesturs. Grunnvatnsborð í nágrenni Víti er líklega falskt. Grunnvatnsborð við Þeistareyki virðist tiltölulega flatt á stóru svæði.

Lykilorð: Námafjall, Krafla, Þeistareykir, Gjástykki, Bjarnarflag, Grjótagjá, Stóragjá, Víti, grunnvatn, grunnvatnsstaða, grunnvatnsmælingar, hitamælingar, borholur, lindir

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Efnisyfirlit

1 Inngangur	1
2 Mælibúnaður og vitjanir.....	2
3 Grunnvatns- og hitamælingar	3
3.1 Grunnvatnsmælingar í nágrenni Námafjalls.....	3
3.2 Hitamælingar í Grjótagjá og Stórugjá.....	8
3.3 Grunnvatnsmælingar við Kröflu	9
3.4 Grunnvatnsmælingar við Þeistareyki	13
3.5 Grunnvatnsmælingar við Gjástykki	16
Samantekt og hugmyndir að vöktunaráætlun	18
Lokaorð og helstu niðurstöður.....	21
Heimildaskrá.....	23
Viðauki.....	24

Myndaskrá

Mynd 1. Solinst þrýsti- og hitamælir (gylltur). Starmon hitamælir (plasthólkur).	2
Mynd 2. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Námafjall og Mývatn.	4
Mynd 3. Grunnvatnsferlar úr borholum og gjám við Námafjall og Mývatn 2006-2013.	5
Mynd 4. Hitaferlar úr borholum og gjám við Námafjall og Mývatn 2006-2013.....	5
Mynd 5. Jafngildislínur grunnvatnshæðar við austanvert Mývatn.	7
Mynd 6. Hitaferlar úr Grjótagjá og Stórugjá 1975 – 2013.....	8
Mynd 7. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Kröflu.	9
Mynd 8. Grunnvatnshæð við Kröflu og Námafjall. (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980).	10
Mynd 9. Grunnvatnsferlar úr borholum við Kröflu 2006-2013.....	12
Mynd 10. Hitaferlar úr borholum við Kröflu 2006-2013.	12
Mynd 11. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Þeistareyki.	13
Mynd 12. Grunnvatnsferlar úr borholum við Þeistareyki 2006 - 2013.	14
Mynd 13. Grunnvatnsstaða í sniði frá holu THR10 að holu THR08.....	15
Mynd 14. Hitaferlar úr borholum við Þeistareyki 2006-2013.	16
Mynd 15. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Gjástykki.	17
Mynd 16. Grunnvatnsferlar úr borholum við Gjástykki 2006 - 2013.	17
Mynd 17. Núverandi og hugsanlegir framtíðar mælistaðir grunnvatns.....	20

Töfluskrá

Tafla 1. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum og gjám við Námafjall og Mývatn.	4
Tafla 2. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Kröflu.	11
Tafla 3. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Þeistareyki.....	14
Tafla 4. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Þeistareyki.....	16

1 Inngangur

Í þessari samantekt er að finna yfirlit grunnvatns- og hitamælinga frá árunum 2006-2013, sem framkvæmdar hafa verið af Landsvirkjun vegna virkjanaáforma á Norðausturlandi. Um er að ræða mælingar við Námafjall, Kröflu, Gjástykki og Þeistareyki. Segja má að tilgangur mælinganna sé tvíþættur. Í fyrsta lagi hafa mælingarnar nýst til kvörðunar á grunnvatnslíkani af Norðausturlandi sem verkfræðistofan Vatnaskil ehf. vann fyrir Landsvirkjun árið 1999 og síðar endurskoðað árið 2008 (Verkfræðistofan Vatnaskil 1999, 2008). Í öðru lagi gefa mælingarnar upplýsingar um stöðu grunnvatns og hita á núverandi og fyrirhuguðum virkjanasvæðum og náttúrulegan breytileika þess. Þannig má meta með áframhaldandi vöktun hvort breytingar hafi orðið á grunnvatnsstöðu af völdum framkvæmda á virkjanasvæðunum eða hvort um náttúrulegar breytingar sé að ræða. Upplýsingar um grunnvatnsstöðu geta einnig nýst til að reikna halla og meta stefnu grunnvatnsstrauma. Staðsetningu allra mælistaða á grunnvatni og hita, sem til umfjöllunar eru í þessari skýrslu má sjá á korti í viðauka.

Á árinu 2006 hófst rannsóknaráætlun á vegum Landsvirkjunar sem hafði það að markmiði að endurbæta og stækka grunnvatnslíkan Vatnaskila ehf. af vatnasviði Mývatns frá árinu 1999. Vegna fyrirhugaðra virkjanaframkvæmda við Bjarnarflag, Kröflu, Þeistareyki og Gjástykki var lögð sérstök áhersla á að bæta líkanið á og við þessi svæði en líkanið nýtist m.a. til að áætla rennislísiðir affallsvatns frá virkjanasvæðum.

Einn liður í rannsóknaráætluninni snéri sérstaklega að beinum mælingum á grunnvatnsstöðu og í samráði við sérfræðinga frá ÍSOR og Vatnaskilum ehf. var ákveðið hvar leggja skyldi áherslu á grunnvatnsmælingar sem gagnast myndu líkangerðinni. Líkan Vatnaskila ehf. frá árinu 1999 notaðist við mælingar af 14 stöðum og voru þeir allir staðsettir í grennd við Námafjall en þar hafa rannsóknir á grunnvatni staðið yfir í nokkra áratugi. Í rannsóknaráætluninni var því bætt við fjölda mælistaða en í kafla 3 í þessari skýrslu er fjallað um hvert mælisvæði fyrir sig og er þar að finna yfirlit yfir þá mælistaði þar sem fylgst hefur verið með grunnvatnsstöðu og hita.

Samkvæmt áætluninni áttu fyrstu grunnvatnsmælingar að liggja fyrir í árslok 2006 sem duga myndu til endurskoðunar á grunnvatnslíkaninu. Skýrsla Vatnaskila ehf. kom út í júní 2008 og notaðist við grunnvatnsgögn úr þeim mælum sem þá höfðu verið settir út. Eins var notast við handmælingar í holum og gjám þar sem ekki reyndist unnt að koma fyrir síritum. Í framhaldinu var hugmyndin sú að fjölga síritum í stað handmælinga og endurmeta stöðuna, m.a. með tilliti til niðurstaðna úr mati á umhverfisáhrifum vegna virkjanaframkvæmda.

Saga grunnvatnsrannsókna á fyrirhuguðum og núverandi virkjanasvæðum á Norðausturlandi er einna lengst í nágrenni Námafjalls vegna nálægðar svæðisins við Mývatn og sérstæðs lífríkis vatnsins. Miklar breytingar á hita og efnasamsetningu grunnvatnsins áttu sér stað af völdum Kröfluelda og mikilvægt að fylgjast með náttúrulegum breytileika þess. Flókið samspil grunnvatnsstrauma og jarðhita við Námafjall og í Kröflu gerir þær kröfur að sem skýrust mynd fáist af grunnvatnskerfinu svo hægt sé að segja til um hvort virkjanaframkvæmdir hafi áhrif á grunnvatnið. Hið sama gildir um önnur virkjanasvæði á Norðausturlandi og mun grunnvatn verða vaktað áfram þar sem þörf er talin á við undirbúning framkvæmda, á framkvæmdatíma og til ákveðins tíma að þeim loknum.

2 Mælibúnaður og vitjanir

Til síritandi mælinga á grunnvatnsstöðu á Norðausturlandi hefur verið notast við ýmsar tegundir af mælibúnaði en flestir síritarnir eiga það sammerkt að vera einfaldir holumælur með innbyggt gagnasöfnunartæki. Síritarnir eru flestir af gerðinni Solinst og mæla bæði þrýsting og hita (mynd 1). Gögnin þarf að leiðrétta fyrir loftþrýstingsbreytingum og er loftvogsmælum af sömu tegund komið fyrir á völdum stöðum á yfirborði. Sírita í holu er komið þannig fyrir að hann er festur í streng við holutopp og látinn síga niður fyrir lægsta væntanlegt vatnsborð. Hann er síðan dreginn upp úr holunni til aflestrar og látinn síga aftur niður að því loknu. Síritarnir skrá grunnvatnsstöðu og hita vatnsins á klukkutíma fresti. Lesið er úr síritunum að jafnaði tvisvar á ári og skráð grunnvatnsstaða síritans sannreynd með handmælitæki. Starfsmaður Kröflustöðvar hefur séð um vitjanir í grunnvatnssírita á Norðausturlandi.

Við síritandi skráningu hita í Grjótagjá og Stórugjá var í fyrstu notast við hitasírita af gerðinni Seamon frá Hugrónu hf. en síðar við sírita af gerðinni Starmon frá Stjörnu-Odda. Starmon síriti samanstendur af hitanema, skráningarbúnaði og rafhlöðu sem komið er fyrir í plast- eða stálhólki (mynd 1). Síritarnir mæla hitastig með nákvæmni upp á 0,05°C.



Mynd 1. Solinst þrýsti- og hitamælir (gylltur). Starmon hitamælir (plasthólkur).

3 Grunnvatns- og hitamælingar

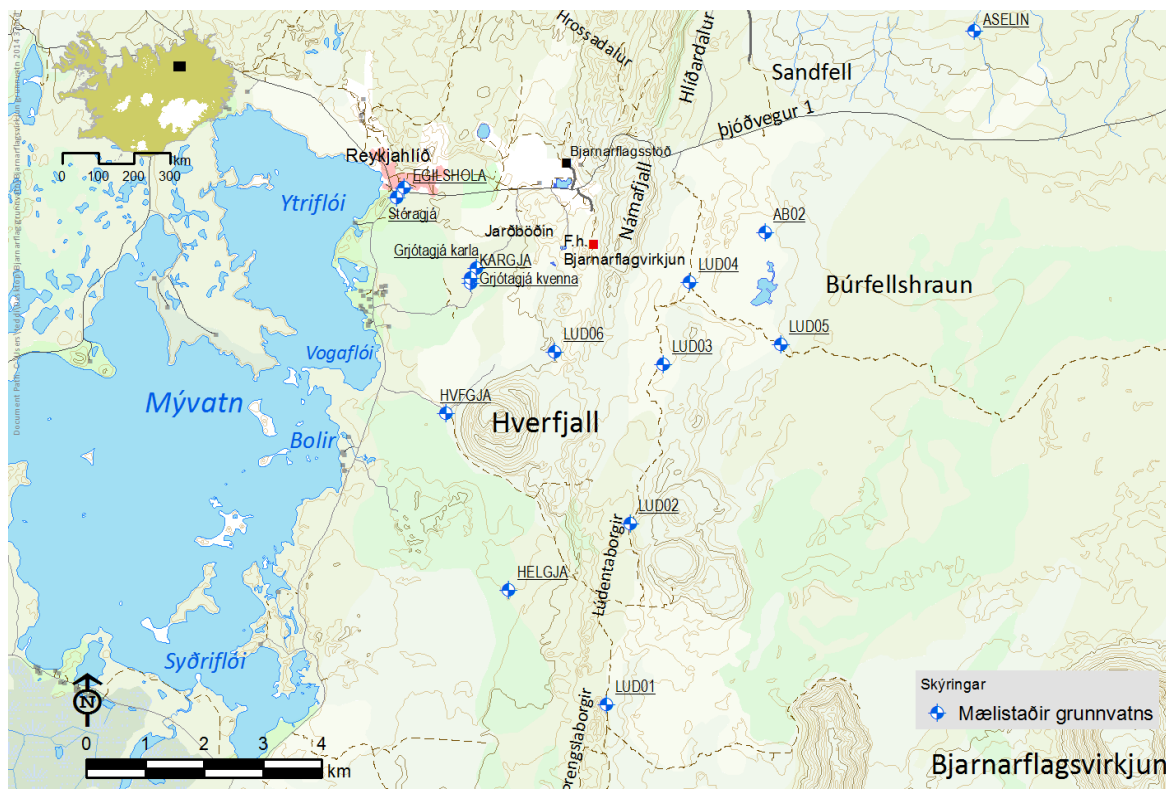
3.1 Grunnvatnsmælingar í nágrenni Námafjalls

Mikil áhersla hefur verið lögð á að rannsaka grunnvatnsstrauma til Mývatns undanfarna áratugi, m.a. vegna áhrifa þeirra á lífríki og vistkerfi vatnsins. Aðrennsli til Mývatns stjórnast af grunnvatnsstraumum en samkvæmt mælingum Veðurstofu Íslands er rennsli Laxár við Helluvað (útrennsli vatnsins) að jafnaði um $37 \text{ m}^3/\text{s}$ (Vatnamælingar VÍ, 2014). Vatnið er grunnt, eða 2,05 m að meðaltali, og endurnýjast vatnið á um fjórum vikum (Jón Ólafsson, 1991). Flæði grunnvatns til Mývatns er mest úr suðri og berst inn í vatnið austanvert. Áætlað grunnvatnsrennsli til Syðriflóa út frá líkanreikningum er $17 \text{ m}^3/\text{s}$ (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2008). Úr norðaustri og austri berast samkvæmt grunnvatnslíkaninu um $11 \text{ m}^3/\text{s}$ til Ytriflóa. Af þeim grunnvatnsstraumi er stór hluti volgt grunnvatn sem á uppruna sinn af jarðhitasvæðunum í Námafjalli og Kröflu. Hluttur Krákár í innrennsli til Mývatns er áætlaður samkvæmt líkanreikningunum $8 \text{ m}^3/\text{s}$ og mælist útrennslið því um $1 \text{ m}^3/\text{s}$ meira en áætlað heildarinnrennsli.

