



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

# **SELFOSSEVEITUR**

**Vatnsvinnslumöguleikar  
á vinnslusvæðinu í Þorleifskoti  
og Laugardælum**

**Kristján Sæmundsson**

**Unnið fyrir Selfossveitur**

**1998**

**OS-98006**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 812

**Kristján Sæmundsson**

## **SELFOSSEITUR**

**Vatnsvinnslumöguleikar á vinnslusvæðinu  
í Þorleifskoti og Laugardælum**

**Unnið fyrir Selfossveitur**

**OS-98006**

**Janúar 1998**

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

<b>Skýrsla nr.:</b> OS-98006	<b>Dags.:</b> Janúar 1998	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> SELFOSSVEITUR Vatnsvinnslumöguleikar á vinnslusvæðinu í Þorleifskoti og Laugardælum	<b>Upplag:</b> 25	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 26	
<b>Höfundar:</b> Kristján Sæmundsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðni Axelsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Samantekt, mat á vatnsöflun	<b>Verknúmer:</b> 610 811	
<b>Unnið fyrir:</b> Selfossveitur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er farið yfir stöðuna í heitavatnsöflun Selfossveitna í þeim tilgangi að greina helstu kosti varðandi framhald heitavatnsvinnslu á jarðhitasvæðinu í Þorleifskoti og Laugardælum. Helstu niðurstöður eru þær að jarðhitasvæðið er hringlaga, um 2 km í þvermál (30°C jafnhitalína á 200 m dýpi). Útmörk þess til suðurs eru illa þekkt. Aðaluppstreymi heits vatns til yfirborðs var suðaustan við Þorleifskot og í Laugardælum hefur sennilega verið annað uppstreymissvæði. Meginuppstreymi úr djúpkerfinu virðist fylgja 'Þorleifskotsprungunni'. Jarðhitakerfið er tvískipt, efra kerfi frá 100 m niður á ca. 1000 m, um 80-90°C heitt við upphaf vinnslu, og neðra kerfi með 125-140°C vatni. Vatnsleiðni er góð í austurhluta efra kerfis en vatnsgæfni neðra kerfis lítil. Sprungur eru ekki sýnilegar á vinnslusvæðinu nema vestantil. Holur ÞK-9 og 15 eru einu djúpu holurnar sem talið er að sýni nálægð við öflugar vatnsæðar í djúpkerfinu. Í framtíðinni hlýtur vinnsla að beinast að heitari leiðurum í djúpkerfinu en þeim sem nú er aðallega unnið úr í efra kerfinu. Þannig er hægt að hægja á kælingu, en því markmiði má að hluta ná ef unnt er að lagfæra holur 11 og 14. Settar eru fram tillögur um aðgerðir sem felast í endurbótum á eldri holum annars vegar og rannsóknum og borunum hins vegar, og þá helst með djúpborun nærri holu 9.		
<b>Lykilord:</b> Selfossveitur, lágheatasvæði, jarðhiti, hitastigull, borholur, vatnsvinnsla, sprungur, viðnámsmælingar, lekt	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> GA PI	

## **EFNISYFIRLIT**

1. Inngangur	5
2. Staða vatnsvinnslunnar	5
3. Upphaflegi jarðhitinn	6
4. Jarðskjálftasprungur	7
5. Viðnámsmælingar	8
6. Djúpu holurnar og jarðskjálftasprungur	9
7. Hitastigull á grannsvæði og hitafrávikið kringum Laugardæli og Þorleifskot	9
8. Hiti og lekt í efra kerfinu	10
9. Berghiti neðan 1000	11
10. Endurbætur á borholum	11
11. Helstu niðurstöður	12
12. Tillögur um aðgerðir	14
13. Tilvitnanir	15

## **TÖFLUR**

1. Vatnsvinnsla Hitaveitu Selfoss	13
-----------------------------------	----

## MYNDIR

1. Afstaða borholna við Laugardælur og Þorleifskot	17
2. Jafnhitalínur á jarðhitasvæðinu og lega jarðskjálftasprungna	18
3. Viðnám á 500 m dýpi í Ölfusi og Flóa	19
4. Lárétt hliðun holu 14	20
5. Hitamælingar í holu 9	21
6. Hitamælingar í holu 10	21
7. Hitamælingar í holu 11	21
8. Hitamælingar í holu 12	21
9. Hitamælingar í holu 13	22
10. Hitamælingar í holu 14	22
11. Hitamælingar í holu 15	22
12. Hitamælingar í holu HT-01	23
13. Hitamælingar í holu HT-02	23
14. Hitamælingar í holu HT-03	23
15. Hitamælingar í holu HT-04	23
16. Hitamælingar í holu HT-05	24
17. Hitamælingar í holu HT-06	24
18. Hitamælingar í holu HT-07	24
19. Hitamælingar í holu HT-08	24
20. Hitamælingar í holu HT-09	25
21. Hitamælingar í holu HT-10	25
22. Hitamælingar í holu HT-11	25
23. Hitamælingar í holu HT-12	25
24. Hitamælingar í holu HT-15	26
25. Hitamælingar í holu HT-16	26
26. Hitamælingar í holu HT-17	26

## 1. Inngangur

Höfundur hefur að ósk Ásbjörns Blöndal hitaveitustjóra farið yfir stöðuna í heitavatnsöflun Selfossveitna í þeim tilgangi að greina helstu kosti sem fyrir hendi eru varðandi framhald heitavatnsvinnslu í Þorleifskoti og Laugardælum. Starfsfélagar á Orkustofnun, einkum Guðni Axelsson og Ómar Sigurðsson, hafa veitt margvíslegar upplýsingar.

Efni þessarar skýrslu hefur verið lengi í vinnslu. Á þeim tíma kom í ljós að hola 15 var betri en menn héldu, þannig að slaknaði á pressunni varðandi næstu skref í vatnsöflunarmálum hitaveitunnar og meiri tími gafst til yfirlegu. Ein rannsóknarhola (HT-17) var boruð við Reykjavelli til könnunar á víðáttu jarðhitakerfisins í þá áttina. Þrjár af HT-holunum voru jarðlagagreindar, þ.e. holur HT-13 (í Grjóthólma) og HT-16 og 17 sem eru austastar (Guðmundur Ó. Friðleifsson 1997). Tilgangurinn var m.a. að sjá hversu ummyndun væri mikil í þeim samanborið við ummyndun á vinnslusvæðinu.

## 2. Staða vatnsvinnslunnar

Staðan hjá hitaveitunni nú er í stórum dráttum þannig að dælt er úr fjórum holum (sjá töflu aftar).

**Hola 12** í Laugardælum gefur með dælingu 5 l/s af tæplega 120°C heitu vatni úr æðum á 1400-1500 m dýpi.

**Holur 10 og 13** í Þorleifskoti standa undir 60 l/s dælingu hvor. Í holu 13 sem er sunnar eru engar æðar neðan 650 m. Í holu 10 er neðsta góða æðin í 550 m og æðavottur er á 1000-1100 m. Smáæð í 1600 m er ekki virk. Vatnið, sem dælt er úr holunum, hefur kólnað úr 88°C í 73°C (hola 10) og úr 78°C í 72°C (hola 13) á rúmum 15 árum. Kólnunarhraðinn við núverandi dælingu bendir til að holur 10 og 13 verði tæpast nothæfar eftir um það bil áratug, þ.e. verði komnar niður undir 60°C í hita. Áhrif eru engin milli djúpu æðanna í holu 12 og vatnskerfisins ofan 550-650 m í holum 10 og 13. Niðurdráttur í holum 10 og 13 er 120-145 m að vetri til, en um 40 m á sumrin.

**Hola 15** í Þorleifskoti er treg, enda fóðruð djúpt (í 645 m). Hún gefur um 14 l/s af rúmlega 80°C heitu vatni með ca. 100 m niðurdrætti. Stórar æðar voru fóðraðar af í 525 m og ofar. Aðalæðarnar í holu 15 eru í 700 og 850 m. Auk þess er smáæð í 1000 m og önnur um 135°C heit í rúmum 1200 m. Í þökkun neðan við 850 m æðina tók hola 15 við um 30 l/s við 80 bara þrýsting. Uppstreymi virðist vera úr dýpstu æðunum upp í 850 m æðina (sbr. hitamælingar, mynd 11).

**Hola 14** í Þorleifskoti er til vara. Hún gefur um 50 l/s af tæplega 70°C heitu vatni, úr vatnsæðum ofan 850 m. Dæla er í henni og gripið til hennar þegar þörf er á. Hola 14 boraðist á ská, til SA (N157°A), og endar um 300 m til hliðar við holustút (mynd 4). Holan er rétt hjá holu 9 og var boruð í stað hennar. Vinnslukaffli holu 14 og hola 15 ná lengst til A og SA af djúpu holunum á vinnslusvæðinu. Efri helmingur holu 14 er í s.k. efra jarðhitakerfi, en neðri helmingurinn má heita að sé kominn út úr því til suðausturs.

**Hola 11** í Laugardælum er ónothæf vegna ófullnægjandi frágangs. Hún er fóðruð í 360 m, en samt treg. Hún gefur vatn úr djúpri æð (í 1113 m, um 95°C) og grunnri æð (í 380 m, rúmlega 40°C). Blöndun vatns úr þessum æðum veldur útfellingum í dælu og holan er því ekki nýtt, enda er vatnsblandan úr þessum æðum einungis rúmar 60°C. Hola 11 er suðvestast á jarð-

hitasvæðinu og var á sínum tíma staðsett nærri „útkulnuðum hver" (Jens Tómasson 1984). Átt mun við 20-40°C heita laug sem var vestan við gamla Laugardælavegin, 100-300 m ASA frá holunni eftir því sem næst verður komist.

Ef tekið er tillit til misdjúpra fóðringa er lítil munur á vatnsgæfni djúpu holnanna að undanskildum holum 11 og 12 í Laugardælum. Engar af Þorleifskots-holunum gefa vatn svo nokkru nemi neðan 850 m. Hóla 15 gefur þó líklega eitthvað úr dýpri æðum.

Í umræðunni hér á eftir verður eins og jafnan rætt um efra (jarðhita)kerfi og neðra eða djúpkerfi. Efra kerfið hafði upphafshita 80-90°C. Það nær dýpst í holu 11 (~ 1100 m), en í 700-900 m í holum 9, 10, 13, 14 og 15. Djúpkerfið gefur sig til kynna með niðursveigðum (konkav) og í tveimur tilfellum lóðréttum berghitaferli (holur 9 og 15, myndir 5 og 11). Smáæðar koma fram í djúpkerfinu neðan ~ 1000 m í holum 10, 11, 12 og 15. Það er 120-140°C heitt. Aðeins hola 12 og líklega 15 vinna úr djúpkerfinu.

Kólnunin sem ógnar vinnslunni í Þorleifskoti kemur úr NA (Ómar Sigurðsson 1995). Nokkrar af rannsóknarholunum, sem nýlega voru boraðar í grennd við Þorleifskot, gefa upplýsingar varðandi kólnun jarðhitakerfisins. Þar er um að ræða holur HT-7, HT-11, HT-15 og HT-16. Tvær þær síðast töldu eru 300 m djúpar. Í HT-16 sem er vel innan jarðhitasvæðisins virðist kólnun vera komin fram á því dýpi, en ekki í holu HT-15, þar eð hún var nýboruð um 80°C heit í botni. Síðan hefur hún kólnað vegna niðurrennslis í holunni sjálfri. Þess er þó að gæta að hola HT-15 var loftblásin fyrir mælingu en HT-16 ekki. Eftir þísun (steypingu mælirörs) kæmi rétt hitaástand væntanlega í ljós.

### 3. Upphaflegi jarðhitinn

Fyrir boranir 1945 voru laugar á þremur stöðum í Laugardælum og Þorleifskoti. Þær komu upp í hrauni og voru afrennslislausar. Vatnsstaða er breytileg í hrauninu og hiti í laugunum var það einnig. Þegar leitað er heimilda um upphaflega jarðhitann verður ljóst að hálfgerð lausatök hafa verið á skráningu upplýsinga um hann.