Vegna fyrirhugaðrar byggingar á jarðgufuvirkjun við Bjarnarflag er mikilvægt að átta sig á stöðu grunnvatns og náttúrulegum breytileika þess. Líkt og fram kemur í inngangi var sett af stað rannsóknaráætlun um grunnvatnsmælingar á fyrirhuguðum virkjanasvæðum á NA-landi árið 2006. Hafði áætlunin það m.a. að markmiði að endurbæta grunnvatnslíkan Vatnaskila frá árinu 1999 af NA-landi, en við gerð líkansins þá var stuðst við takmarkaðan fjölda mælinga á grunnvatnsstöðu.

Mælakerfi á vegum Landsvirkjunar, sem sett var upp árið 2006 vegna rannsókna á grunnvatnsstöðu við Námafjall og nágrenni, teygir sig frá Reykjahlíð austur fyrir Námafjall og þaðan suður með Lúdents- og Þrengslaborgum (mynd 2). Notast er við grunnvatnsholur sem boraðar hafa verið til að kortleggja grunnvatnskerfið, og þá samhliða til rannsókna á affallsvatni úr Kröflu og Bjarnarflagi. Þar með eru taldar borvatnsveituholur eða kaldavatnsholur fyrir Bjarnarflagsvirkjun. Grunnvatnsstaðan hefur einnig verið mæld í opnum gjám.

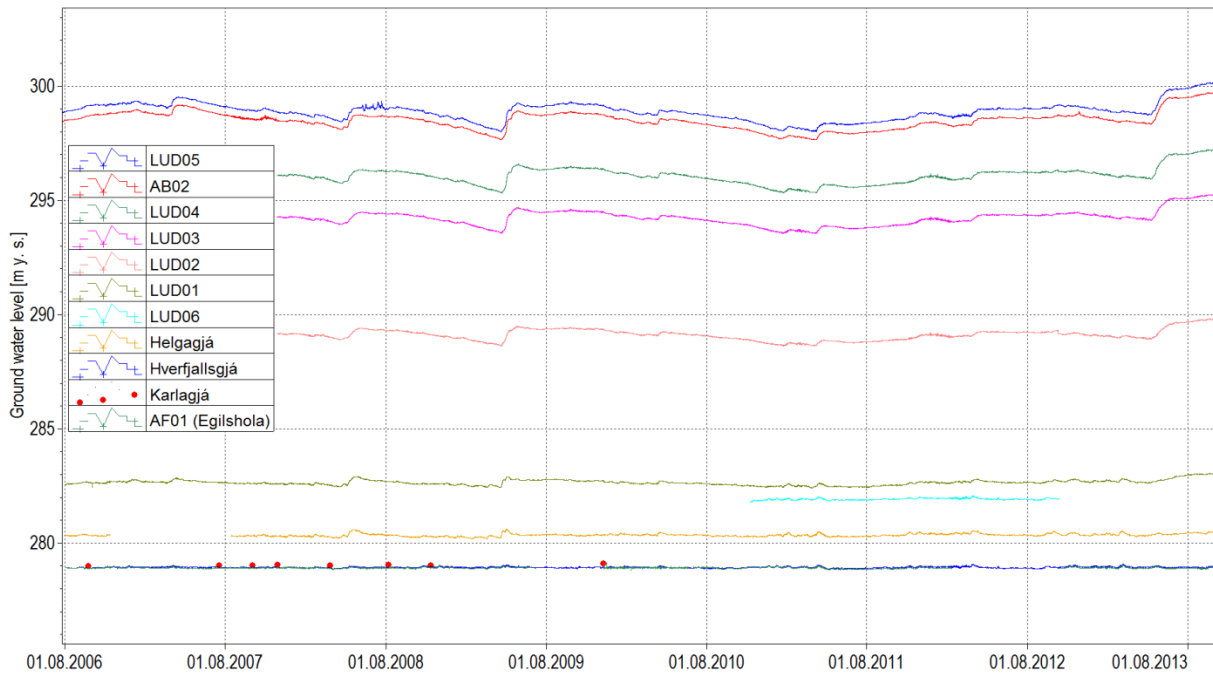
Í töflu 1 má sjá yfirlit mælinga úr holum og gjám á Námafjalls- og Mývatnssvæðinu. Gefin er meðal grunnvatnsstaða í hverri holu/gjá ásamt hæstu og lægstu stöðu sem mælst hefur frá því síritinn var settur upp. Eins er gefið upp meðalhitastig á því dýpi sem síritinn er staðsettur. Ferla grunnvatnsmælinga á viðkomandi mælistöðum má sjá á mynd 3. Grunnvatnsferlarnir sýna hversu litlar breytingar virðast eiga sér stað í sveiflu grunnvatnsstöðu. Breytileikinn er meiri því fjær sem dregur frá vatninu en sveifla grunnvatnsstöðunnar fer þó aldrei yfir 2 m. Minnst er sveiflan í holum næst Mývatni eða um eða innan við 0,5 m. Af ferlunum má einnig sjá að á vori hverju kemur stökk í mæligildin sem endurspeglar vorleysingu og tímabundna hækkun grunnvatnsstöðu. Dýpi á grunnvatn í holum, sem eru hærra í landi og fjær Mývatni, er almennt frá 50-75 m en nær Mývatni, á flatari hluta svæðisins í gjánum, er grunnvatn á nokkurra metra dýpi.



Mynd 2. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Námafjall og Mývatn.

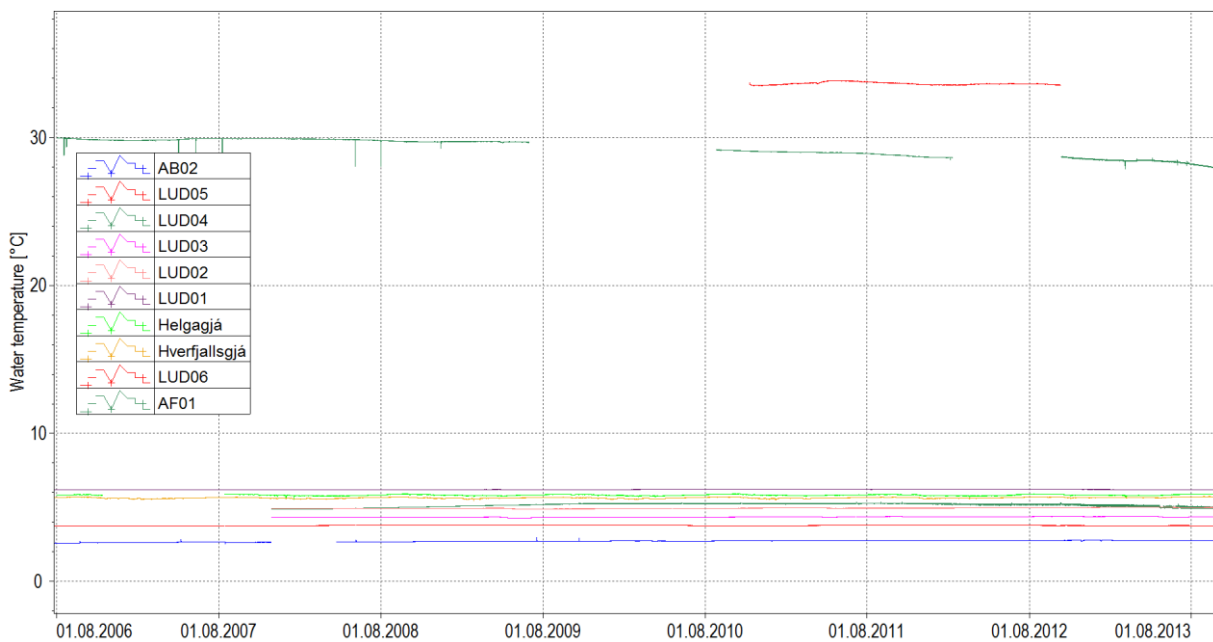
Tafla 1. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum og gjám við Námafjall og Mývatn.

Hola	Mæling	Meðal grunnvatnshæð (m y.s.)	Hæsta / lægsta grunnvatnshæð (m y.s.)	Meðalhitastig (°C)	Dýpi sírita (m)	Síriti settur af stað / fjöldi handmælinga
AB02	Síriti	298.51	299.75/297.66	2.7	67	27.7.2006
LUD04	Síriti	296.07	297.25/295.32	5,2	85	27.11.2007
LUD05	Síriti	298,89	300.21/298.00	3.8	73	27.7.2006
LUD03	Síriti	294.22	295.27/293.55	4.3	92	27.11.2007
LUD02	Síriti	289.12	289.83/288.63	5.0	87	27.11.2007
LUD06	Síriti	281,93	282,06/281.85	33,6	40	9.11.2010
LUD01	Síriti	282.65	283.09/282.42	6.2	70	27.7.2006
HELGJA	Síriti	280.35	280.60/280.19	5.8	8	1.8.2006
HVFGJA	Síriti	278.94	279.09/278.85	5.6	5	2.8.2006
AF01 (Egilshola)	Síriti	278.91	279,04/278,82	29.3	22	2.8.2006
KARGJA	Handmælt	279.02				9



Mynd 3. Grunnvatnsferlar úr borholum og gjám við Námafjall og Mývatn 2006-2013.

Hitamæling í hverri holu miðast við þann hita á því dýpi sem síritinn er staðsettur. Síritinn á mælitímabilinu er ávallt staðsettur á sama dýpi en ljóst er að hitastig í holum er ekki einsleitt og að mælingin segir ekkert til um breytileika hita með dýpi í viðkomandi holu. Mæling hitans er því einungis punktmæling en getur þó gefið vísbendingu um hvort einhverjar hitabreytingar eigi sér stað á því dýpi, sem síritinn er staðsettur. Mældur hiti í holum á rannsóknarsvæðinu er almennt á bilinu 3-6 °C nema í holum LUD06 og AF01, þar sem hitastigið er talsvert hærra eða kringum 30°C (mynd 4). Gera má ráð fyrir að vatnið í þeim holum sé blandað jarðhitavatni af háhitasvæðunum og/eða hafi dregið í sig varma frá heitum jarðmyndunum.



Mynd 4. Hitaferlar úr borholum og gjám við Námafjall og Mývatn 2006-2013.

Eina holan sem sýnir einhverja breytingu á hitastigi yfir mælitímabilið frá 2006 til 2013 er hola AF01 (Egilshola) en þar hefur hitastigið fallið um 2°C. Um breytingar á hitastigi Grjótagjár og Stórugjár er fjallað sérstaklega í kafla 3.2.

Eldri hitaprófið frá árunum 1979-1994 gáfu hita á bilinu 3,2-4°C en mælingin sem gaf lægsta hitann var sú síðasta sem framkvæmd var af mælingunum (Halldór Ármannsson, 1985). Meðalhiti á árunum 2006-2013 er um 2,7°C eða um hálfri gráðu lægri en mælingin frá 1994.

Út frá þrýstihæð í grunnvatnsholum og gjám er unnt að teikna jafngildislínur grunnvatnshæðar innan þess svæðis sem afmarkast af mælistöðvunum. Á mynd 5 má sjá slíkt kort teiknað út frá meðalvatnshæð á hverjum mælistað. Líkt og sjá má hefur grunnvatnsflæðið suðvestlæga stefnu rétt austan við Námafjall en sveigir suður af fjallinu til vesturs og jafnvel vestnorðvesturs í átt til Mývatns. Stefna grunnvatnsstraumsins er í stórum dráttum í samræmi við líkanreikninga Vatnaskila ehf. frá árinu 2008.

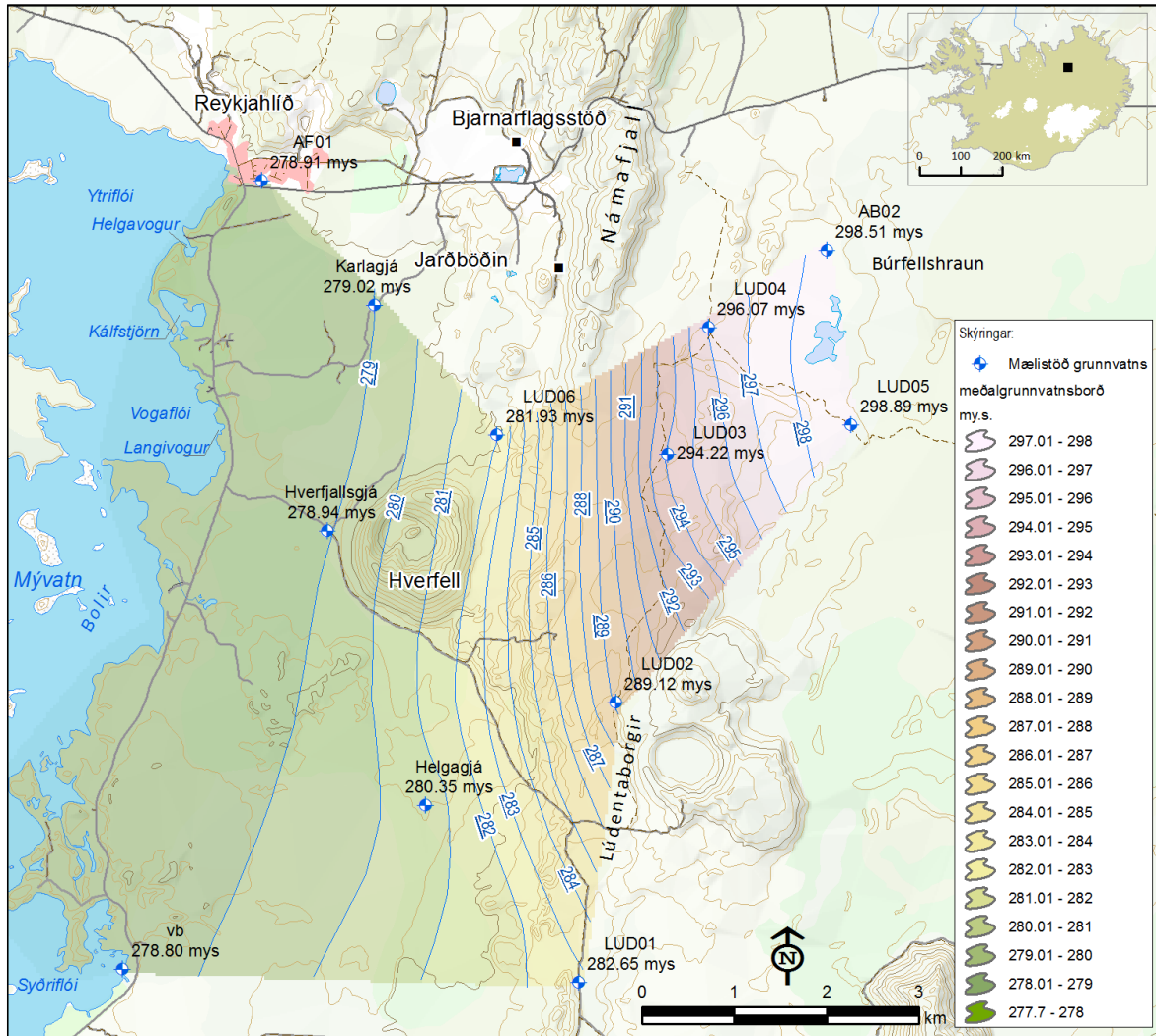
Þrýstingsmunur knýr grunnvatnsflæðið en reikna má út þrýstifallið út frá breytingu í orkuhæð á lengdareiningu. Grunnvatnsborðið fellur nokkuð bratt frá holu AB02 að LUD06 og er þrýstifallið um 4 m/km. Frá LUD06 að bökkum Mývatns er þrýstifallið mun minna eða tæpur 1 m/km.

Út frá stefnu grunnvatnsstraumsins má sjá hvernig kalt grunnvatn austan við Námafjall (holur AB02, LUD05, LUD04, LUD03) flæðir inn og í átt til Mývatns (mynd 5) en við suðurenda Námafjalls kemst vatnið í snertingu við jarðhitakerfið og hitnar af völdum þess (hola LUD06). Lítið er til af beinum mælingum á grunnvatnsstöðu við háhitasvæðið í Bjarnarflagi og norðan gömlu Kísiliðjunnar. Af þeim sökum er ekki gerð tilraun hér til að framlengja jafngildislínur grunnvatnsborðsins til norðurs.

Hola AB02 var boruð árin 1978-1979 til að fylgjast með affallsvatni frá Kröfluvirkjun og áhrifa þess á grunnvatn (Halldór Ármannsson, 1985). Niðurstöður efnagreininga bentu til að vatnið í holunni væri af sama meiði og kaldi grunnvatnsstraumurinn sem berst til Syðriflóa ofan úr Dyngjufjöllum. Þessi niðurstaða fellur vel að nýja grunnvatnskortinu (mynd 5) og líkangerð Vatnaskila (Vatnaskil, 2008).

Niðurstöður rannsókna frá árunum 1981-1983 af rennislíleiðum affallsvatns frá Bjarnarflagi til Mývatns gáfu til kynna að flæði grunnvatns lægi til suðvesturs og vesturs og kæmi einkum fram í Helgavogi og Kálfstjörn (Þóroddur F. Þóroddsson og Guttormur Sigbjarnarson, 1983). Samkvæmt þeim rannsóknum var einnig hægt að greina annan grunnvatnsstraum frá Jarðbaðshólum og um Grjótagjá sem þaðan leitaði vestur í Vogaflóa sunnan Langavogs.

Nýjustu athuganir á efnasamsetningu volga grunnvatnsstraumsins sem streymir til Ytriflóa gefa til kynna að vatnið sé að mestu leyti blanda af jarðhitavökva og köldu grunnvatni (Magnús Ólafsson o.fl., 2013). Uppruna jarðhitavökvans megji rekja til jarðhitasvæðisins við Kröflu og að straumurinn berist norðaustan að og inn til Ytriflóa. Samkvæmt þessum rannsóknum er einnig talið að hluti kalda grunnvatnsins úr suðri hitni af völdum jarðhitakerfisins í Námafjalli og blandist volga grunnvatnsstraumnum frá Kröflu.



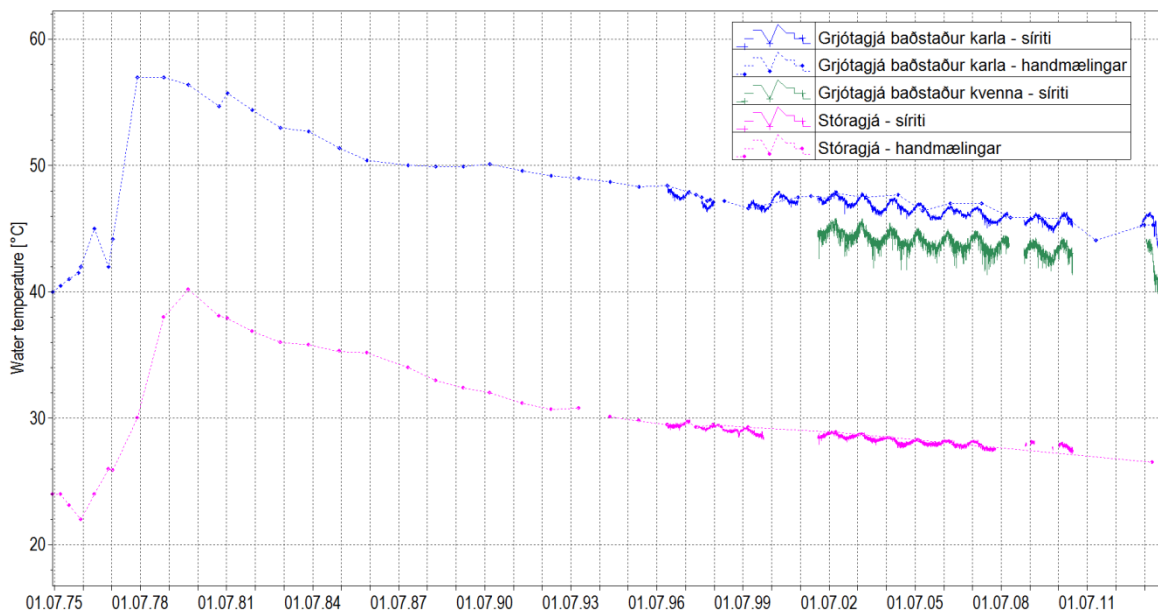
Mynd 5. Jafngildislínur grunnvatnshæðar við austanvert Mývatn.

3.2 Hitamælingar í Grjótagjá og Stórugjá

Síritandi hitamælingar á grunnvatni í Mývatnssveit hafa staðið samfelld yfir frá árinu 1996 en þá hófst samstarfsverkefni Orkustofnunar og Landsvirkjunar um grunnvatnsrannsóknir í Mývatnssveit (Magnús Ólafsson, 2000). Hitamælingar í Grjótagjá og Stórugjá voru hluti af þessu verkefni og var hitasíritum komið fyrir í gjánum. Staðsetningu mælistaðanna má sjá á mynd 2. Hitastig í gjánum hækkaði ört í kjölfar kvikuhlaupa suður í Bjarnarflag árið 1977. Þá jókst hitinn í Grjótagjá um tæpar 20°C, úr um 40°C í 60 °C en hækkunin í Stórugjá kom fram um ári síðar og nam hún um 15°C (Axel Björnsson o.fl., 1984). Áhrifa hitabreytinganna gætir enn en hitastigið hefur farið hægt niður á við síðan Kröflueldum lauk. Á mynd 6 má sjá hitaferla úr Stórugjá og Grjótagjá frá árinu 1975 ásamt handmælingum sem gerðar hafa verið við sýnatöku. Til síritandi mælinga á hita í gjánum hefur verið notast við hitamæla frá Hugrúnu hf. og síðar Stjörnu-Odda. Ekki hafa mælingarnar gengið þrautalaust fyrir sig en bilanir í mælum valda mislöngum götum í tímaröðum. Lýsingu á uppsetningu og fyrirkomulagi mælinga er að finna í greinargerð Orkustofnunar frá árinu 2000 (Magnús Ólafsson, 2000).

Líkt og sjá má af hitaferlunum er mismunur á hita í Grjótagjá eftir því hvar mælt er. Mælirinn sem kenndur er við baðstað karla er nyrst í gjánni. Hinn mælirinn sem kenndur er við baðstað kvenna er um 50 m sunnar í gjánni. Hitinn er ríflega 2°C hærri nyrst í gjánni en þar er innstreymi einna mest. Greina má árstíðabundnar sveiflur í hitastiginu en úrkoma að hausti og vetri ásamt leysingavatni hefur kælandi áhrif á hitastig vatnsins. Mestur er hitinn síðla sumars í ágúst og september en lægstur í mars og apríl. Sveifla hitans nemur almennt um 1°C.

Í Stórugjá má sjá svipaðar hitasveiflur og í Grjótagjá en sveiflan er þó talsvert minni eða um 0,5 °C. Frá árinu 1996 hefur hitastig í gjánni lækkað um 2°C eða úr 29,5 °C í 27,5 °C. Hitinn í gjánni fyrir Kröfluelda var um 24 °C en hækkaði í um 40 °C í kjölfar kvikuhlaupa suður í Bjarnarflag 1977.

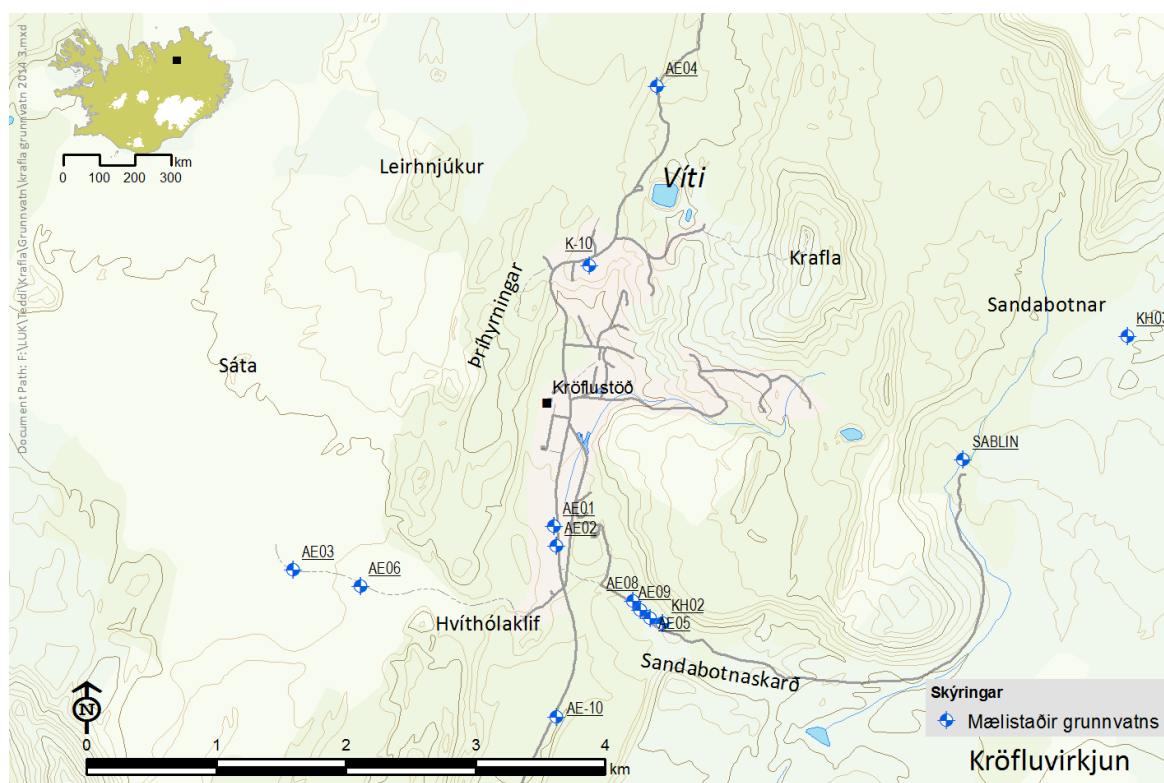


Mynd 6. Hitaferlar úr Grjótagjá og Stórugjá 1975 – 2013.

3.3 Grunnvatnsmælingar við Kröflu

Einn liður í rannsóknaráætluninni frá árinu 2006 um endurbætt grunnvatnslíkan af NA-landi var að afla upplýsinga um grunnvatnsstöðu í nágrenni Kröflu. Grunnvatnsmál höfðu fram til þessa lítið verið skoðuð á svæðinu nema með viðnámsmælingum (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980). Ekki er að finna neitt grunnvatn við yfirborð nema það sem sést renna í Sandabotnum austan við Hrafninnuhrygg en þaðan tekur virkjunin sitt neysluvatn. Svæðið þaðan og niður að Austaraselslindum er sérstakt vatnsverndarsvæði en Mývatnssveitin tekur sitt neysluvatn úr lindunum. Vatnið er einnig nýtt í varmaskiptastöðinni, þar sem það er hitað með jarðhitavatni.