Það helsta sem um hann finnst frá því fyrir boranir er eftirfarandi:

**Laugardælir (heima):** Aðallaugin var 29-48°C (Þorkell Þorkelsson 1930, Sonder 1941, Rannsóknaráð ríkisins 1944). Hún er sögð hafa hitnað í 60°C um tíma eftir jarðskjálftann 1896 (Gunnar Böðvarsson 1951). Afbræðslur voru í kring (Þ.Þ. 1930). Hita varð vart í grunni einhvers af stóru gripahúsunum suður af lauginni (Haukur Jóhannesson og Stefán Arnórsson 1982).

Í viðnámsmælingum Gunnars Böðvarssonar frá 1949 kom fram viðnámslægd kringum laugasvæðið í Laugardælum um 100-250 m á lengd (eftir því hvort miðað er við 200 eða 300 Ωm jafnviðnámslínu) með stefnu NA—SV (sjá Jens Tómasson 1966). Viðnámslægdin er minni og viðnámið hærra en í þeirri sem síðar fannst í Þorleifskoti. Hæsti hiti sem fannst í fyrstu holunum í Laugardælum (áður en dæling byrjaði) var 80°C í 90 m (G.B.1951). Úr þeirri heitustu var fyrst í stað dælt 79°C heitu vatni. Dýpi á „gamla bergið" undir hrauni og setlagi er um 40 m í Laugardælum. Eftir að fleiri holur höfðu verið boraðar þar (sú dýpsta 175 m) var ályktað að hiti neðan 50 m væri 68°-70°C, þ.e að viðsnúningur væri í hita og 80°C-vatnið væri aðrunnið. Það verður þó að teljast óvíst því röskun varð á hitaástandinu fljótt eftir að dæling byrjaði. Sprungutengt uppstreymi gæti vel (hafa) verið í Laugardælum norðaustur frá gripahúsunum þar sem lágviðnámið vísar til.



**Laugardælir (suður frá bæ):** Um þann hita hef ég skráð (1968) eftir Erlendi Sigurjónssyni að staðurinn væri í skurði sunnan gamla vegarins að Laugardælum, hitinn um 30°C, kæmi aðeins upp í miklum vatnagangi, "en gerir það enn í dag". Staðinn hef ég merkt á kort 1:50.000 um 350 m í stefnu rétt austan við suður frá kirkjunni. Haukur Jóhannesson og Stefán Arnórsson (1982) nefna þennan stað einnig með 40°C hita. Haukur segir mér að hitinn hafi ekki verið uppi þegar þeir skoðuðu aðstæður, heldur hafi Erlendur frætt þá. Helga Torfasyni var sýndur þessi staður fyrir um 15 árum og merkti hann staðinn á loftmynd. Þar er hann sýndur 200 m sunnar en ég hef merkt hann. Niðurdráttur í vinnsluholunum nam á þessum tíma (kringum 1980) tugum metra.

**Þorleifskot:** Hiti 47-48°C (Þorkell Þorkelsson 1930, Sonder 1941). Ekki er víst hvar laug þessi var. Líklega er um annan stað að ræða en brunn þann sem merktur er á viðnámskortu Gunnars Böðvarssonar frá 1949. Gunnar (1951) nefnir brunninn og að einhver velgja muni vera í honum, frjósi þó að vetri til. Í Þorleifskoti voru á þessum árum einungis útihús. Þorsteinn Thorsteinsson minnst þess ekki að laug hafi verið í Þorleifskoti þegar hann var þar við viðnámsmælingar 1949. Rögnvaldur Finnbogason sem var við fyrstu boranirnar í Þorleifskoti minnst þess að heitt vatn var í grunni gömlu dælustöðvarinnar (braggans) þegar hún var byggð, en man að öðru leyti ekki eftir laug þar.

Sonder (1941) getur þess að 76°C hiti hafi verið í Laugardælum fyrir jarðskjálftann 1896. Líklega mun þar átt við Þorleifskot (þá eyðihjáleigu frá Laugardælum), en "hverinn" sem þar var hvarf í jarðskjálftanum 1896 sagði Erlendur mér eftir gamalli konu sem lengi átti heima í Þorleifskoti. Hverinn sagði hún hafa verið þar sem hola 4 er. Lágviðnámspollur, um hektari að stærð, kom fram í viðnámsmælingum Gunnars Böðvarssonar kringum hitann í Þorleifskoti (sjá Jens Tómasson 1966). Hola 4 er miðsvæðis í honum austan til.

#### 4. Jarðskjálftasprungur

Milli Laugardælavatns og Laugardæla sjást opnar sprungur á nokkrum stöðum. Þær stefna flestar á bilinu N30—50°A. Í túnum austur og suður af Laugardælum sést votta fyrir sprungum. Sú stærsta og greinilegasta liggur sunnan við syðsta húsið í Laugardælahverfinu. Aftur markar fyrir tveimur sprungum í framræslustykkjunum suður af holu 11. Önnur er um 60 m SA af holu 11. Hin er vestan við hraunhól í næstsyðsta framræslustykkinu austur af verkstæðishúsum K.Á. Sprungur eru svo aftur greinilegar austast í Selfossbæ þar sem göturnar heita -traðir. Í heild er sprungustykki þetta rúmlega 2,5 km á lengd og meginstefna þess nálægt N35°A. Það heldur líklega áfram til norðurs vestan Laugardælavatns og Stóra Ármóts og þá með N10°A-stefnu eins og tíðast er í sprungukerfunum austar í Flóa.

Á borsvæðinu, þ.e. innan um djúpu holurnar, eru hvergi skýrar sprungur. Sprunga er sýnd í breiðri dæld 75-80 m suðaustan við holu 12 á nýlegum kortum Orkustofnunar, en erfitt er að staðsetja hana nú þar sem þar er búið að slétta og rækta tún.

Sprungurnar eru sýndar á mynd 1. Þær greinilegustu eru í samræmi við kort Páls Imsland o.fl. (1997), en nokkrar þeirra syðstu eru samkvæmt eigin athugunum.

Á jafnhitamyndum Ómars Sigurðssonar sem gerðar voru eftir borun HT-holnanna (að mestu óbirt), er sýnd kólnun á mjóu belti í Laugardælum með NA—SV-stefnu frá holu HT-5 að holu ÞK-11. Líklegasta skýringin er sú að kólnuninni valdi sprunga með mikilli lekt. Hún fellur syðst saman við sýnilegu sprungurákina í Laugardælum (mynd 2).

Í Þorleifskoti er óljóst um legu jarðskjálftasprungna ef yfirborðið eitt er skoðað. Upphaflegi jarðhitinn og eldri jafnhitamyndir Ómars Sigurðssonar (1995, sjá myndir 12 og 19 þar) eru skýrasta vísbendingin um jarðskjálftasprungu (mynd 2), en hún þarf ekki að ná upp úr hrauninu. Framhald hennar í suðvestur kemur fram í óbirtum gögnum Ómars, þ.e. á jafnhitamyndum, teiknuðum eftir að síðustu (og austustu) HT-holurnar voru boraðar (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson 1996).

Sprungurnar í Laugardælum og austast í Selfossbæ eru gapandi gjár, ½-3 m á breidd. Búið er að fylla í þær breiðustu. Lárétt færsla samsíða þeim er ekki sýnileg. Stefna sprungnanna í Laugardælum (og Þorleifskoti) er töluvert austlægari en algengast er á jarðskjálftasprungum á Suðurlandi. Það ætti að fela í sér hlutfallslega meiri gliðnun í þeim en ef stefnan væri norðlægari. Hola HT-13 í Grjóthólma (utan kortanna á myndum 1 og 3) lenti í 80°C heitu vatnskerfi á 500 m dýpi. Norður frá henni eru sprungur. Þar virðist vera um annað sprungukerfi að ræða en í Laugardælum. Sprungurákin þar heldur N30°A stefnu norður að Laugardælavatni.

Óvíst er um halla á jarðskjálftasprungunum þegar dýpra kemur. Nýjustu upplýsingar byggðar á greiningu skjálftaupptaka benda til að þær séu næstum lóðréttar niður á viðráðanlegt bordýpi. Í þeim fáu tilfellum þar sem tekist hefur að ráða í hallann út frá skjálftagögnunum í vestanverðum Flóa er hann ýmist austlægur eða vestlægur.

Tvær rannsóknarholur (HT-1 og HT-10) sem eru nærri Laugardælasprungunni gáfu til kynna að hallinn á henni væri austlægur þar sem önnur þeirra (HT-10) var mjög lek og hrungjörn á kafla, en hin ekki (Helgi Torfason 1994). Johnny borstjóri telur að borinn hafi fyrst lent í sprungu á um 60 m dýpi (þar var steypt úr 2 tonnum af sementi, sem allt hvarf út). Borinn elti sprunguna á kafla, lenti svo í henni aftur nærri botni (160 m) og var þá hætt. Frá holu HT-10 eru um 70 m til SV í opna sprungu sem virðist stefna um það bil 20 m vestan við þá holu. Sú fjarlægð kann að vera ofmetin, en í öllu falli er holan austan við sprunguna (eða sprungukerfið) og því eðlilegt að álykta um austlægann halla á henni.

Á Laugum í Hraungerðishreppi var á sínum tíma borað beggja megin við ógreinilega jarðskjálftasprungu, og reyndist hallinn þar vera vestlægur. Í Oddgeirshólum var borað vestan megin við jarðskjálftasprungurnar með góðum árangri. Sama var uppi á teningnum í Sölvholti svo þriðja dæmið úr Flóanum sé nefnt. Varðandi hallann er því ekki um ákveðna reglu að ræða.

## 5. Viðnámsmælingar

Viðnámsmælingar hafa verið gerðar um allan Flóa og Ölfusið allt frá 1965 fram yfir 1980. Mælingarnar eru þó fáar og stjálár. Allar mælingarnar voru gerðar með Schlumberger-aðferð. Fyrstu viðnámskortin sýndu um 5 km breiða viðnámslægd sem lá frá SV til NA frá Selfossi austan Ölfusár. Miðja lágviðnámsins í henni var norðan Suðurlandsvegar milli Laugardælavatns og Bollastaða (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1973). Jarðhitasvæðin í Árbæ, við Ölfusárbrú, í Laugardælum og Þorleifskoti og á Laugarbökkum voru vestantil í viðnámslægdinni. Lágviðnámið milli Laugardælavatns og Bollastaða er nú talið stafa af þykkum setlögum ofan á berggrunninum. Ekki liggja nægar boranir fyrir því til staðfestingar. Hola HT-17 er vestast í viðnámslægd þessari. Dýpi á „gamla bergið“ í henni reyndist einungis 30 m. Fínni drættir í þessari mynd komu í ljós í seinni mælingum. Sú mynd sem nú liggur fyrir sýnir enn lágviðnámsrennu, 4-5 km breiða, frá VSV til ANA sem liggur um Selfoss (mynd 3). Lægsta viðnámið í þessari nýjustu mynd er Ölfusmegin við Ölfusá og innan þess aðeins jarðhitasvæðin í Árbæ og við Ölfusárbrú. Jarðhitasvæðin í Laugardælum og Þorleifskoti eru austan við lægstu gildin í þessari viðnámslægd.

Ekki virðist vera sérlega gott samræmi milli viðnámsmælinga og nýlegra hitastigulsborana á svæðinu milli Laugarbakka og Þorleifskots, en þar kann fremur að vera um að kenna strjálum mælingum en því að mælingarnar séu ónæmar. Viðnámsniðsmælingar norður frá Laugardælum og Þorleifskoti gáfu til kynna lágviðnámsrásir (sprungur) með N60°A stefnu, aðallega norðaustur frá Laugardælum. Með TEM-mælingum sem skynja betur viðnámsdreifinguna undir mælistað mætti líklega bæta þessa mynd ef stærra svæði yrði skoðað.