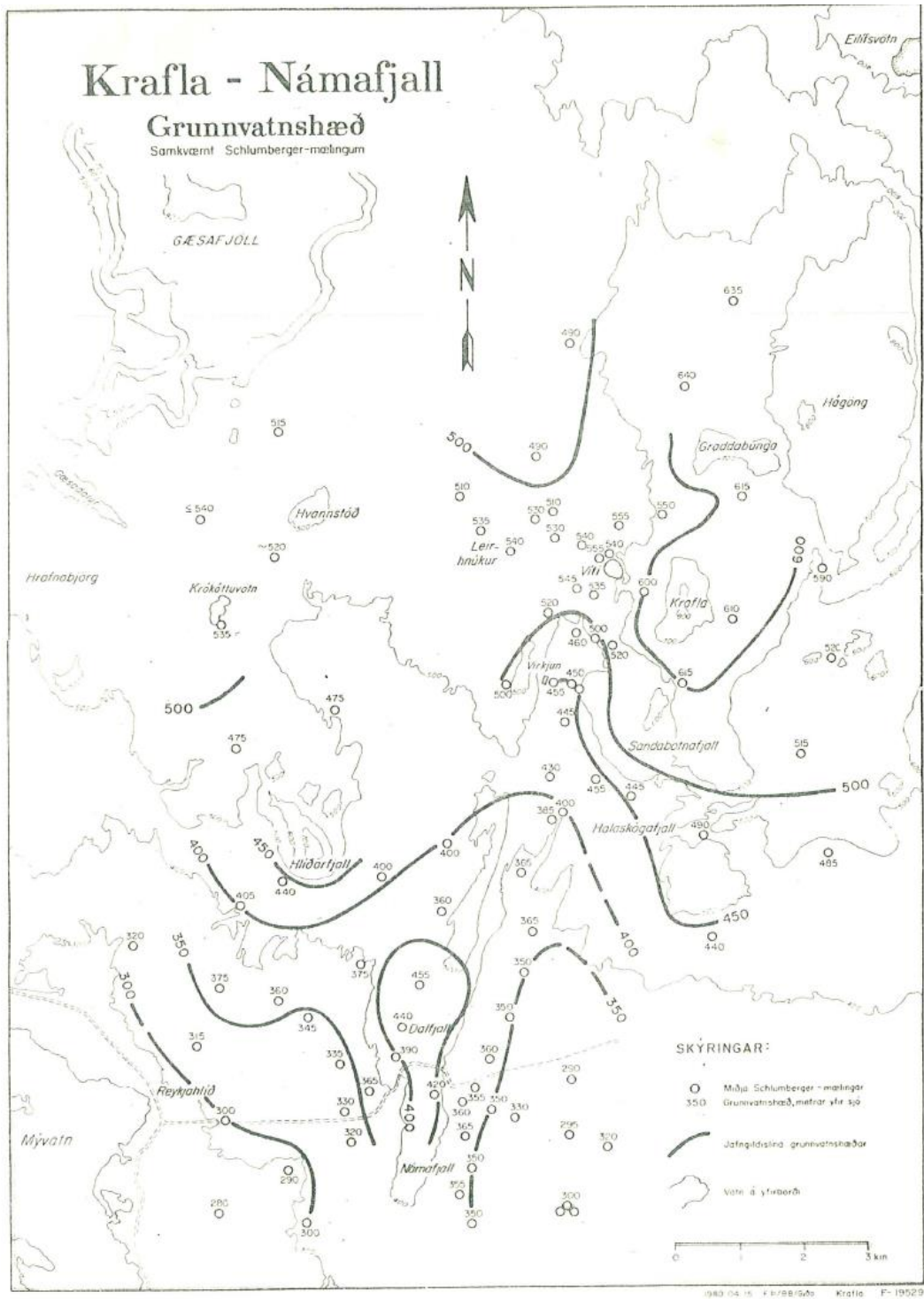
Holur sem nýttar hafa verið til grunnvatnsmælinga frá árinu 2006, við sunnanverða Kröfluöskjuna, hafa ýmist verið boraðar til að afla upplýsinga um hita, sannreyna viðnámsmælingar, sem borvatnsveituholur eða sem hugsanlegar vatnstökuholur fyrir virkjunina. Hóla við norðanvert svæðið, rétt norðan við Víti, var boruð sem vatnsleitar- og jarðskjálftamælihola og hefur einnig nýst til mælinga á grunnvatnsstöðu. Staðsetningu borhóla þar sem fylgst hefur verið með grunnvatnsstöðu við Kröflu má sjá á mynd 7.



Mynd 7. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Kröflu.

Mikill fjöldi viðnámsmælinga hefur verið gerður á Kröflusvæðinu með það að markmiði að kortleggja útbreiðslu jarðhitans. Viðnámsmælingarnar hafa ekki einungis nýst til að staðsetja lágviðnámsvæði heldur geta þær einnig gefið upplýsingar um dýpi grunnvatnsborðs á hverjum mælistað. Niðurstöður slíkrar athugunar voru birtar í greinargerð Orkustofnunar árið 1980 (mynd 8) (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980). Helstu niðurstöður gáfu til kynna að grunnvatn virðist einkum leita inn í Kröfluöskjuna úr norðaustri, vestan úr Hágöngum, en einnig þótti mögulegt að eitthvað grunnvatn bærist inn í öskjuna vestan úr Gæsafjöllum. Samkvæmt mælingunum virðist grunnvatn leita víða út úr öskjunni en einkum og sér í lagi suður um Hlíðardal

en þangað leitar jarðhitavatnið frá Kröflusvæðinu. Svo virðist sem grunnvatnsstaða við Leirhnúk sé staðbundin og getur grunnvatn leitað þaðan til norðurs, suðurs eða suðvesturs. Samkvæmt túlkunum á viðnámsmælingum var talið hugsanlegt að volgt vatn sem rennur til Ytriflóa í Mývatni eigi uppruna sinn frá Námafjalli en líklega einnig frá Kröflusvæðinu. Líkan Vatnaskila af grunnvatnsrennsli á NA-landi gefur svipaðar niðurstöður (Vatnaskil, 2008).



Mynd 8. Grunnvatnshæð við Kröflu og Námafjall. (Freyr Þórarinnsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980).

Í töflu 2 má sjá yfirlit mælinga úr holum í nágrenni Kröflusvæðisins. Ferla meðal grunnvatnsstöðu má sjá á mynd 9. Grunnvatnsstaða stendur einna hæst í Sandabotnum (holu KH03) en holan er í 582 m y.s. Svo virðist sem grunnvatnsstaðan í Sandabotnum sé mjög stöðug en grunnvatnssveiflan er um 2 m. Dýpi á grunnvatn er um 22 m í holunni en í holu SABLIN sem er 500 m SV af KH03 er dýpið einungis um 2 m. Rétt neðan við þá holu rennur vatn af yfirborði í lindum (Sandabotnalindir) en þar sker grunnvatnsflöturinn yfirborð.

Tafla 2. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Kröflu.

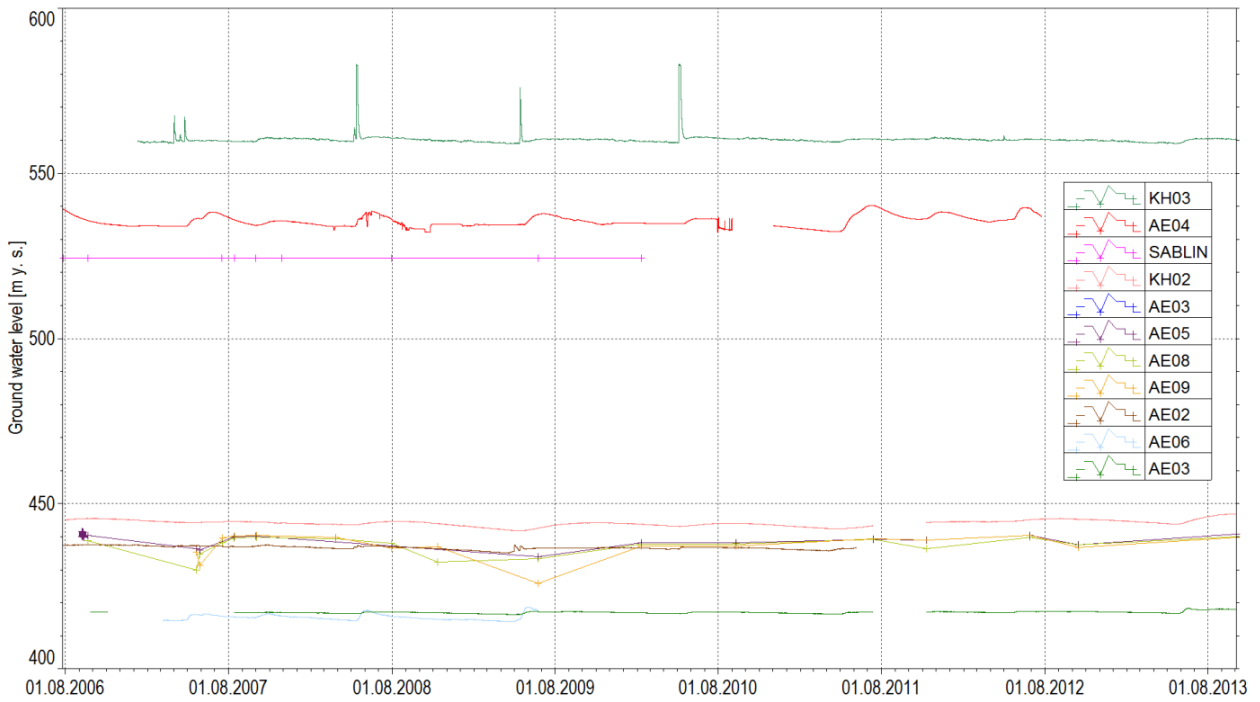
Hola	Mæling	Meðal grunnvatnshæð (m y.s.)	Hæsta / lægsta grunnvatnshæð (m y.s.)	Meðalhitastig (°C)	Dýpi sírita (m)	Síriti settur af stað / fjöldi handmælinga
AE04	Síriti	535,45	540.31/532.14	~9.7	75	26.7.2006 – 24.7.2012
AE03	Síriti	417.11	418.36/416.45	26.6	70	26.7.2006
AE06	Síriti	415.59	418.70/414.32	15.4	58	7.3.2007 - 24.6.2009
AE02	Síriti	436.7	437.64/435.05	N/A	19	26.7.2006
AE08	Handmælt	437.22	439.96/430.00	~16.0		17
AE09	Handmælt	437.07	440.49/425.80	~15.0		16
AE05	Handmælt	438.32	440.77/433.88	~11.0		12
KH02	Síriti	444.16	446.94/441.77	8.3	25	26.7.2006
KH03	Síriti	560,19	561.06/558.90	5.5	30	10.1.2007
SABLIN	Handmælt	524.26	524.32/524.22			10

Grunnvatnsstaða í holu AE04 norðan við Víti er nokkuð sérstök að því leyti að hún sveiflast talsvert mikið samhliða leysingum að vori en jafnar sig svo aftur snemmsumars (mynd 9). Munur á hæstu og lægstu stöðu grunnvatns er um 8 m. Staða grunnvatns í holunni (535 m y.s.) svipar til stöðu vatnsborðs í Víti en mjög líklegt verður að telja að um falskt grunnvatnsborð sé að ræða. Hola AE04 er einungis 75 m djúp og nær því ekki niður í dýpri hluta grunnvatnskerfisins. Hola K-10 er staðsett um 700 m SV af Víti og var boruð árið 1976 niður á 2082 m dýpi (mynd 7) (Þorsteinn Egilsson o.fl., 2013). Vatnsborð í holunni hefur reglulega verið mælt frá því holan var boruð og var í upphafi mælinga í um 430 m y.s. Vegna vinnslu úr kerfinu hefur vatnsborðsstaðan dregist niður í holunni og hefur frá árinu 1998 staðið í um 415 m y.s.

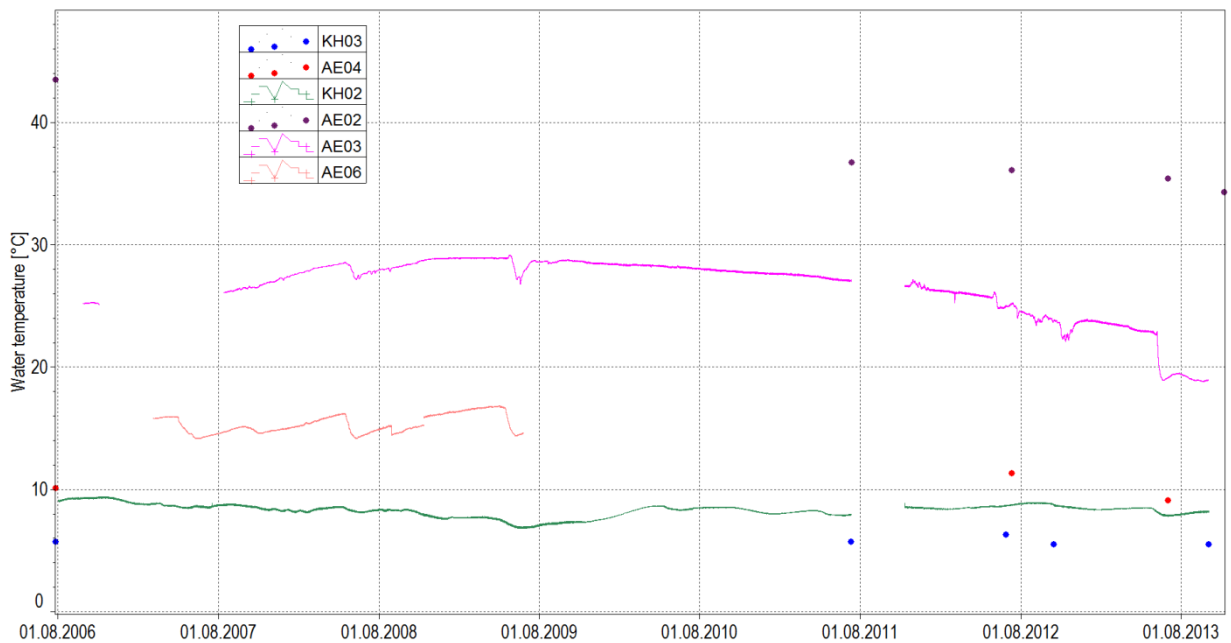
Síritandi mælingar á grunnvatnsstöðu í Sandabotnaskarði gefa allar nokkuð svipaða mynd en þar hefur grunnvatnsstaða verið mæld í einum 5 holum (myndir 7 og 9). Sé tekið mið af síritandi mælum í holum á þessu svæði er sveifla grunnvatnsstöðu frá 2-5 m. Líkt og sjá má af línuritum á mynd 9 er grunnvatnsstaða í holum AE03 og AE06, sem staðsettar eru á borplani vestur af Hvíthólaklifi, um 20 m lægri heldur en í holunum í Sandabotnaskarði.