## 6. Djúpu holurnar og jarðskjálftasprungur

Sem áður sagði er lárétt færsla samsíða opnum gjám kringum vinnslusvæðið ekki sýnileg utan gliðnun, og sannfærandi sprunguhólar eru ekki sýnilegir. Á nokkur hundruð metra dýpi væri þess þó að vænta að yfirborðssprungurnar sameinist í eina eða tvær meginsprungur með víxlengis-hreyfingu. Afstaða djúpu holnanna til slíkra sprungna er óljós. Varðandi Laugardælaholurnar, ÞK-11 og ÞK-12 má þó ætla að þær séu 40-60 m vestan við slíka meginsprungu. ÞK-holur 14 (vinnsluhlutinn) og 15 eru austan við „kólnunarsprunguna“ í Þorleifskoti, en ÞK-9 vestan við hana. ÞK-holur 9, 10, 13, 14 og 15 eru annars líkar með tilliti til vatnsæða, og engin vísbending um að æðarnar í þeim séu beint tengdar sprungum. Almennt má álykta að austan við Laugardæla-sprunguna svo langt austur sem borað hefur verið sé borað í sprungustykki sem ræður miklu um hina góðu lekt sem þar er ofan 1000 m borið saman við holur ÞK-11 og 12, sem eru vestan hennar.

## 7. Hitastigull á grannsvæði og hitafrávikid kringum Laugardæli og Þorleifskot

Fáar borholur eru á vestanverðu Suðurlandi sem treysta má að sýni hitastigul, ótruflaðan af jarðhitakerfi. Fjórar djúpar holur eru þar þó sem gefa upplýsingar um þetta. Þær eru á Eyrarbakka (752 m) 90°C/km, vestan við Þorlákshöfn (1076 m) 90°C/km, á Brjánsstöðum í Grímsnesi (1055 m) um 100°C/km og á Minniborg í Grímsnesi (1226 m) um 95°C/km. Stigullinn kringum Selfoss ætti samkvæmt þessu að vera kringum 95°C/km. Ein af HT-holunum, HT-8 (nærri sjúkrahúsinu, 65 m djúp) er með 90°C/km stigul. Allar aðrar holur á þessu svæði (í Árbæ, við Ölfusárbrú, í Laugardælum og Þorleifskoti og á Laugarbökkum) sýna áhrif frá jarðhitakerfum. Út frá HT-holunum sem boraðar voru á árunum 1994-1996 er hægt að teikna jafnhitalínur á mismunandi dýptarbili með framlengingu á hitaferlum (sbr. Ómar Sigurðsson óbirt). Á mynd 2 eru sýndar jafnhitalínur á 200 m dýpi samkvæmt túlkun skýrsluhöfundar á hitamælingum í þessum holum (myndir 12-26), auk holu ÞK-11 í Laugardælum. Kólnunarrennur Ómars eru teiknaðar inn á myndina (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson 1996). Að öðru leyti er miðja vinnslusvæðisins ekki greind upp. Á mynd 2 kemur miðja hitasvæðisins fram sem nokkurn veginn hálfhringur 700-800 m í þvermál, opinn til SV. Ytri mörk eru hér teiknuð við 30°C á 200 m dýpi sem bogi með tæplega 1 km radíus, opinn suður.

Miðja vinnslusvæðisins er skv. þessari mynd við holur ÞK-10 og 13 í góðu samræmi við vinnslu úr efra kerfinu sem aðallega byggist á þeim holum. Djúpkerfisins er að leita til hliðar, og þá helst í sprungu- og kólnunarreinunum. Vestri kólnunarreinin fellur syðst saman við sprungureinina í Laugardælum, en flyst vestur fyrir hana þegar kemur norður á móts við Laugardæli. Stefnan á kólnunarreininni þar er hins vegar nær því sem algengast er um jarðskjálftasprungur á Suðurlandi. Vestri kólnunarreinin er raunar illa skilgreind sunnan til þar sem holur ÞK-11 og 12 eru

einar til viðmiðunar.

Eystri kólnunarreinin liggur frá holu HT-6 til SSV að holu HT-15. Elstu Þorleifskotsholurnar (og þar með upphaflegi jarðhitapollurinn) og ÞK-9 eru í henni (mynd 2). Allar þessar holur eru kældar nema sú nyrsta (HT-6, mynd 17). Kæling virðist þó lítil í holu HT-3 (mynd 14).

Full ástæða væri til að kortleggja hitafráviknið á vinnslusvæðinu lengra til suðurs og kanna um leið finni drætti innan þess, þ.e. kólnunarrennurnar.

## 8. Hiti og lekt í efra kerfinu

Af boruninum sést að lekt í jarðhitakerfinu er best austan við Laugardælasprungurnar. Þar er þó lítil sem engin lekt neðan 1000 m. Holur ÞK-11 og 12 sem eru vestan við Laugardælasprungurnar, eru tregar í efra kerfinu. Ein smáæð er í 500 m í holu 12, en í holu 11 er um það bil 5 l/s æð í efra kerfinu á 1130 m, 90-95°C heit.

Í jarðlögum er ekki að sjá neina stökkbreytingu kringum 1000 m. Basalthraunlög eru ráðandi neðan 500 m, en í 1000 m er komið í nokkuð ummyndað berg þar sem háhita-zeólítar og klórít eru ráðandi einkennissteindir. Hugsanlega veldur láréttur mesti þrýstingur því að sprungurnar síga fljótt saman í þessu umhverfi neðan 1000 m.

Ummyndun bergs á borsvæðinu er mikil og miklu meiri en í Árbæ 3-4 km vestar. Dýpi á laumontít er þannig um 900 m í Árbæ en 300 m í Þorleifskoti. Eftir því virðist borsvæðið í Þorleifskoti vera í vesturjaðrinum á gömlu háhitasvæði. Þess sér þó ekki merki á þyngdar- eða segulkortum. Í jafn ungu bergi og austan við Selfoss (um 2 milljón ára við yfirborð líkt og í Mosfellsveit) gæti nálægð við háhitasvæði frá tíma upphleðslunnar skipt máli í sambandi við varmanám úr hitaarfleifð grunnt í skorpunni.

Upphaflegur hiti á laugasvæðinu kringum Þorleifskot er talinn hafa verið 80-90°C á 100 m dýpi (eithvað lægri í Laugardælum) og hitaástand bergsins mjög svipað niður í 1000 m á því svæði öllu (Franko 1991), þó smáhækkandi upp í 100°C. Þetta mætti kalla nokkuð dæmigert vatnskerfisástand. Nú er hitinn á þessu sama svæði 50-60°C á 100 m dýpi.

Kólnun í jarðhitakerfinu stjórnast líkast til af lektinni. Hún hefur dreifst um allt efra kerfið, en virðist ekki gæta í djúpkerfinu, enda er lekt þar lítil í þeim holum sem ná þangað niður.

Hitakort á 50 m dýptarbili niður á 200 m byggð á grunnnum rannsóknarholum (HT-holunum) og djúpu holunum (Ómar Sigurðsson 1995 og óbirt úrvinnsla) sýnir tvær kælingarrennur með stefnu NA-SV, eins og áður var lýst. Kælingin virðist koma bæði sunnan og norðan frá og dreifast lárétt út um efra kerfið frá kólnunrennunum (bestu lektarrásunum).

Rannsóknarhola HT-17 var boruð sumarið 1996 300 m austur frá HT-16. Tilgangurinn með henni var að kanna útbreiðslu hitasvæðisins til austurs. Sprungurein með NNA-SSV-lægri meginstefnu liggur þar um og var holunni jafnframt ætlað að sýna hvort jarðhitavon væri í sprungunum. Holan varð 209 m djúp og endaði í allstórrí vatnsæð með 30°C heitu vatni. Hitinn á þessu dýpi svarar til 123°C/km-stiguls. Hún er því heitari en meðalstigullinn (90°C/km), en lokar þó hitafrávikinu kringum Þorleifskot til austurs. Heitavatnsvon gæti verið í sprungunum austan við holu HT-17, en það þyrfti að kanna með dýpri borunum.

## 9. Berghiti neðan 1000

Hitastigull í holum utan jarðhitasvæða vestan til á Suðurlandi er 90-100°C/km. Nærri lætur að berghiti neðantil í holum ÞK-11 og 14 hækki eftir þeim stigli. Neðsti hluti holu 14 er talinn vera austan við holu 15. Þar virðist eins og í holu 11 vera komið að útmörkum jarðhitakerfisins. Í holum 9, 10 og 13 virðist hinsvegar gæta lóðréttrar hræringar í djúpkerfinu. Vatn hlýtur að streyma úr því upp í efra kerfið (ofan 1000 m) þar sem vatnshitinn er (eða var upphaflega) 80-90°C. Uppstreymiskúfur hefur trúlega verið í sprungukerfunum undir eða nærri yfirborðsjarðhitanum, einkum í Þorleifskoti, en neðan 1000 m má reikna með að teygist úr honum í sprungustefnuna. Þróunarferli jarðskjálftabeltisins almennt séð gæti bent til að fremur dragi úr lekt til suðurs, en hún aukist til norðurs.

Jarðhitakerfið virðist eftir framansögðu ná niður á 1000-2000 m dýpi, en vatnsgæfni borholna á þeim kafla er háð því að þær hitti sprungur. Af þessum ástæðum sýnist ekki ráðlegt að bora dýpra en 1000 m niður í jarðhitakerfið milli Laugardæla og Þorleifskots nema þar sem vitað er um legu sprungna og góðar líkur á að hitta í þær svo djúpt. Hræring (konveksjón) í djúpkerfinu gefur sig til kynna í hitamælingum með lítilli eða sem minnstri hitahækkun með dýpi. Af djúpu holunum er hola 9 næst uppstreymi í djúpkerfinu. Hún endar í núll-stigli og stefnir í 135-140°C vatn. Hola 15 er á sama róli. Hún endar einnig í núllstigli, en var í síðustu mælingu ennþá kæld neðan við neðstu æð (mynd 11) og stefnir einnig í 140°C vatnskerfi. Hola 14 er með beinan 95°C/km stigul frá 800-900 m ef tekið er tillit til halla holunnar. Mælingin sem þar er byggd á var gerð stuttu eftir borlok, en sýnist trúverðug. Hola 11 er nærri beinum 90-100°C/km stigli neðan 1100 m. Þessar holur eru samkvæmt því fjærst uppstreymi í djúpkerfinu. Hinar holurnar (10, 12 og 13) eru nálægt uppstreymi úr djúpkerfinu.

Ef leita ætti að góðum vatnsleiðurum neðan 1000 m kæmi helst til álita að bora nýja holu hjá holu 9, dýpka holu 15 eða færa sig til SSV eða NNA inn á það svæði þar sem lektin er best, þ.e. á móti kælingunni. Hola ÞK-11 og neðri hluti holu ÞK-14 eru, miðað við hita og lekt, nærri suðvestur- og suðausturjaðri jarðhitakerfisins, en hinar djúpu holurnar á svæði þar sem góð lekt nær einungis til efstu 1000 metra berggrunnins. Kólnunarrennurnar, einkum sú eystri, gæti náð niður fyrir 1000 m dýpi.

## 10. Endurbætur á borholum

Með endurbótum á eldri holum mætti hugsanlega auka orkuvinnslu hitaveitunnar án þess að auka vatnsmagnið sem dælt er. Aðalávinningurinn yrði að dæling úr holum 10 og 13 gæti minnkað um 25-30%. Þannig myndi hægja á kælingunni og vatnstakan jafnframt færast eins neðarlega í jarðhitakerfið og núverandi holur framast leyfa. Aðgerðirnar sem um er að ræða eru eftirfarandi:

**Hola 11.** Fóðra þarf eða steypa af æð í 380 m. Eftir þá aðgerð myndi holan væntanlega gefa 4-5 l/s af ca. 85°C heitu vatni úr æðum í 700 m, 850 m og aðallega 1100 m, en sú æð er um 95°C heit. Niðurdráttur yrði líklega 100-150 m við þá dælingu. Taka þyrfti lausa 9 5/8" fóðringu (~ 750 m) upp úr holunni. Kostnað þyrfti að áætla. Líklega er hann innan hagkvæmnismarkna. Hola 11 hrundi við pökkun og er hruntappi í henni á 1650 m dýpi. Fullreynt er að hann verður ekki hreinsaður úr.

**Hola 14.** Fóðra þarf af efstu og stærstu æðina niður í ca. 600 m dýpi. Eftir þá aðgerð er líklegt að hola 14 verði svipuð holu 15 í afköstum, þ.e. gefi 10-15 l/s af ca. 80°C vatni. Vinnsluhluti holu 14 er nokkuð farinn að nálgast holu 15, þó ekki svo mjög fyrr en dýpstu

æðarnar. Þær eru hinsvegar fremur tregar í báðum holunum og því minni hættu á að þær dragi mikið hver frá annari (treg lekt næst holunum, en góð í kerfinu sem báðar tappa af). Ekki er hægt að rétta holu 14 af því hún er fóðruð í 477 m dýpi og skekkjan þá þegar orðin 35 m frá holutoppi.

**Hola 10.** Hola 10 er önnur aðalvinnsluhola Hitaveitu Selfoss. Rætt hefur verið um að bæta hana með því að hreinsa úr henni hrun og ná upp pakkara sem stíflar holuna í ~ 1000 m. Var því athugað hvað til væri um neðri hluta þeirrar holu og m.a. rætt við þá Jens Tómasson og Gísla Karel Halldórsson sem voru við pökkunina. Skoltöp í holu 10 voru í ~ 400 m (40 l/s), ~ 600 m (7 l/s) og ~ 1000 m (20 l/s). Æðin í 1000 m er mjög óveruleg og kemur ekki fram að heitið geti í hitamælingum. Tapið sem fram kom í 1000 m (20 l/s) hefur verið í efri æðunum. Skoltöpin voru öll þéttuð með spónum í borun. Loks kom fram 2 l/s skoltap í ~ 1700 m. Þessi æð sést skýrt í hitamælingum, en reyndar á 1600 m dýpi. Hiti á þessu dýpi er 135-140°C. Við pökkun í 1104 m hrundi á pakkaran. Reynt var að ná honum upp en það tókst ekki. Snemma í pökkuninni féll þrýstingur um 20 bör (úr 1450 psi í 1150 psi) sem getur bent til að æðar hafi opnast (1700 m æðin hreinsast út?). Ádælingin nam 10-15 l/s sem sýnir að holan var treg neðan 1100 m, en tók við vatni við háan mótþrýsting (80-100 bör) sem svarað gæti til 2 l/s-æðarinnar sem fram kom á 1600-1700 m dýpi í borun. Frumgögn um pökkunina eru til, en ekki var unnið úr þeim á sínum tíma.

Ef þessi aðgerð tækist gæti hola 10 hugsanlega bætt við sig 1-2 l/s af 135-140°C heitu vatni, þannig að hitinn á vatni úr henni myndi hækka um 1-2°C. Áður hefur verið reynt að ná pakkaranum upp úr holu 10 (Ísbor), en það tókst ekki. Því er mjög óvíst hvort þetta myndi heppnast þótt aftur yrði reynt.

Athugandi væri að skoða ofangreinda kosti varðandi holur 11, 14 og 10 með tilliti til þess hvort þeir eru mögulegir tæknilega séð. Minnstur ávinningur sýnist af því að eiga við holu 10.

Tafla 1 sýnir samanburð á vinnslunni nú og tvo kosti sem athuga mætti áður en ráðist yrði í nýboranir á vinnslusvæði hitaveitunnar. Hola 15 hefur bætt hag vinnslunnar töluvert. Með hana sem grunnafl auk holu 12 (og e.t.v. 11) mætti taka holu 14 inn sem dæluholu. Varaholu þyrfti ekki þar sem auka mætti dælingu tímabundið úr hverri sem væri af holum 10, 13 eða 14.

## 11. Helstu niðurstöður

- 1) Jarðhitasvæðið í Laugardælum og Þorleifskoti er hringlaga um 2 km í þvermál sé miðað við 30° jafnhitalínu á 200 m dýpi. Heitasti hlutinn innan 50°/200 m jafnhitalínu nær um 350 m út frá miðju milli holna 10 og 13. Útmörkin eru illa þekkt til suðurs. Fínni drættir innan hitahámarksins markast af sprungum og kólnun sem virðist sprungutengd. Aðaluppstreymi heits vatns til yfirborðs var suðaustan við Þorleifskot. Í Laugardælum hefur líklega verið annað uppstreymissvæði sem aldrei hefur þó tekist að staðsetja nákvæmlega.
- 2) Takmörk jarðhitakerfisins neðan 1000 m eru ákvörðuð af holu ÞK-11 til SV og holu ÞK-14 til suðausturs. Með hliðsjón af holu ÞK-14 og HT-holum 12, 15, 16 og 17 má áætla að jaðar þess austan megin liggja NA-SV skammt fyrir austan HT-16. Vesturjaðar jarðhitakerfisins er vestar en hola ÞK-12. Norður- og suðurmörkin eru óviss. Aðaluppstreymið úr djúpkerfinu virðist fylgja „Þorleifskotssprungunni“ og liggja sem næst holum ÞK-3, 9 og 6.
- 3) Jarðhitakerfið er tvískipt. Á dýptarbilinu frá 100 m niður í mest 1130 m er kallað efra kerfi. Austan til á vinnslusvæðinu er vatnsleiðni í því góð en léleg vestantil. Sem stendur er um

**Tafla 1.** Vatnsvinnsla Hitaveitu Selfoss ( $T_{ref} = 40^{\circ}C$ ).

Núverandi ástand					
Hola(dýpi/fóðring)	Q l/s	T °C	$\Delta T$	$\Delta T \cdot Q$	
10 (1859 m/307 m)	60	70	30	1800	39 %
13 (1715 m/514 m)	60	70	30	1800	39 %
12 (1936 m/305 m)	5	120	80	400	8,5 %
15 (1289 m/645 m)	15	82	42	630	13,5 %
	<u>140</u>	<u>73</u>		<u>4630</u>	
Vatnsvinnsla úr núverandi holum. Varahola óþörf					
10	45	70	30	1350	29,5 %
13	45	70	30	1350	29,5 %
12	5	120	80	400	9 %
15	15	82	42	630	14 %
14 (~1410 m/477 m)	30	67	27	810	18 %
	<u>140</u>	<u>72,4</u>		<u>4540</u>	
Vatnsvinnsla eftir lagfæringu á holum 11 og 14					
10	45	70	30	1350	30 %
13	45	70	30	1350	30 %
12	5	120	80	400	8 %
11 (2009 m/360 m)	5	85	45	385	8 %
15	15	82	42	630	14 %
14	12	80	40	480	10 %
	<u>127</u>	<u>75</u>		<u>4595</u>	

90% orkuvinnslunnar úr efra kerfinu. Efra kerfið var 80-90°C heitt við upphaf vinnslunnar. Djúpkerfið er neðan ca. 1000 m. Lekt í því er lítil og vatnsgæfni borholna greinilega háð því að þær hitti vatnsleiðandi sprungur. Hiti vatns í djúpkerfinu er 125-140°C.

- 4) Sprungur eru ekki sýnilegar á vinnslusvæðinu nema vestantil, þ.e. í Laugardælum. Í Þorleifskoti sjást þær ekki, en kólnun af völdum dælingar, tengd góðri lekt og upphaflegi jarðhitinn þar vísa á sprungu sem liggur NA-SV nálægt holum ÞK-3, 9 og 6.
- 5) Holur ÞK-9 og 15 eru þær einu af djúpu holunum sem mögulegt er að hitt gætu í öfluga vatnsæð í djúpkerfinu, þar sem þær enda í núll-stigli. Hóla 9 er eina djúpa hola (1335 m) nærri Þorleifskotssprungunni.
- 6) Vinnslan í framtíðinni hlýtur að beinast að dýpri og heitari leiðurum en þeim sem nú er aðallega unnið úr í efra kerfinu. Með því mætti minnka dælingu úr holum 10 og 13 og hægja með því á kælingunni. Þessu markmiði má að hluta til ná ef unnt er að lagfæra tvær af eldri holunum.
- 7) Framhaldsrannsóknir þurfa að beinast að því að finna bestu lekt í djúpkerfinu. Þar sem telja má víst að hún tengist sprungum, verður þetta best gert með því að kortleggja lögun og legu kólnunarfrávika sem fram hafa komið við dælingu.

## 12. Tillögur um aðgerðir

### A. Endurbætur á eldri holum

- 1) Steypa eða fódra af grunnu (380 m) æðina í holu 11. Eftir þá aðgerð ætti holan að gefa 4-5 l/s af 80-90° heitu vatni við 100-150 m niðurdrátt, og útfellingavandamál að verða úr sögunni.
- 2) Endurbæta holu 14 með dýpri fódningu (600 m). Eftir þá aðgerð gæti holan gefið 10-15 l/s af ca 80°C heitu vatni.

Ekki hefur verið athugað hvort einhver vandkvæði tæknilegs eðlis séu á aðgerðum 1) og 2), eða kostnaður óhóflegur.

- 3) Stöðva þarf niðurrennsli í holum HT-15 og HT-16, með því að steypa í þær písarör.