Um hitastig vatns í grunnvatnsholum á Kröflusvæðinu gildir hið sama og við Bjarnarflag að mæling hitastigs í hverri holu miðast við þann hita á því dýpi sem siritinn er staðsettur og gefur því einungis punktmælingu í holum þar sem hitabreytingar eiga sér gjarnan stað með dýpi (mynd 10). Í nágrenni háhitasvæða líkt og í Kröflu má gera ráð fyrir volgu grunnvatni vegna nálægðar við kviku eða kvikuinnkot. Hiti í holu AE04 norðan við Víti mælist tæpar 10°C en hiti í holum við Sandabotnaskarð mælist á bilinu 8-16°C. Kaldast er vatnið í Sandabotnum eða rúmar 5°C í holu KH03. Frá árinu 2006 mælist meðalhiti vatns einna mestur í holu AE03 eða tæpar 27°C sem gefur þó ekki sanna mynd af hitanum því þar hefur kólnað talsvert og er síðla árs 2013 kominn niður í um 19°C. Ekki er til nógu löng mælisería í holu AE06 til að staðfesta þessa kólnun en í holu AE02

var hitinn árið 2006 í efsta hluta holunnar mældur og reyndist rúmar 43°C. Mæling síðla árs 2013 á sama dýpi gaf hita upp á 34°C.



Mynd 9. Grunnvatnsferlar úr borholum við Kröflu 2006-2013.

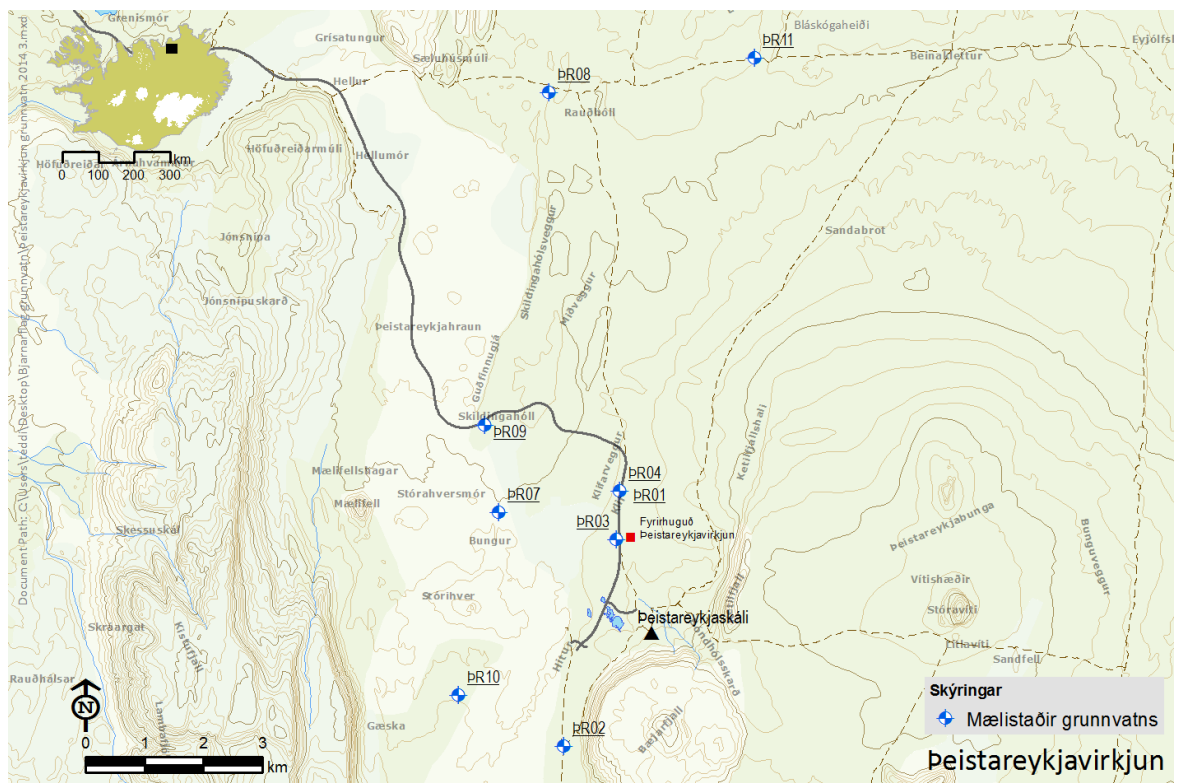


Mynd 10. Hitaferlar úr borholum við Kröflu 2006-2013.

3.4 Grunnvatnsmælingar við Peistareyki

Líkt og við Bjarnarflag og Kröflu var hafist handa árið 2006 að safna upplýsingum um grunnvatnsstöðu á svæðinu með síritandi mælum. Markmið með mælingunum var að styrkja grunnvatnslíkan Vatnaskila af NA-landi og einnig til að fá hugmynd um hegðun og legu grunnvatns í nágrenni jarðhitasvæðisins. Fyrstu holurnar sem boraðar voru á svæðinu voru vegna leitar að skolvatni fyrir dýpri jarðhitaholur og hafa þær nýst til mælinga á grunnvatnsstöðu. Árin 2007 og 2008 voru boraðar hitastigulsholur sem einnig hafa nýst til mælinga á grunnvatnsstöðu. Í greinargerð ÍSOR frá árinu 2010 er að finna útlitun á þeim grunnvatnsholum sem boraðar hafa verið á þeistareykjum og gerð grein fyrir þeim þáttum jarðfræðinnar, sem stýra grunnvatnsstraumum á svæðinu (Þórólfur H. Hafstað, 2010). Síðan úttektin var gerð hafa bæst við tvær holur á þeistareykjarsvæðinu ÞR10 og ÞR11. Sú fyrrnefnda nýtist eingöngu fyrir hitamælingu, en ÞR11 hrundi og lokaðist. Til stendur að bora nýjar holur í þeirra stað sumarið 2014.

Grunnvatnsmælakerfi Landsvirkjunar á þeistareykjum teygir sig frá vesturhlíðum Bæjarfjalls allt norður að Bláskógaheiði (mynd 11). Eitt af megin einkennum í jarðfræði þeistareykjarsvæðisins eru áberandi sprungur með norð-norð austlæga stefnu sem sjást vel á yfirborði. Samkvæmt grunnvatnslíkani Vatnaskila stýra sprungurnar að miklu leyti grunnvatnsstraumnum og beina honum norður í Kelduhverfi (Vatnaskil, 2008, Þórólfur H. Hafstað, 2010).



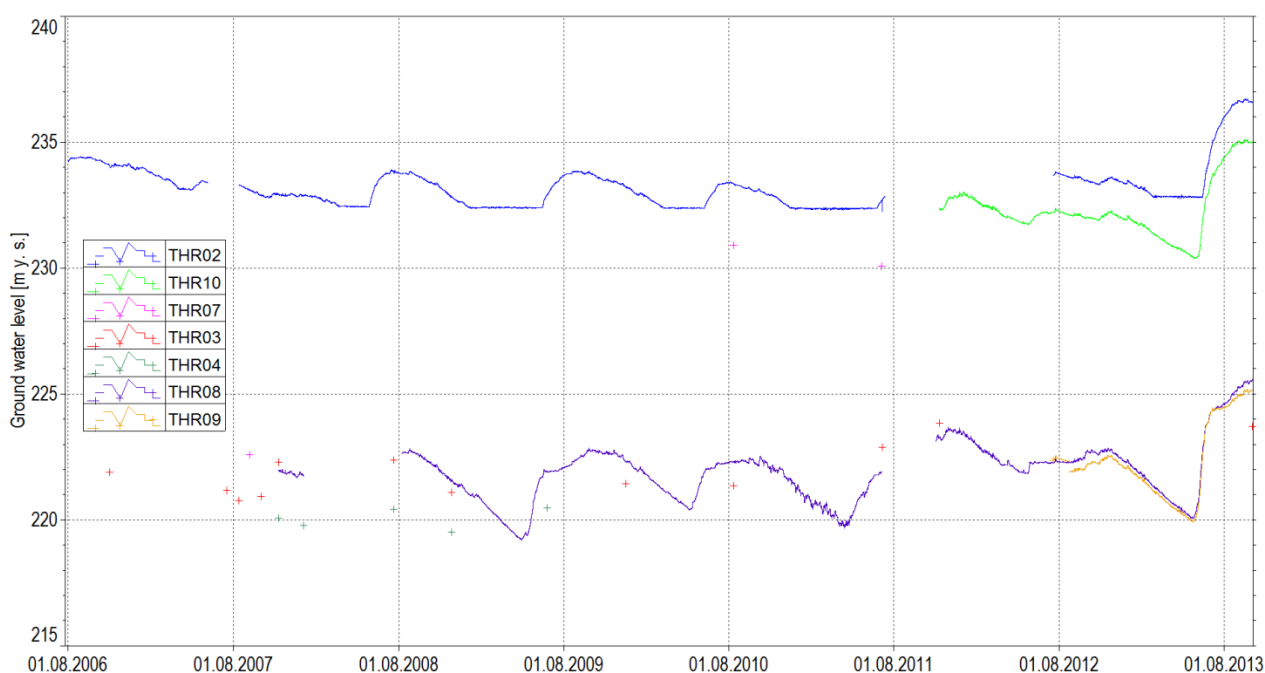
Mynd 11. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Peistareyki.

Erfitt hefur reynst að mæla grunnvatnsstöðu með síritandi mælum í ákveðnum grunnvatnsholum á þeistareykjarsvæðinu vegna mikils hita en mælarnir skemmast við slíkar aðstæður. Því hafa síritandi mælingar einungis farið fram til þessa í fjórum holum, ÞR02, ÞR08, ÞR09, ÞR10. Rekstur sírita er kominn mislangt á veg en sá fyrsti var settur árið 2006. Handvirkar mælingar hafa verið gerðar reglubundið í holu ÞR03 en sjaldnar í holum ÞR04, ÞR07 og ÞR11. Í töflu 3 má sjá yfirlit

grunnvatnsmælinga úr holum á Þeistareykjasvæðinu. Ferla meðal grunnvatnsstöðu má sjá á mynd 12.

Tafla 3. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Þeistareyki.

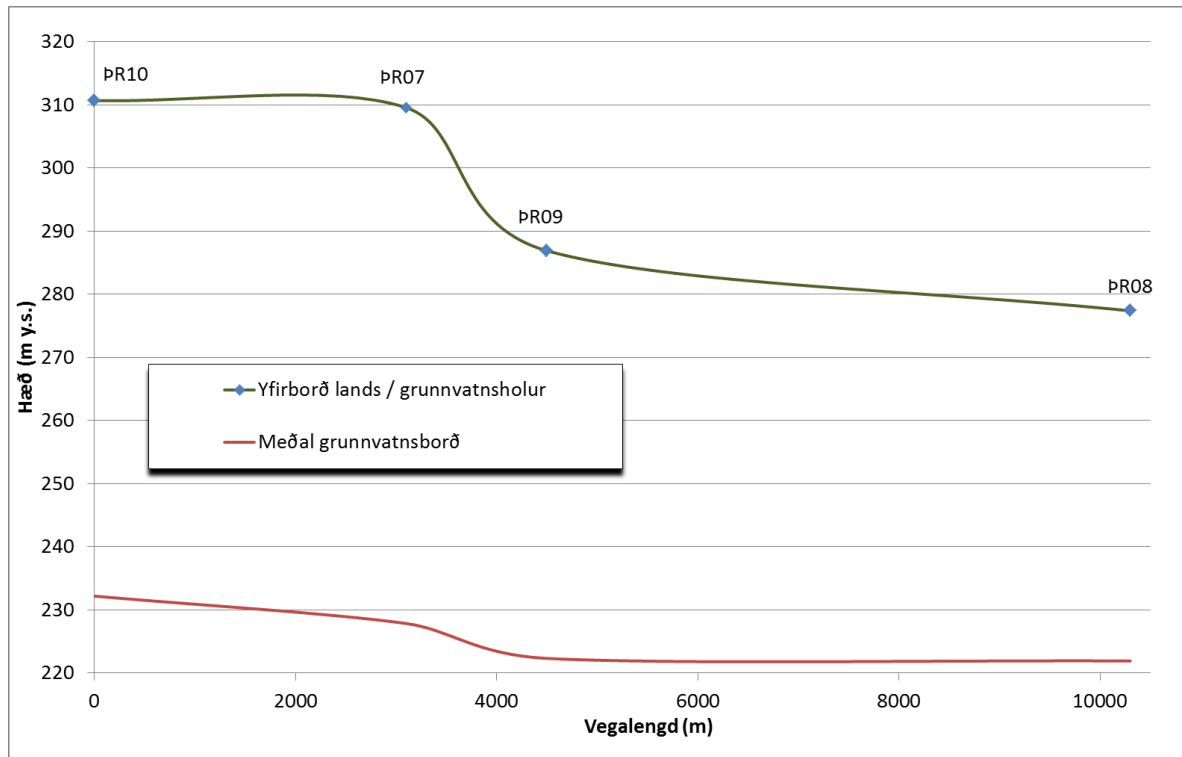
Hola	Mæling	Meðal grunnvatnshæð (m y.s.)	Hæsta / lægsta grunnvatnshæð (m y.s.)	Meðalhitastig (°C)	Dýpi sírita (m)	Síriti settur af stað / fjöldi handmælinga
ÞR02	Síriti	233.21	236.73/ N/A	46,2	108	26.7.2006
ÞR03	Handmælt	222.09	223.72/220.78	N/A		13
ÞR04	Handmælt	220.05	220.48/219.52	N/A		5
ÞR07	Handmælt	227.86				3
ÞR08	Síriti	221,92	225.58/219.20	1,7	70	8.11.2007
ÞR09	Síriti	222,33	225.18/219.92	7,3	70	18.7.2012
ÞR10	Síriti	232.30	235.12/230.38	4,3	104	9.11.2011
ÞR11	Handmælt	194.90		16,0		2



Mynd 12. Grunnvatnsferlar úr borholum við Þeistareyki 2006 - 2013.

Sé horft til línurita á mynd 12 af grunnvatnsstöðu og punktmælingum úr holum á Þeistareykjasvæðinu virðist hegðun grunnvatnsborðsins vera nokkuð svipuð á flestum mælistöðum. Greina má sömu sveiflur grunnvatnsstöðu í þeim holum sem eru með sírita. Punktmælingar í holum sem ekki eru með sírita virðast fylgja ferlum síritanna. Athyglisvert er að sjá hversu árstíðabundnar sveiflur hafa mikil á áhrif á grunnvatnsstöðuna en leysingar að vori hækka grunnvatnsstöðuna jafnvel um nokkra metra sem svo fellur aftur yfir vetrartímann.

Á mynd 13 er snið af meðal grunnvatnsstöðu úr nokkrum holum Landsvirkjunar við Þeistareyki. Myndin sýnir halla grunnvatnsborðsins vestur af Bæjarfjalli og norður að Rauðhól. Grunnvatnsflöturinn er á allmiklu dýpi en dýpst er á grunnvatn við holur ÞR10 og ÞR07 eða um 78-82 m. Þar er landhæðin mest í sniðinu. Grunnvatnsstaðan fellur lítillaga samhliða lækun í landi milli hola ÞR07 og ÞR09. Dýpi á grunnvatn við ÞR08 er um 55 m. Halli grunnvatnsborðsins virðist lítill á svæðinu en frá holu ÞR10 að holu ÞR08 er þrýstifall um 1 m/km.

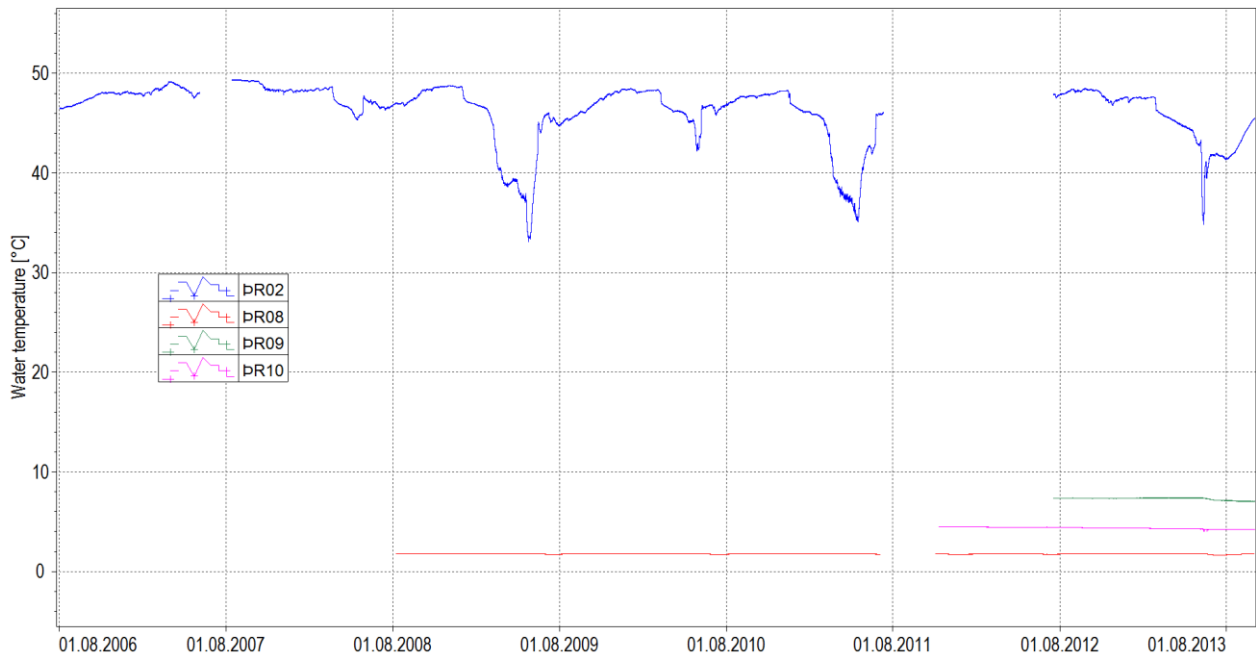


Mynd 13. Grunnvatnsstaða í sniði frá holu ÞR10 að holu ÞR08.

Grunnvatnshiti við Þeistareyki er all breytlegur eftir staðsetningu borhola en mestur er hitinn norður af og við vesturhlíðar Bæjarfjalls í holum ÞR02 og ÞR03 (Þórólfur H. Hafstað, 2010). Líkt og sjá má af mynd 12 nær hola ÞR02 ekki niður fyrir lægsta grunnvatnsborð en við borun hennar reyndist hitinn vera við suðumark á um 100 m dýpi. Hitinn hefur hins vegar mælst að jafnaði um 46°C síðan árið 2006, þ.e. þegar vatn er í holunni (mynd 14). Hitamæling í holu ÞR03 árið 2006 sýndi frá 86°C hita við grunnvatnsyfirborð og 100°C um 30 m neðan þess. Ekki finnast handmælingar á hita úr holunni í gagnagrunni Landsvirkjunar frá árinu 2006.

Mælingar á hita í holum í sniði vestur af Bæjarfjalli og norður að Bláskógaheiði gefa til kynna að áhrifa jarðhita megi líklega greina í holum ÞR10, ÞR09 (mynd 14) og einnig í holu ÞR07 en hitamæling í henni árið 2011 sýndi 3,2°C hita á 85 m dýpi og 4,9 °C á 110 m dýpi. Í holu ÞR08 er meðalhitinn um 1,7°C og virðist vera samkvæmt hitamælingum jafnkalt frá yfirborði til botns. Vatn í henni er talið eiga uppruna sinn að megninu til úr Lambafjöllum (Þórólfur H. Hafstað, 2010).

Í holu ÞR11 sem staðsett er suður af Bláskógarheiði mælist meðalhiti um 16°C en þar kemur berlega í ljós hvernig afrennslið af háhitasvæðinu leitar norður í Kelduhverfi.



Mynd 14. Hitaferlar úr borholum við Þeistareyki 2006-2013.

3.5 Grunnvatnsmælingar við Gjástykki

Síritandi mælingar á grunnvatnsstöðu við Gjástykki hafa staðið yfir frá árinu 2006 líkt og við jarðhitasvæðin í Námafjalli, Kröflu og á Þeistareykjum. Holur GR01 og GR02 sem hugsaðar voru sem skolvatnsholur vegna fyrirhugaðra borana á háhitasvæðinu eru í jaðri þess og hafa nýst til mælinga á grunnvatnsstöðu (mynd 15). Minni áhersla hefur verið lögð á rannsóknir við Gjástykki en á hinum háhitasvæðunum sökum þess að svæðið hefur verið sett í verndarflokk samkvæmt rammaáætlun en mælingarnar hafa nýst til kvörðunar á líkani Vatnaskila frá 2008.

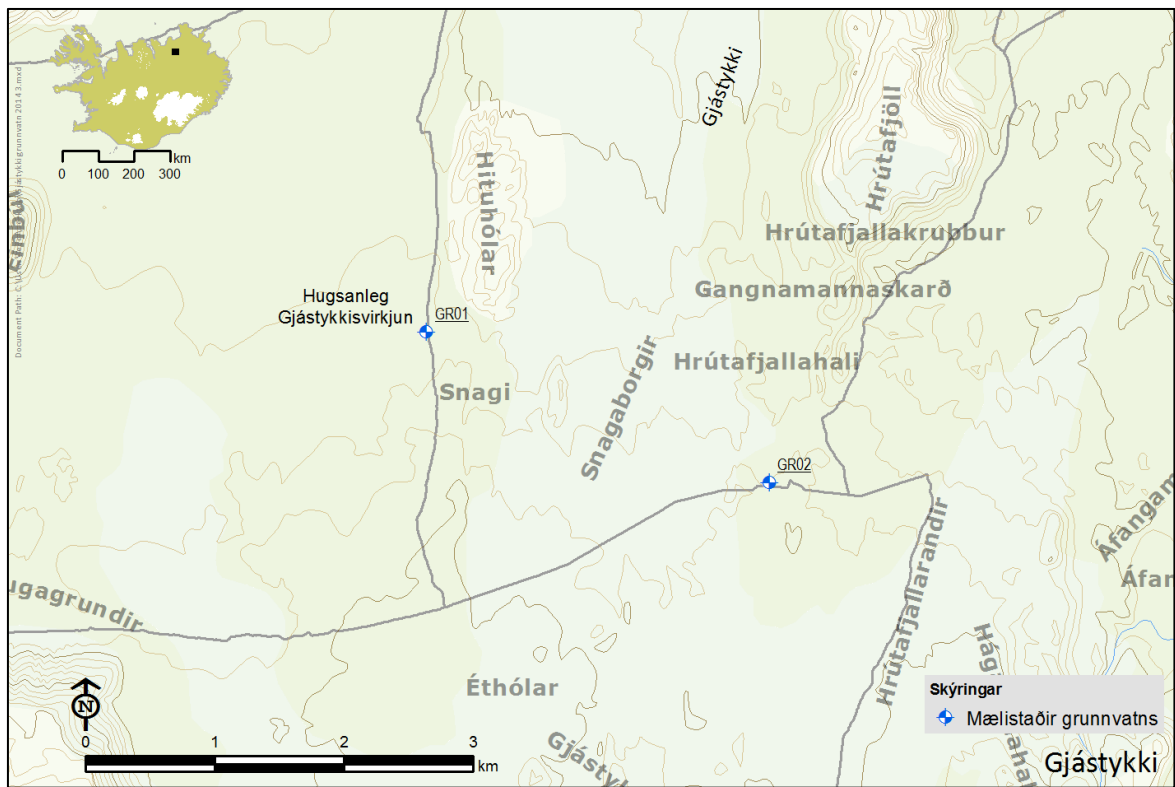
Í töflu 4 má sjá yfirlit grunnvatnsmælinga úr holum við Gjástykki. Ferla meðal grunnvatnsstöðu má sjá á mynd 16.

Grunnvatnsstaðan í holunum tveimur virðist mjög stöðug og sveiflast árstíðabundið þannig að leysingar á vorin valda tímabundinni hækkun sem jafnast hægt út. Dýpi á grunnvatn í holunum er nokkuð mikið eða um 110 m og er sveifla grunnvatnsstöðu svipuð í þeim báðum eða rúmir 4 m. Mikill munur er á hitastigi í holunum en athyglisvert er að sjá hversu kalt vatnið í holu GR02 er á 129 m dýpi.