### B. Nýjar boranir og rannsóknir

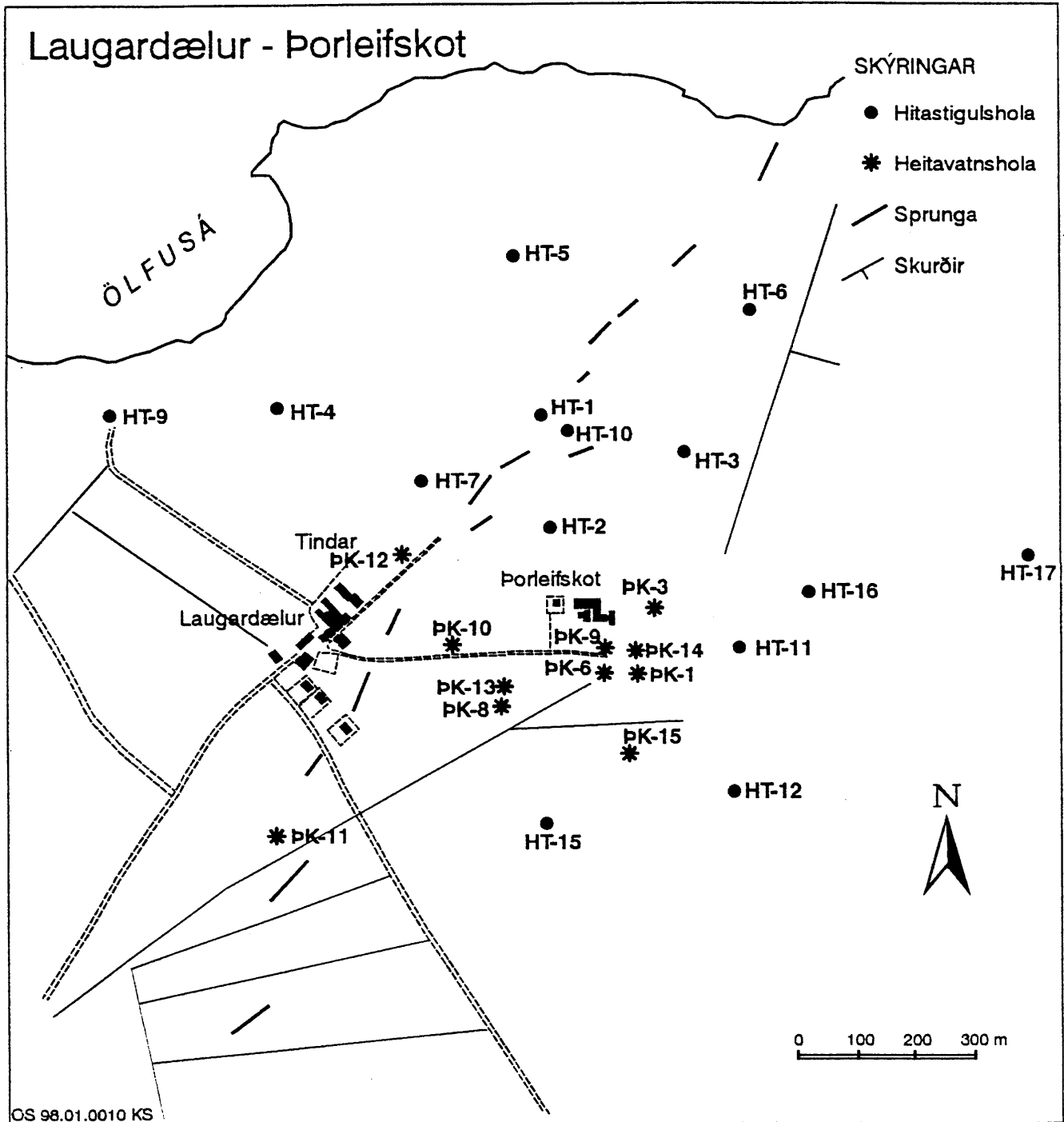
- 4) Lagt er til að 1500-1800 m djúp hola verði boruð hjá holu 9 eða skammt norðaustan við hana og hún fódruð í 1000 m.
- 5) Kanna þyrfti útmörk jarðhitasvæðisins til suðurs með leitarholum vestur og austur frá holu ÞK-11.
- 6) Hitamælingar í holu 15 frá 1.4.'96 og 13.9.'96 voru í báðum tilfellum gerðar löngu eftir dælingu. Þær sýna því jafnvægisástand sem verður þegar holan er í „hvíld“. Ef tækifæri gefst þyrfti að hitamæla holuna strax eftir dælingu og upptekt dælu. Þá sæist væntanlega betur hvað neðstu æðarnar gefa. Hóla 15 er líkust holu 9 í hita og virðist enda í núll-stigli á 135-140°C eins og hún. Vel kæmi til greina að dýpka holu 15 í 1500-2000 m.
- 7) Á þessu stigi er ekki gerð ákveðin tillaga um frekari nýboranir eða mælingar. Það sýnist þó liggja beint við að bora aðra 1500-2000 m vinnsluholu 200-300 m norðaustur frá nýrri holu hjá holu 9, hvernig svo sem til tekst með árangur af henni. Á því svæði er lektin best skv. kólnunarmyndum Ómars Sigurðssonar (í vinnslu), líklega betri en til SV skv. holu HT-15 (mynd 24). Þessi tillögugerð treystir á að beint samband sé milli bestu lektar og mestu kólnunar og s.k. Þorleifskotssprungu sé skýringin á því.
- 8) Einn kostur sem hér er raunar ekki mælt með er að dreifa dælingunni úr „grunnu“ leiðurunum (ofan 1000 m) á fleiri holur t.d. með því að bæta við holu sunnan við holu 13. Með því mætti líklega hægja á kælingunni. Áður þyrfti að bora a.m.k. eina 300 m djúpa leitarholu vestur frá holu HT-15 þar sem mestar líkur eru á SV-framhaldi lektar/kólnunar anómalfu í tengslum við „Þorleifskotssprunguna“. Staðsetning yrði á grundvelli kólnunarmynda Ómars Sigurðssonar. Framar var bent á að þessu markmiði mætti ná með því að nota holu 14 sem dæluholu.



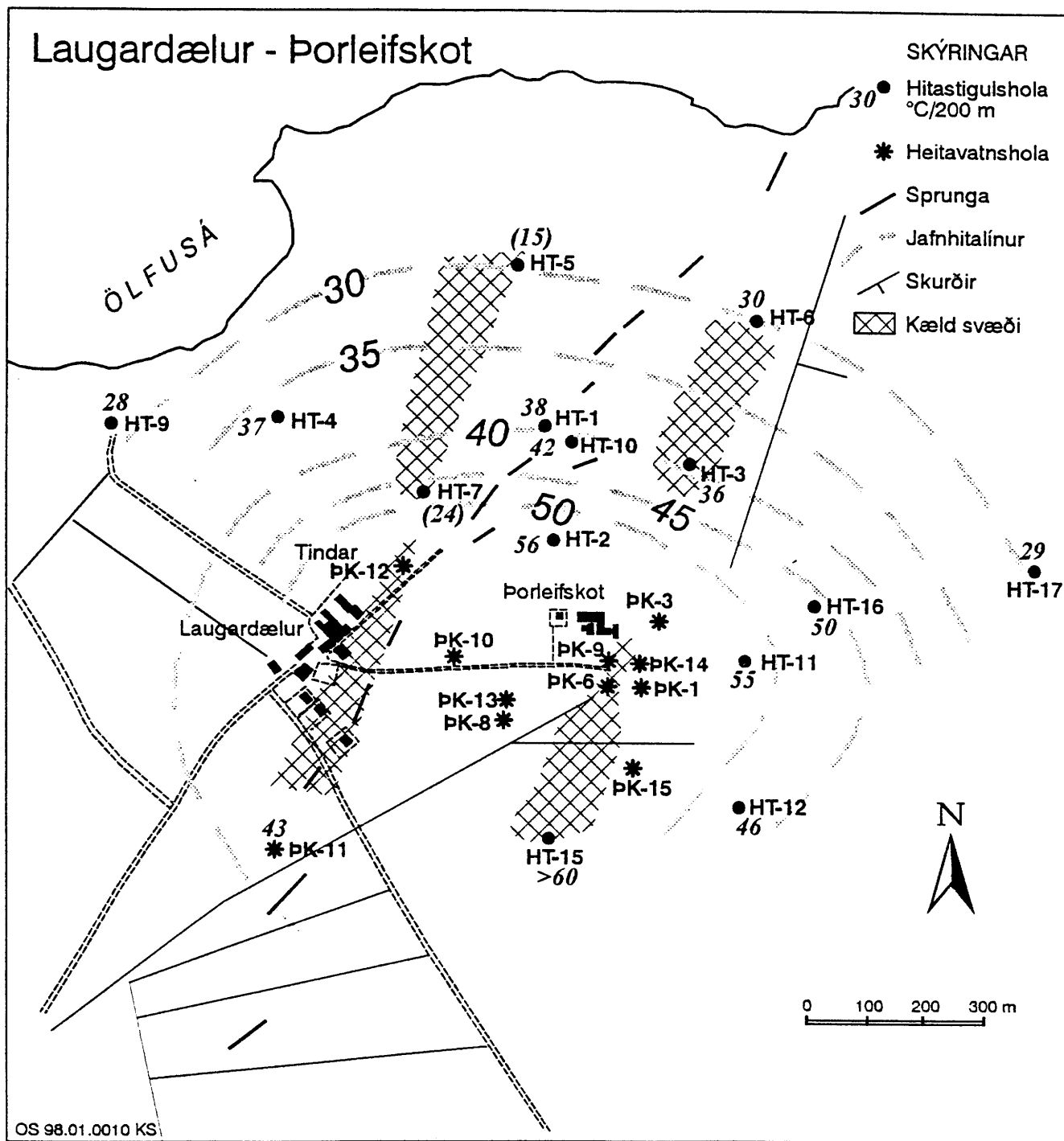
### 13. Tilvitnanir

- Franks, J. 1991. *The cooling of the Selfoss Geothermal Reservoir in southern Iceland*. Jarðhita-skóli Háskóla S.þ. Skýrsla 6. Orkustofnun.
- Guðmundur Guðmundsson, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1993. *Skýrsla um Jarðhitarannsóknir í Flóa og Ölfusi 1972*. Orkustofnun, OS/JHD-7306.
- Guðmundur Ómar Friðleifsson 1997. *Holur HT-13, HT-16 og HT-17 hjá Selfossveitum. Ummyndun, jarðlög og jarðhitakerfi*. Orkustofnun, greinargerð GÓF-97/02.
- Gunnar Böðvarsson 1951. Skýrsla um rannsóknir á jarðhita í Hengli, Hveragerði og nágrenni. Seinni hluti. *Tímarit VFÍ*, 36: 1-48.
- Gylfi Páll Hersir og Ólafur G. Flóvenz 1982. *Viðnámsniðsmælingar við Selfoss*. Orkustofnun, OS-82067/JHD-13 B.
- Haukur Jóhannesson og Stefán Arnórsson 1982. *Úttekt á vinnslueiginleikum jarðhitasvæðisins við Þorleifskot og Laugardæli. Tillögur um boranir og eftirlit með vinnslu*.
- Helgi Torfason 1994. Símbref til Selfossveitna 13. otk. 1994.
- Jens Tómasson 1966. *Jarðhiti í nágrenni Selfoss*. Raforkumálastjóri, jarðhitadeild.
- Jens Tómasson, Hrefna Kristmannsdóttir, Sverrir Þórhallsson 1984. *Hitaveita Selfoss. Þorleifskot, hola 11*. Orkustofnun, OS-84055/JHD-15 B.
- Ólafur G. Flóvenz, Lúðvík L. Georgsson og Knútur Árnason 1985. Resistivity structure of the upper crust in Iceland. *J. geophys. Res.* 90, B12, 10.136-10.150.
- Ómar Sigurðsson 1995. *Hitaveita Selfoss. Hitadreifing í jarðhitakerfinu við Laugardælur og Þorleifskot*. Orkustofnun, OS-95009/JHD-06 B.
- Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson 1996. *Selfossveitur. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1995-1996*. Orkustofnun, OS-96076/JHD-45 B.
- Páll Imsland, Páll Einarsson, Daði Þorbjörnsson, Sigurjón Jónsson og Páll Bjarnason 1997. *Kortlagning jarðskjálftasprungna í landi Selfossbæjar vegna byggðarskipulags - áfangaskýrsla*. Raunvísindastofnun Háskólans.
- Rannsóknarráð ríkisins 1944. *Jarðhiti á Íslandi. Alkalísk jarðhitasvæði*. Handrit hjá Orkustofnun.
- Sonder, R.A. 1941. *Studien über heisse Quellen auf Island*. Vulc. Inst. Friedländer, Rit 2.
- Þorkell Þorkelsson 1930. *Some additional notes on thermal activity in Iceland*. Vísindafélag Ísl. Rit 5.

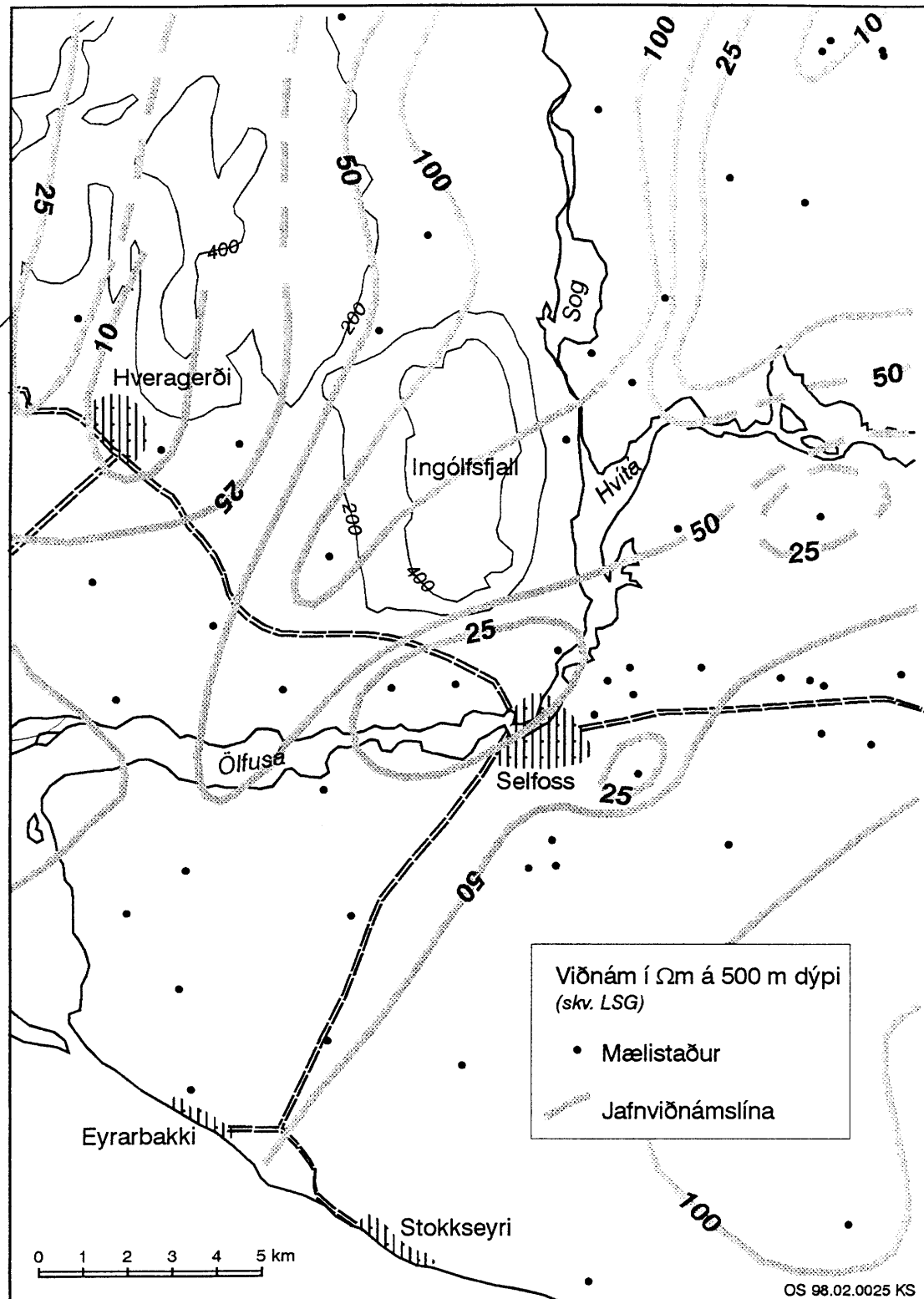




Mynd 1. Afstaða borholna við Laugardælar og Þorleifskot.



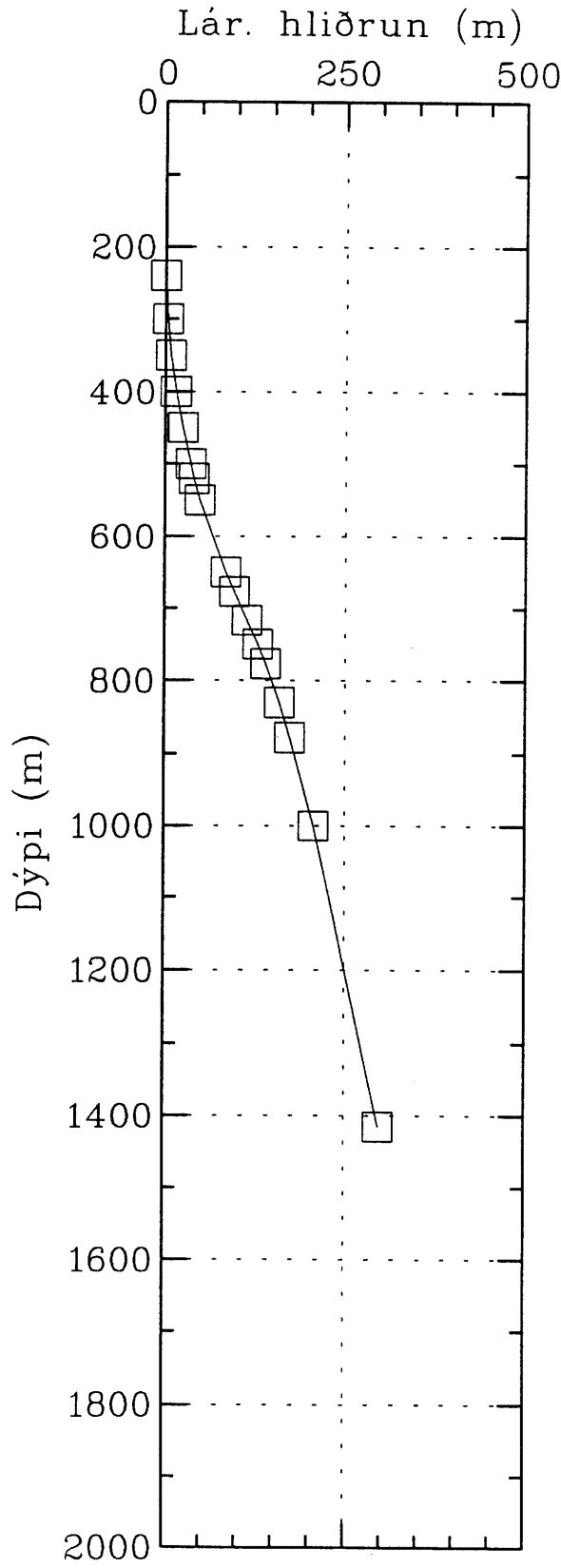
Mynd 2. Jafnhitalínur á jarðhitasvæðinu og lega jarðskjálftasprungna.



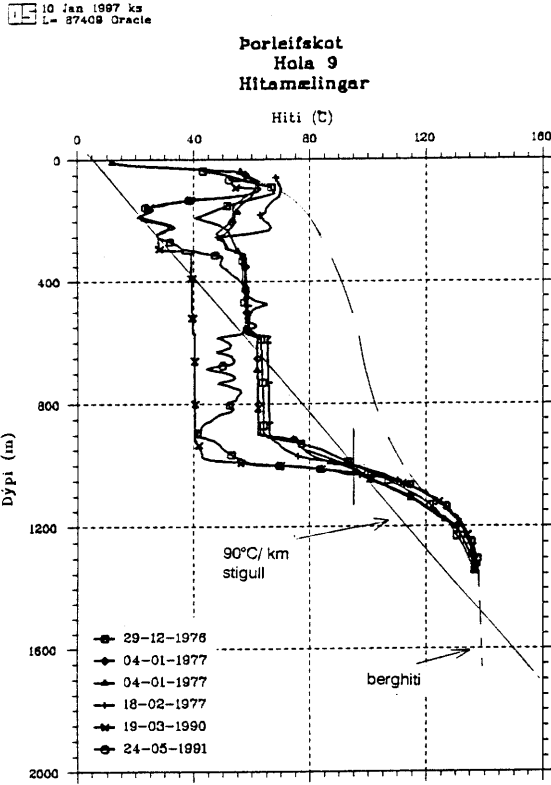
**Mynd 3.** Viðnám á 500 m dýpi í Ölfusi og Flóa.  
Viðnámskortid er eftir Lúðvík S. Georgsson (sjá Ólaf G. Flóvenz o.fl. 1985).  
Mælistaðir eru sýndir skv. handriti LSG.



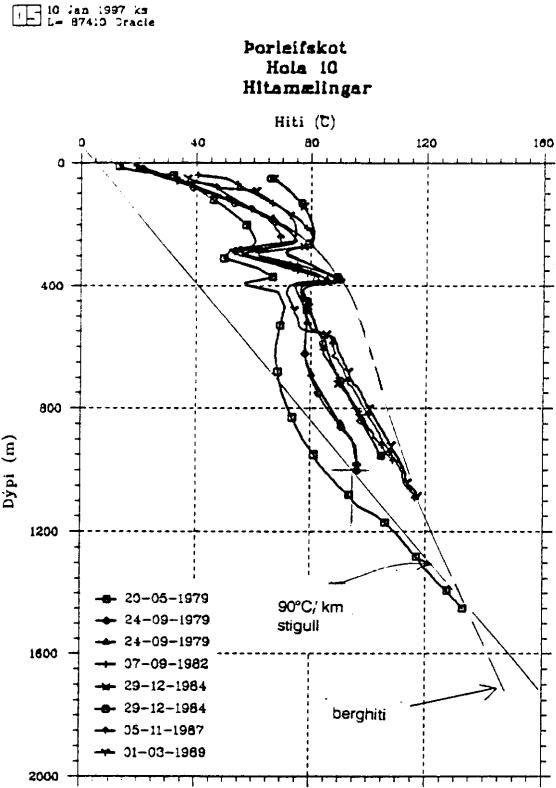
14 Jan 1997 GrB  
xy V1.0



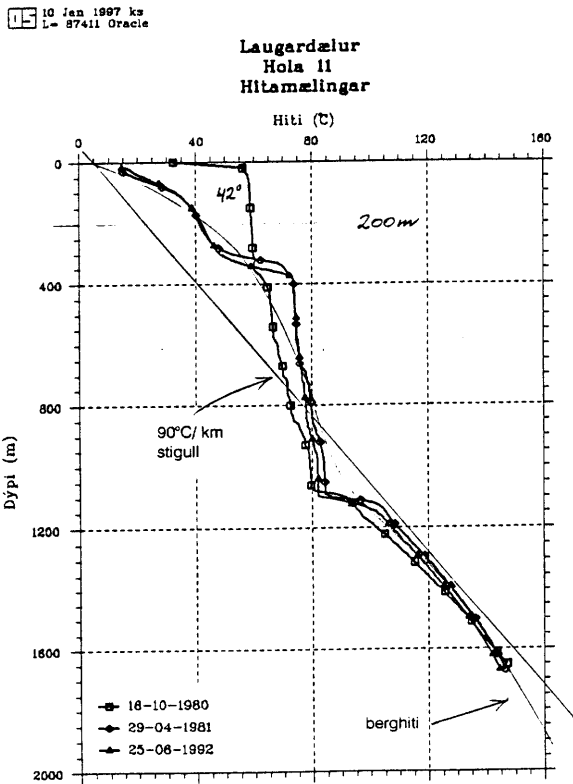
Mynd 4. Lárétt hliðun holu 14.



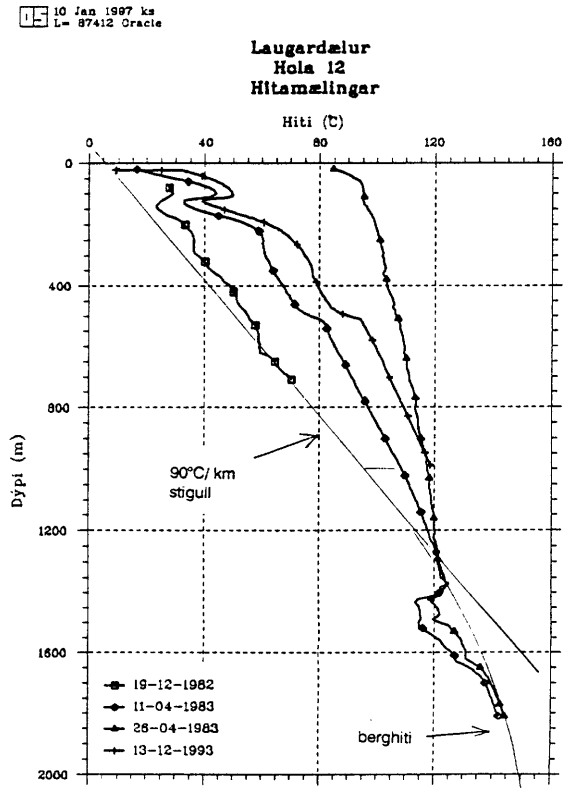
Mynd 5. Hitamælingar í holu 9.



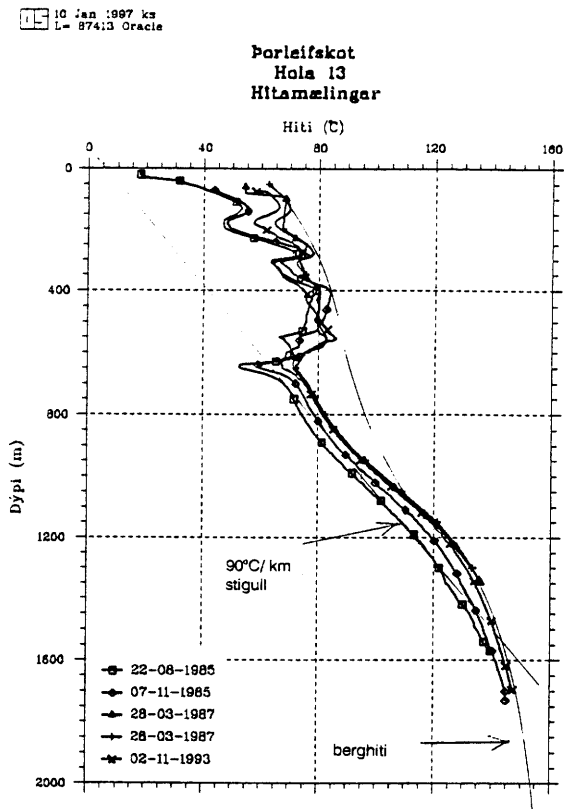
Mynd 6. Hitamælingar í holu 10.