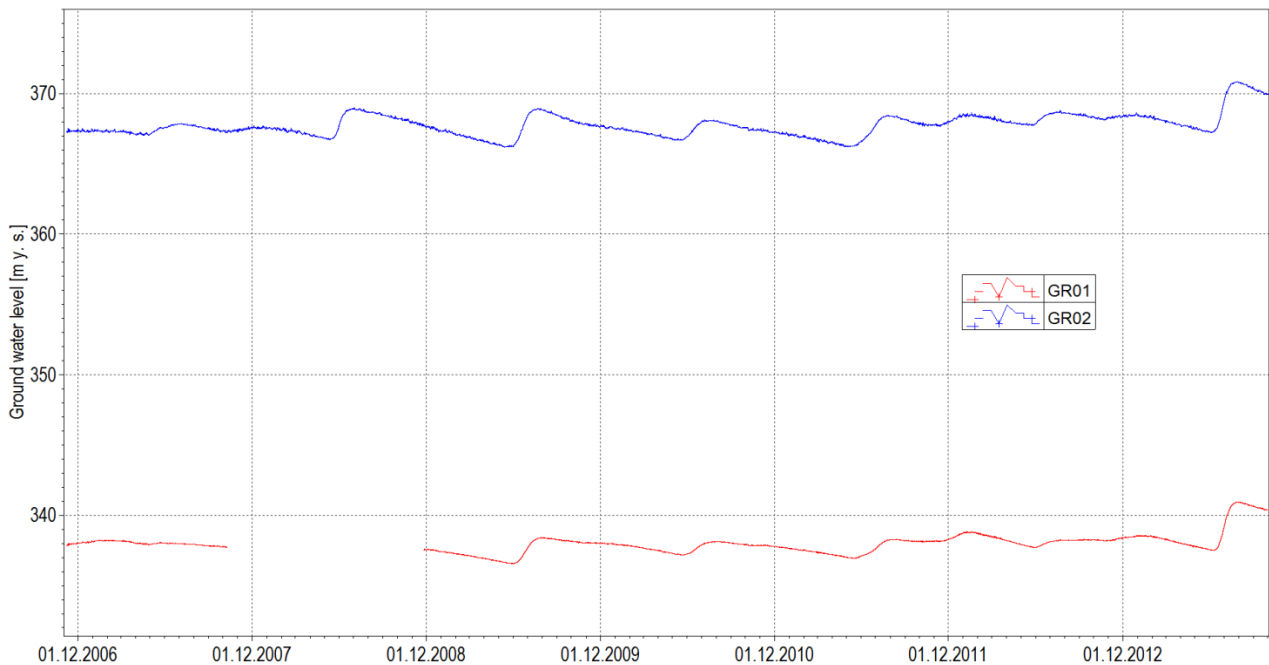
Samkvæmt líkani Vatnaskila frá árinu 2008 er stefna grunnvatnsstraumsins á svæðinu til norðurs í átt til Kelduhverfis. Svo virðist sem grunnvatnsflöturinn falli bratt á svæðinu en um 30 m munur er á grunnvatnsstöðu í holunum.

Tafla 4. Grunnvatns- og hitamælingar í borholum við Þeistareyki.

Hola	Mæling	Meðal grunnvatnshæð (m y.s.)	Hæsta / lægsta grunnvatnshæð (m y.s.)	Meðalhitastig (°C)	Dýpi sírita (m)	Síriti settur af stað / fjöldi handmælinga
GR01	Síriti	338,00	340,95/336,56	18,6	122	2.11.2006
GR02	Síriti	367,75	370,86/366,19	1,3	129	2.11.2006



Mynd 15. Yfirlitskort af grunnvatnsmælistöðum Landsvirkjunar við Gjástykki.



Mynd 16. Grunnvatnsferlar úr borholum við Gjástykki 2006 - 2013.

Samantekt og hugmyndir að vöktunaráætlun

Í rannsóknaráætluninni frá 2006 var lagt upp með metnaðarfulla áætlun varðandi þau verkefni sem inna þyrfti af hendi svo bæta mætti grunnvatnslíkan Vatnaskila ehf. frá 1999. Hvað varðar mælingar á grunnvatnshæð var lagt til að grunnvatnsstaða yrði mæld áfram á sömu stöðum við Námafjall og áður hafði verið gert en fækkað mælistöðum næst Mývatni. Þessu var framfylgt en við bættust nýir mælistaðir, LUD04, LUD05 og LUD06. Eins var lagt til að athugað yrði með holur vestan við Bjarnarflag, holur B-XX, en þar vantar beinar mælingar á grunnvatnsstöðu. Höfundur er ekki kunnugt um hvort ráðist hafi verið í þessar athuganir en eins og sakir standa væri æskilegt að afla meiri upplýsinga um grunnvatnsstöðu á þessu svæði svo fylla megir betur út í þá mynd sem komin er af legu grunnvatns (mynd 5). Við þetta má bæta að einnig væri skynsamlegt að mæla í holum LUD08 og LUD10 sem boraðar voru árin 2007 og 2008. Ráðgert er að bora rannsóknarholu norðan við gamla Kísiliðjureitinn en sú hola gæti gefið mikilvægar upplýsingar um stöðu grunnvatns á norðanverðu svæðinu. Gamlar kaldavatnsholur (AC-03, AC-06) rétt vestan við Kísiliðjureitinn gætu einnig gefið mikilvægar upplýsingar um grunnvatnsstöðu. Í Eldhrauni við norðanvert Mývatn voru boraðar árið 1993 einar 7 holur (HH-1 - HH-7) vegna kísilgúrleitar undir hrauninu (mynd 17) (Ásgrímur Guðmundsson, 1993). Þessar holur mætti hugsanlega nýta til að fylgjast með vatnsborði og grunnvatnsstraumum við norðanvert vatnið.

Eins og fram hefur komið eru þrýstinemarnir í grunnvatnsholunum með innbyggðan hitamæli, sem mælir einungis punktmælingu á hita þar sem neminn er staðsettur. Skynsamlegt væri að gera reglulega prófmælingar á hita í völdum holum til að fá betri mynd af grunnvatnshita svæðisins og fylgjast þannig með náttúrulegum breytileika hans. Við þetta mætti bæta líkt og lagt er til í skýrslu ÍSOR frá 2013 (Magnús Ólafsson o.fl. 2013) að mæla hita í lindum þannig að teikna megir upp jafnhitalínur af grunnvatni. Fylgst er með hita í Grjótagjá og Stórugjá með síritandi hitanemum.

Í nágrenni Kröflu var lagt til að grunnvatnsstaða yrði mæld í holum AE03, AE04, KH02, KH03, brunnum ASELIN (Austaraselslindir) og SABLIN (Sandabotnalindir) (mynd 2 og 7). Við þessu var orðið en þó var bætt um betur og handmælt í holum AE05, AE08, AE09 í Sandabotnaskarði og síriti settur í holu AE06 vestan við Hvíthólaklif. Af einhverjum ástæðum hefur þó ekki verið fylgst með grunnvatnsstöðu í Austaraselslindum (ASELIN) en þar væri gott að fá mælingar. Ekki er lengur mæld grunnvatnsstaða í holu AE04 norðan við Víti vegna jarðskjálftamælis, sem komið var fyrir í holunni árið 2013 en grunnvatnsborð í holunni er að öllum líkindum falskt. Í holu AE06 sem staðsett er á borplani við Hvíthólaklif er ekki lengur síritandi nemi en í holu AE03 sem er rétt vestan við og gefur svípaða grunnvatnsstöðu má greina kólnun frá því mælirinn var settur upp. Þetta er eina grunnvatnsholan á svæðinu, sem sýnir slíkar breytingar en skynsamlegt væri að mæla reglulega hitaprófila í holunni, til að fylgjast betur með þessum breytingum.

Í rannsóknaráætluninni var lagt til að fylgst yrði með grunnvatnsstöðu í holum ÞR01, ÞR02 og ÞR03. Vegna hás vatnshita reyndist á endanum einungis unnt að setja síritandi mæli í holu ÞR02 en grunnvatnsstaða var handmæld í holu ÞR03. Síðan 2006 hafa bæst við grunnvatnsholur á svæðinu og grunnvatnsstaða verið mæld í sex holum til viðbótar þeim tveim sem áður voru mældar (tafla 3). Í stað handmælinga í holu ÞR07 mætti koma fyrir síritandi mæli og hugsanlega einnig í holu ÞR04 reynist hiti ekki of mikill. Eins væri ráðlegt að mæla reglulega hitaprófila í völdum holum til að fylgjast með náttúrulegum breytileika hitans. Til stendur að bora nýjar holur á sömu stöðum og holur ÞR10 og ÞR11 en sú fyrrnefnda nýtist eingöngu fyrir hitamælingu, ÞR11 hrundi og lokaðist.

Við Gjástykki var lagt til að boraðar yrðu grunnvatnsholur sem nýta mætti til vatnstöku fyrir borun kjarnaholu, en eins til að kortleggja grunnvatnsstöðu svæðisins. Grunnvatnsstaða hefur

verið mæld í tveimur holum með siritandi mælum frá árinu 2006. Lítil áhersla hefur að öðru leyti verið lögð á grunnvatnsrannsóknir, þar sem svæðið hefur samkvæmt rammaáætlun verið sett í verndarflokk. Nokkuð góð mynd hefur fengist af hegðun grunnvatnsins í holunum tveimur og spurning hvort nauðsyn sé að halda mælingum gangandi.

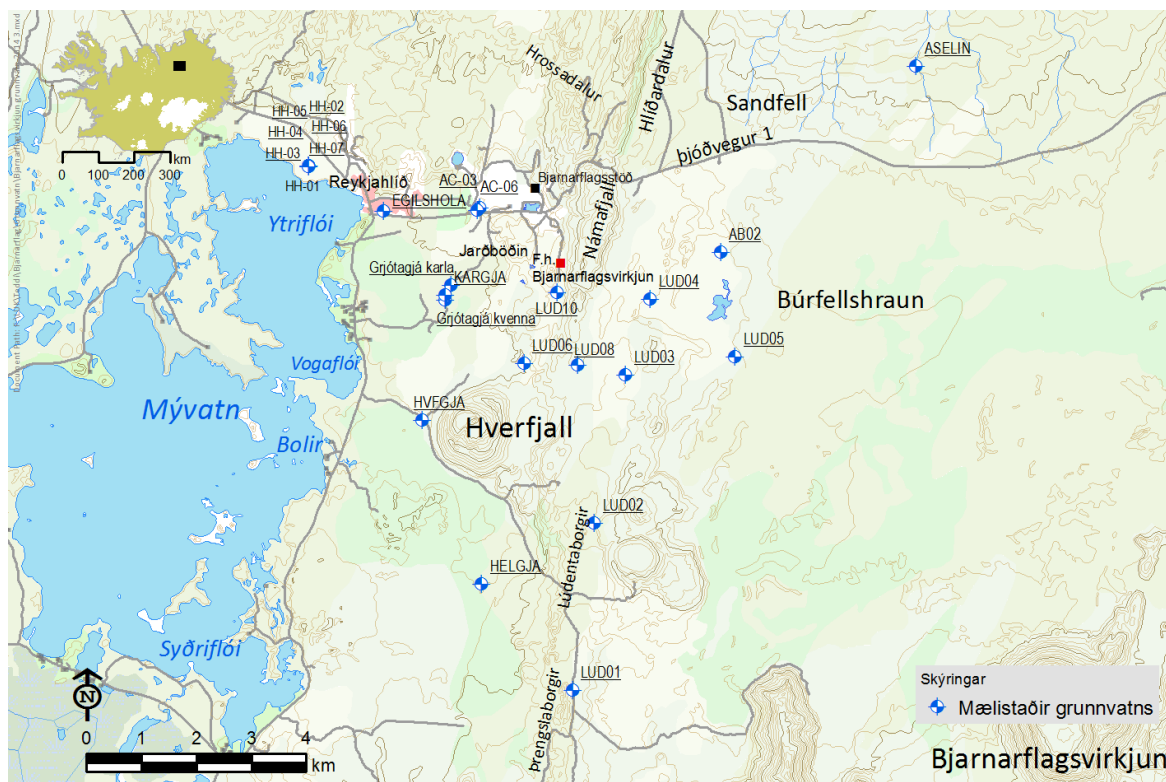
Niðurstöður túlkana á viðnámsmælingum með tilliti til grunnvatnsstöðu gáfu til kynna á sínum tíma að jarðhitavatn leitaði út úr Kröfluöskjinni um Hlíðardal (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980). Sömu niðurstöður gáfu til kynna að volgt vatn sem rynni í norðausturhorn Mývatns ætti uppruna sinn frá Námafjalli en hugsanlega einnig frá Kröflusvæðinu. Niðurstöður líkangerðar Vatnaskila frá 2008 af grunnvatnsrennsli til Mývatns gefa nokkuð svipaða mynd og niðurstöður viðnámsmælinganna. Nýjustu rannsóknir á efnasamsetningu volga grunnvatnsstraumsins, sem berst í norðvestanvert Mývatn, benda til að uppruna hans megi rekja til Kröflusvæðisins (Magnús Ólafsson o.fl. 2013).

Beinar mælingar á grunnvatnsstöðu geta gefið mikilvægar upplýsingar um halla og stefnu grunnvatnsstrauma (mynd 5). Engar borholur eru til staðar á stóru svæði frá Námaskarði og norður að Hvíthólaklifi og Sandabotnaskarði. Mikilvægar upplýsingar gætu fengist um grunnvatnsstrauma frá Kröflusvæðinu ef boraðar yrðu grunnvatnsholur á þessum svæðum. Mælingar á hita í holu við Hvíthólaklif benda til kólnunar grunnvatns á tímabilinu 2006-2013 og hið sama gildir um mælingar í holu AF01 (Egilshola) við norðaustanvert vatnið. Ofangreindar rannsóknir á grunnvatnsstraumum og efnasamsetningu vatns sem flæðir í norðaustanvert vatnið til Ytriflóa gefa sterklega til kynna að uppruna þess megi rekja til Kröflusvæðisins. Fleiri beinar mælingar á grunnvatnsstöðu gætu styrkt niðurstöður þessara rannsókna auk þess að afla upplýsinga um náttúrulegan breytileika grunnvatnsins.