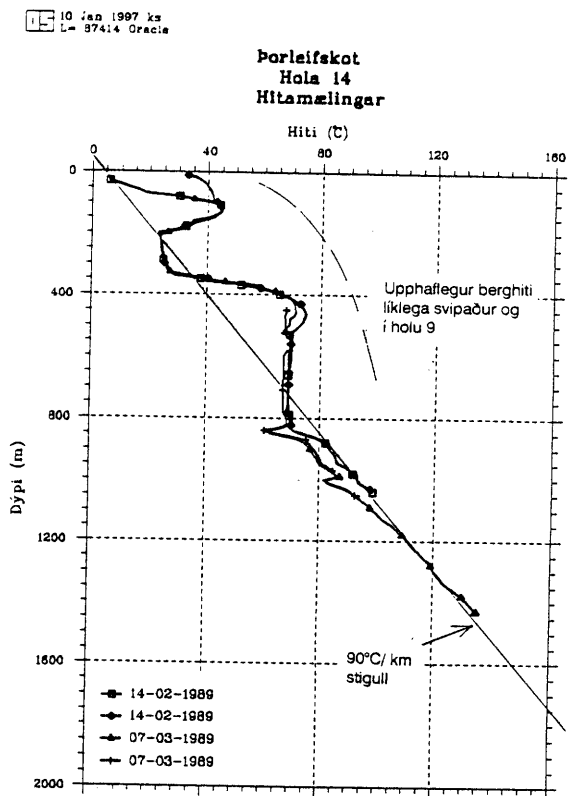
Mynd 7. Hitamælingar í holu 11.



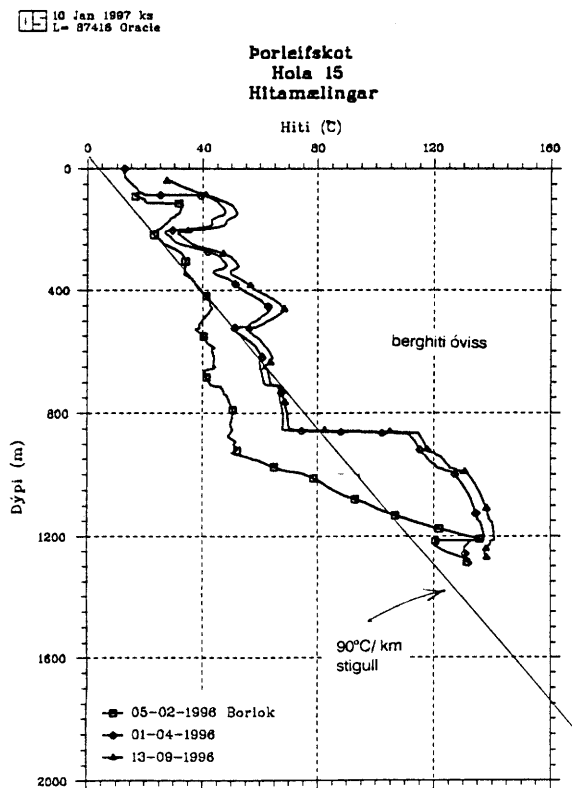
Mynd 8. Hitamælingar í holu 12.



Mynd 9. Hitamælingar í holu 13.

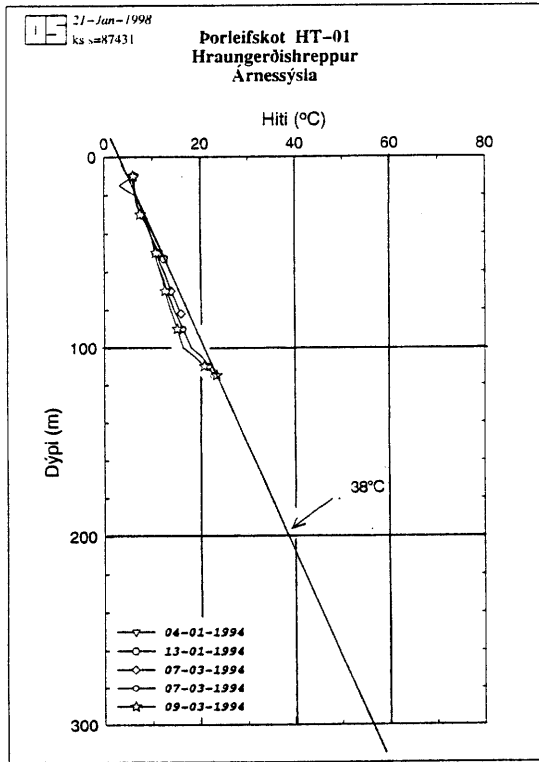


Mynd 10. Hitamælingar í holu 14.

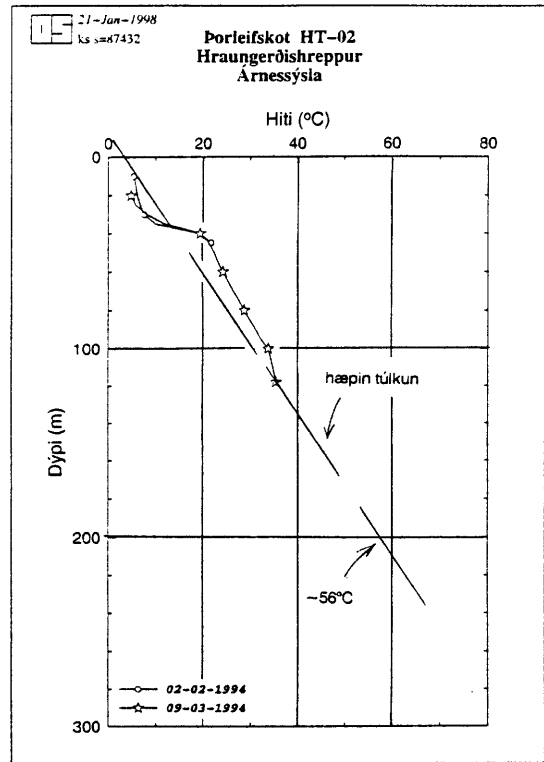


Mynd 11. Hitamælingar í holu 15.

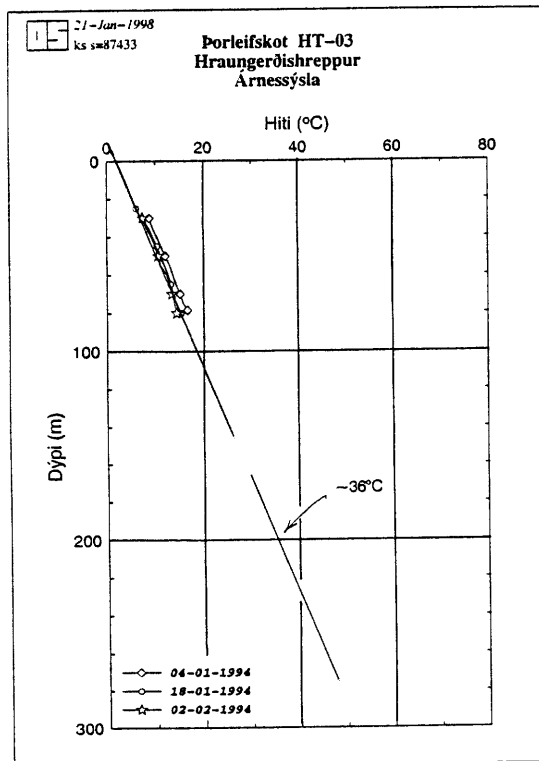




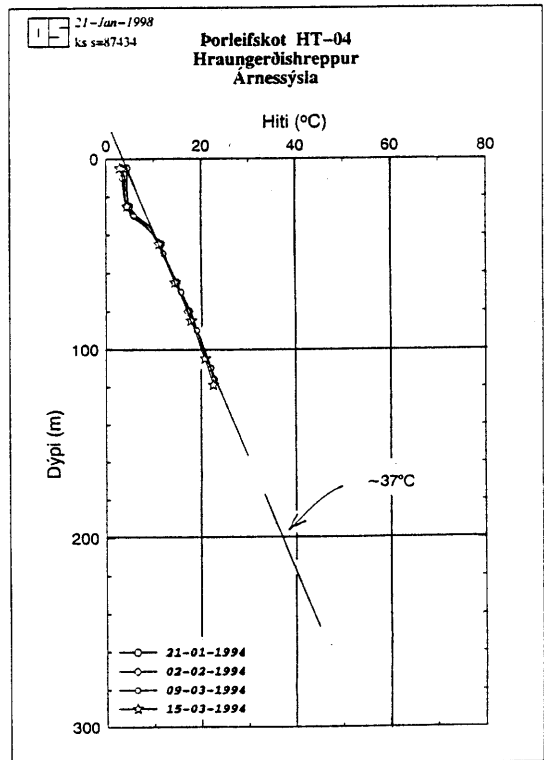
Mynd 12. Hitamælingar í holu HT-01.



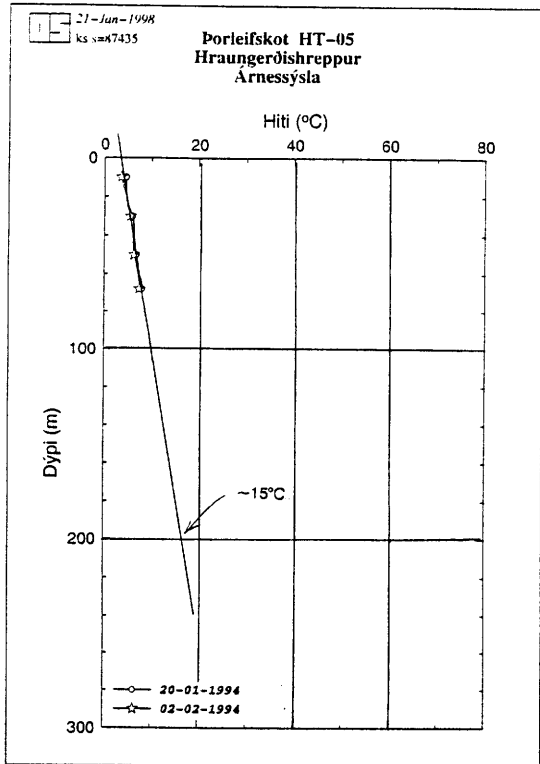
Mynd 13. Hitamælingar í holu HT-02.



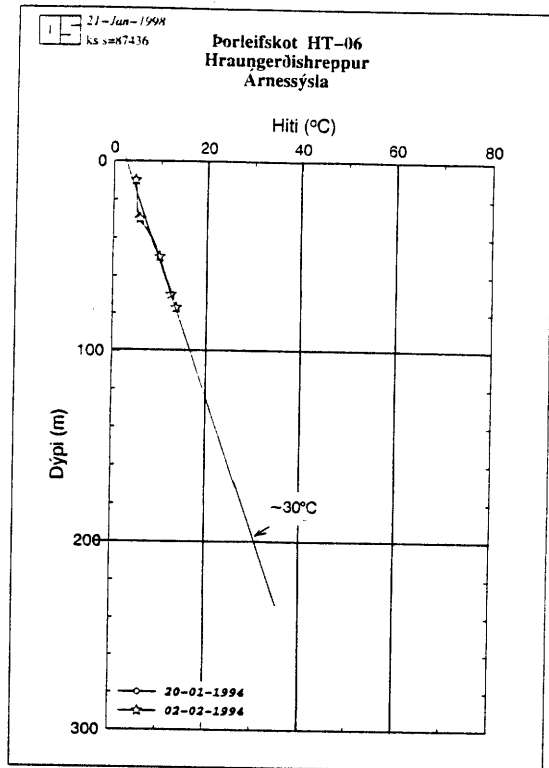
Mynd 14. Hitamælingar í holu HT-03.