Samantekt hugmynda um áframhaldandi vöktun á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita á Norðausturlandi:

Námafjall

- Viðhalda núverandi vöktun á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita.
- Hefja þrýstings- og hitamælingar í holum LUD08, LUD10, AC-03 og AC-06 (mynd 17).
- Hefja þrýstings- og hitamælingar í rannsóknarholu sem áætlað er að bora norðan við gamla Kísiliðjureitinn.
- Mæla þrýsting og hita í einhverjum af HH-xx holum í Eldhrauni við norðanvert vatnið (mynd 17).
- Mæla þrýsting og hita í affallsholu sem til stendur að bora vestan við Jarðböðin áður en farið verður að dæla í holuna.
- Afla gagna um grunnvatnsstöðu og hita í holum á hverasvæðinu vestan við Bjarnarflag. Um er að ræða þrýstingslausar vinnsluholur sem starfsmenn ÍSOR hafa mælt í reglubundnum eftirlitsferðum.
- Mæla reglulega hitaprófla í völdum holum.
- Mæla hita í lindum við bakka Mývatns, í gjám og grunnvatnsholum svo teikna megi upp jafnhitalínur grunnvatns.



Mynd 17. Núverandi og hugsanlegir framtíðar mælistaðir grunnvatns.

Krafla

- Viðhalda núverandi vöktun á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita. Hugsanlega mætti draga úr mælingum í Sandabotnaskarði.
- Hefja aftur þrýstings- og hitamælingar í holu AE-06 (mynd 7).
- Hefja þrýstingsmælingar í Austaraselslindum (ASELIN) (mynd 17). Reglulegar handmælingar myndu líklegast duga.
- Mæla reglulega hitaprófila í völdum holum.

Þeistareykir

- Viðhalda núverandi vöktun á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita.
- Hefja þrýstings- og hitamælingar að loknum borunum í nýjum holum sem staðsettar verða á sömu stöðum og ÞR10 og ÞR11 (mynd 11).
- Setja síritandi þrýstingsmæla í holur ÞR04 og ÞR07.
- Mæla reglulega hitaprófila í völdum holum.
- Mæla hita í holum með það að markmiði að teikna upp jafnhitalínur grunnvatns.

Gjástykki

- Viðhalda núverandi vöktun á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita.

Lokaorð og helstu niðurstöður

Í þessari skýrslu hefur verið gerð grein fyrir grunnvatns- og hitamælingum sem stundaðar hafa verið á og við jarðhitasvæðin við Námafjall, Kröflu, Þeistareyki og Gjástykki. Síritandi mælingar hófust á þessum stöðum árið 2006, þegar sett var í gang rannsóknaráætlun, sem miðaði að því að efla grunnvatnslíkan af Norðausturlandi og þá einkum við jarðhitasvæðin.

Helstu niðurstöður eru eftirfarandi:

- Skýr mynd hefur fengist af náttúrulegum breytileika grunnvatnsstöðu á og við jarðhitasvæðin. Svo virðist sem grunnvatnsstaðan sé nokkuð stöðug en snjóalög og leysingar að vori hafa mismikil áhrif á grunnvatnsstöðuna.
- Síritandi mælingar á hita í grunnvatnsholum gefa vísbendingar um hvort hiti sé stöðugur eða hafi breyst á mælitíma í efri hluta grunnvatnsins í viðkomandi holu. Greina má hitalækkun í holu AF01 við Reykjahlíð og holu AE03 við Kröflu.
- Mælingar á hita í Grjótagjá og Stórgjá sýna náttúrulegar hitabreytingar og hvernig hitinn í gjánum hefur farið lækkandi allt frá kvikuhlaupunum í Bjarnarflag árið 1977. Síritandi hitamælingar frá 1996 sýna árstíðabundnar sveiflur. Yfirborðskæling á veturna lækkar hitann sem svo hækkar aftur að sumri til.
- Fengist hefur grunnmynd af stefnu grunnvatnsstrauma og þrýstifalls sunnan við Námafjall út frá þrýstingsmælingum en hingað til hafa grunnvatnsstraumar verið áætlaðir út frá ferilefnaprófum og líkangerð.
- Telja má að grunnvatnsborð í nágrenni við Víti sé falskt en samanburður á grunnvatnsstöðu í holu AE04 og K-10 leiðir slíkt í ljós.
- Fengist hefur nokkuð skýr mynd af legu og þrýstifalli grunnvatnsborðs við Þeistareyki. Grunnvatnsborðið virðist mjög flatt á stóru svæði eða allt frá vesturhlíðum Bæjarfjalls og norður að Bláskógarheiði.
- Mikilvægra tímaraða af grunnvatnshæð hefur verið aflað í og við jarðhitasvæðin sem nýtast munu við endurskoðun á grunnvatnslíkani af Norðausturlandi í framtíðinni.

Í úrskurði¹ Skipulagsstofnunar frá árinu 2003 varðandi leyfisveitingu fyrir Bjarnarflagsvirkjun segir: „Landsvirkjun fylgist með hvort jarðhitavinnslan hafi áhrif á efnainnihald og streymi volgs grunnvatns til Mývatns með efnagreiningum og mælingum á hitastigi og vatnsborði í borholum og gjám. Ef svo reynist þarf að grípa til mótvægisáðgerða“. Í þessari skýrslu hefur verið gerð grein fyrir vatnsborðs- og hitamælingum í nágrenni Bjarnarflags. Hefur Landsvirkjun með þeim mælingum stuðlað að því að styrkja þá mynd af grunnvatnsstöðu og hita sem nauðsynlegt er að hafa verði ráðist í virkjanaframkvæmdir.

Í frummatsskýrslu um Kröfluvirkjun II (Landsvirkjun, 2010) setti Landsvirkjun sér það markmið, varðandi vöktun á umhverfisþáttum, að fylgjast með grunnvatnshæð í borholum í Búrfellshrauni tvisvar á ári. Í kafla 3.1 hér að ofan er gerð grein fyrir grunnvatnsmælingum í þessum holum og hefur Landsvirkjun gert betur en lagt var upp með og sett síritandi mæla í holurnar sem skrá bæði grunnvatnsstöðu og hita.

¹ „Úrskurður“, Skipulagsstofnun, 26. febrúar 2004, (2003110010), bls. 38.

Í frummatsskýrslu um þeistareykjavirkjun (Mannvit, 2010) var birt áætlun um vöktun og eftirlit á ýmsum þáttum eftir að rekstur virkjunarinnar væri hafinn. Þar á meðal er að finna eftirlit með grunnvatni og var áveðið að fylgst yrði með grunnvatnshæð í borholum og síritandi vatnsborðsmælar settir í valdar holur. Auk þess yrði hitamælt reglulega í völdum borholum. Í kafla 3.4 í þessari skýrslu er að finna umfjöllun um mælingar á grunnvatnsstöðu við þeistareyki sem nú þegar eru hafnar.

Landsvirkjun hefur með mælingum á grunnvatnsstöðu og grunnvatnshita við jarðhitasvæðin á Norðausturlandi aflað gagna sem gefa nokkuð skýra mynd af grunnástandi þessara þátta. Í þessari skýrslu er lagt til að núverandi vöktun verði haldið áfram og bætt við mælingum, sem geta hjálpað til við að skapa enn betri mynd af stöðu grunnvatns og hita.

Heimildaskrá

Axel Björnsson, Grímur Björnsson og Hjörtur Tryggvason, 1984. Breytingar á sprunguvídd og grunnvatnshita í Kröflueldum 1975-1983. Orkustofnun, OS-84085/JHD-37.

Ásgrímur Guðmundsson, 1993. Kísilgúrleit í Eldhrauni við Mývatn. Orkustofnun, OS-93066/JHD-32 B.

Freyr Þórarinnsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980. Krafla-Námafjall – Grunnvatnshæð. Orkustofnun, FÞ/BB-80/01.

Halldór Ármannsson, 1985. Um affallsvatn frá Kröfluvirkjun. Niðurstöður athugana á holu AB-02, Búrfellshrauni. Orkustofnun, OS-95046/JHD-30 B.

Jón Ólafsson, 1991. Undirstöður lífríkis í Mývatni. Í Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson (ritstj.), Náttúra Mývatns. Hið íslenska náttúrufræðifélag, 141-165.

Landsvirkjun, 2010. Kröfluvirkjun II. Allt að 150 MW jarðhitavirkjun við Kröflu í Skútustaðahreppi. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. LV-2010/042.

Magnús Ólafsson, 2000. Hitamælingar í Grjótagjá og Stórugjá í Mývatnssveit. Orkustofnun, greinargerð MÓ-2000-08.

Magnús Ólafsson, Þráinn Friðriksson, Þórólfur H. Hafstað, Sigríður Sif Gylfadóttir, Finnþogi Óskarsson og Halldór Ármannsson, 2013. Áhrif jarðhitanytingar í Bjarnarflagi á volga grunnvatnsstrauminn til Mývatns. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/038. Landsvirkjun, LV-2013/096.

Mannvit, 2010. Þeistareykjavirkjun. Allt að 200 MW jarðhitavirkjun í Þingeyjarsveit og Norðurþingi. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla.

Veðurstofa Íslands, 2014. Rennslisskýrsla vatnsárið 2012/2013, V105 Laxá, Helluvað.

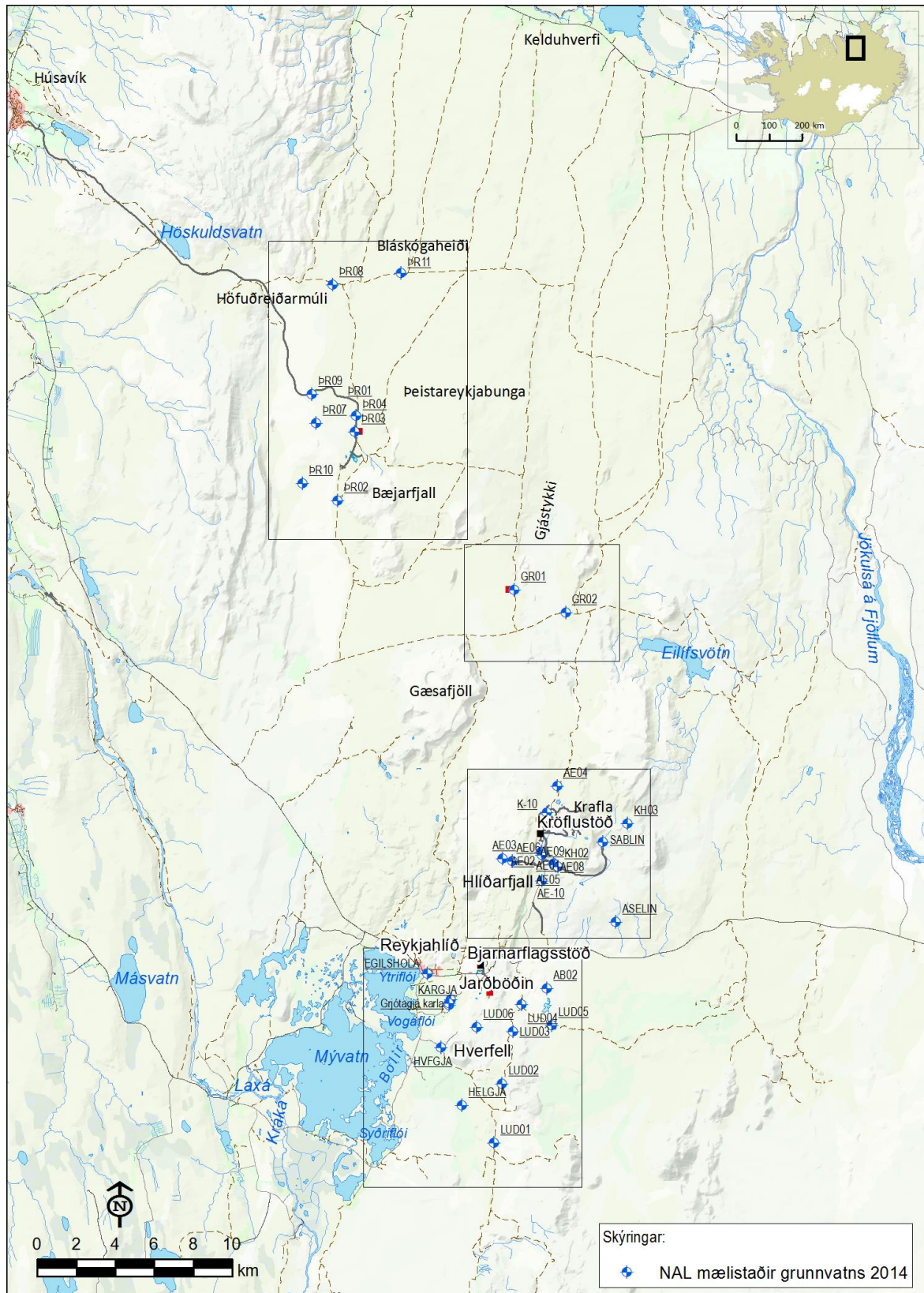
Verkfræðistofan Vatnaskil (1999). Mývatn. Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns. Verkfræðistofan Vatnaskil, 99.10, 17 s. Og 66 myndir.

Verkfræðistofan Vatnaskil (2008). Norðausturland. Lokaskýrsla um gerð grunnvatnslíkans í gosbeltinu norðan við Kröflu. Verkfræðistofan Vatnaskil, 08.03, 16 s. Og 53 myndir.

Þóroddur F. Þóroddsson og Guttormur Sigbjarnarson, 1983. Kísiliðjan við Mývatn – Grunnvatnsrannsóknir Orkustofnun, OS-83118/VOD-10.

Þórólfur H. Hafstað, 2010. Þeistareykir. Um grunnvatn og frárennslisvatn. ÍSOR, greinargerð, ÍSOR-10020.

Viðauki



NAL - norðausturland
 Bjarnarflag, Krafla, Gjástykki og Þeistareykir
 Grunnvatnsmælistaðir

Yfirlitskort af núverandi og fyrirhuguðum virkjanasvæðum á Norðausturlandi.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