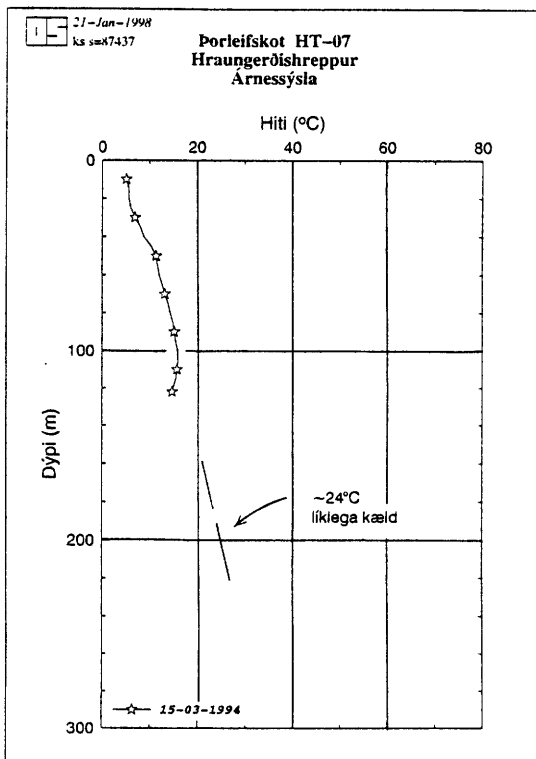
Mynd 15. Hitamælingar í holu HT-04.



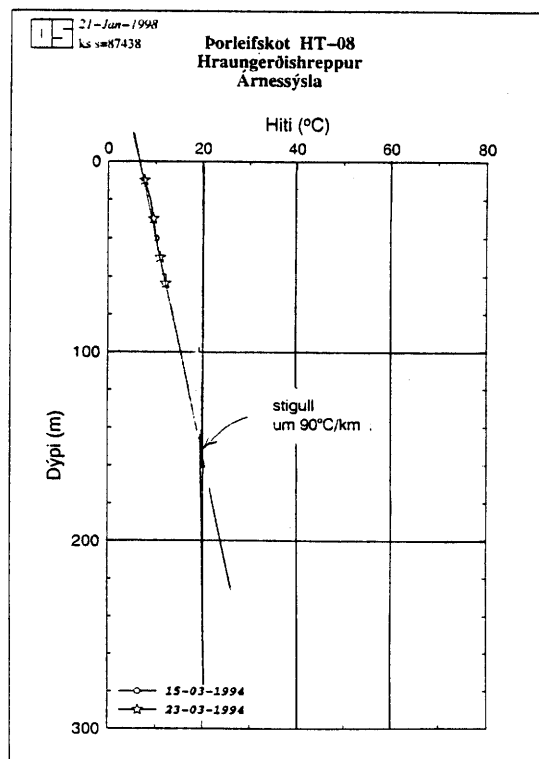
Mynd 16. Hitamælingar í holu HT-05.



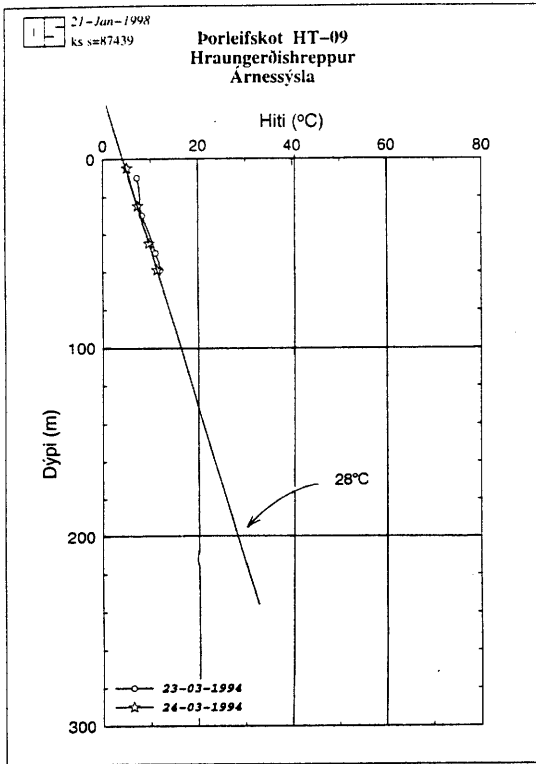
Mynd 17. Hitamælingar í holu HT-06.



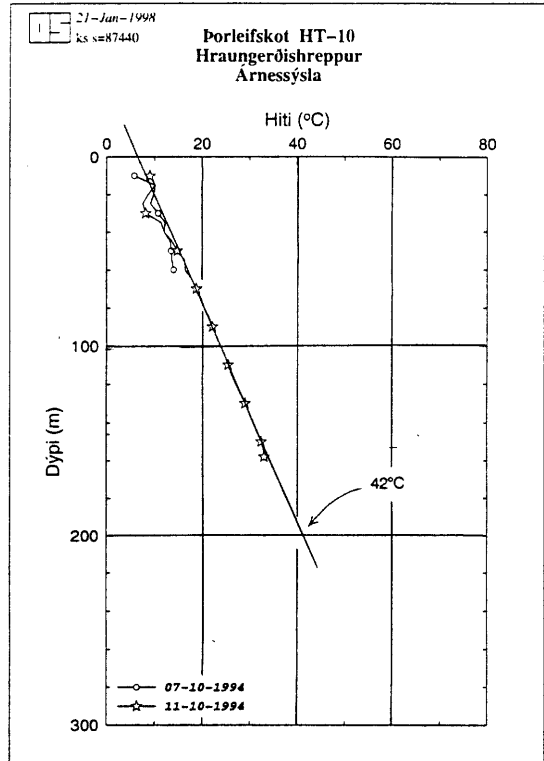
Mynd 18. Hitamælingar í holu HT-07.



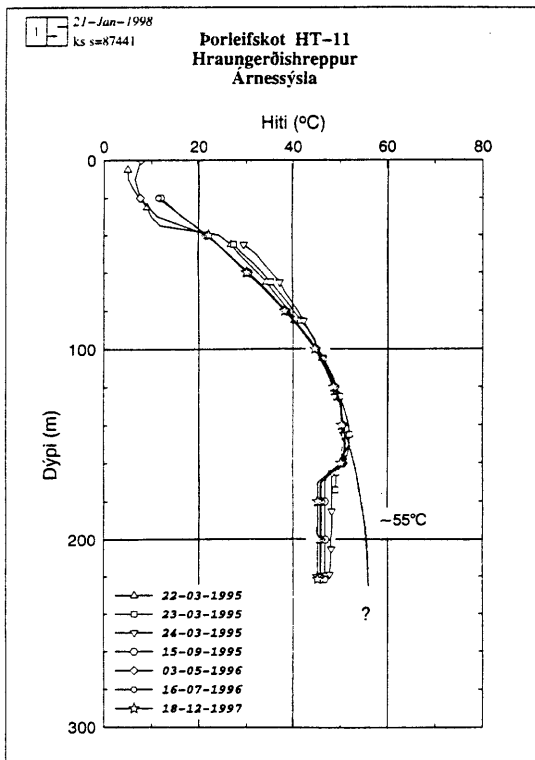
Mynd 19. Hitamælingar í holu HT-08.



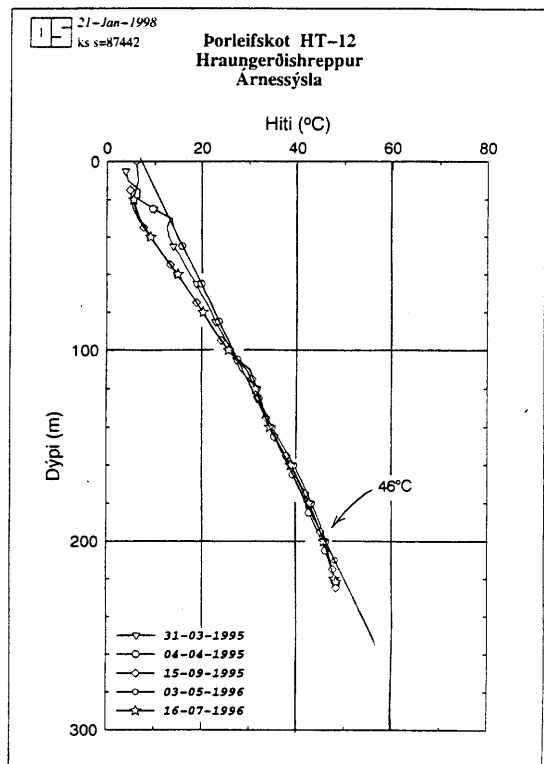
Mynd 20. Hitamælingar í holu HT-09.



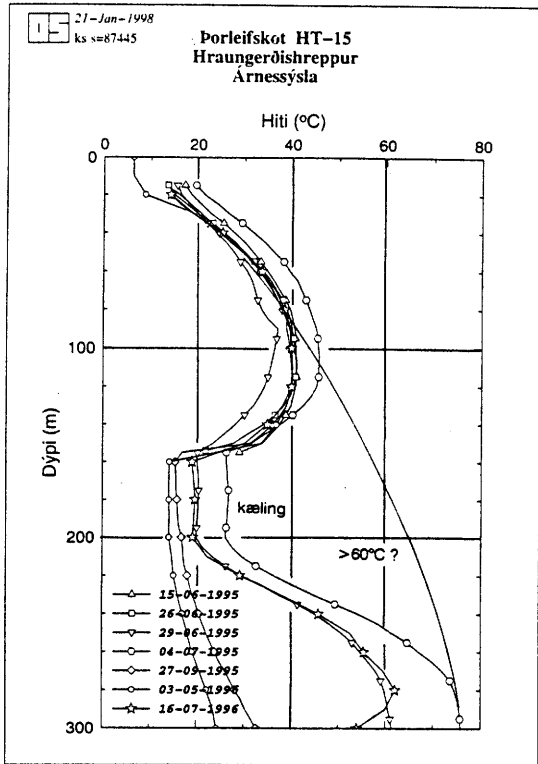
Mynd 21. Hitamælingar í holu HT-10.



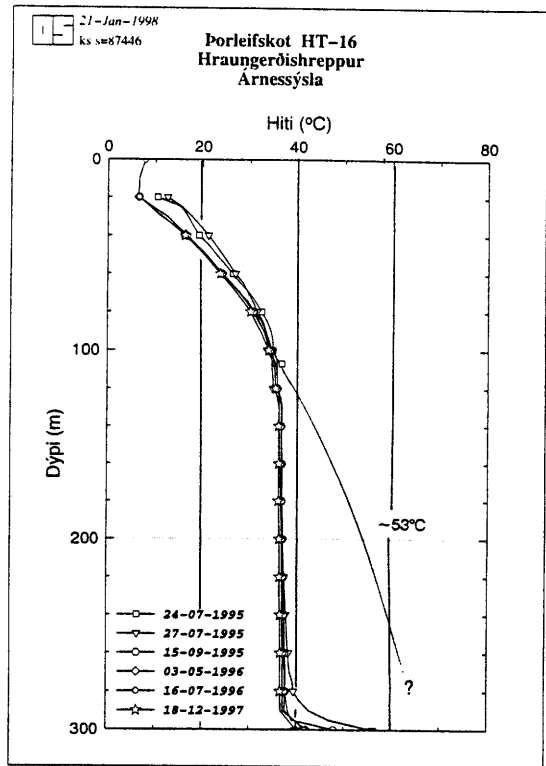
Mynd 22. Hitamælingar í holu HT-11.



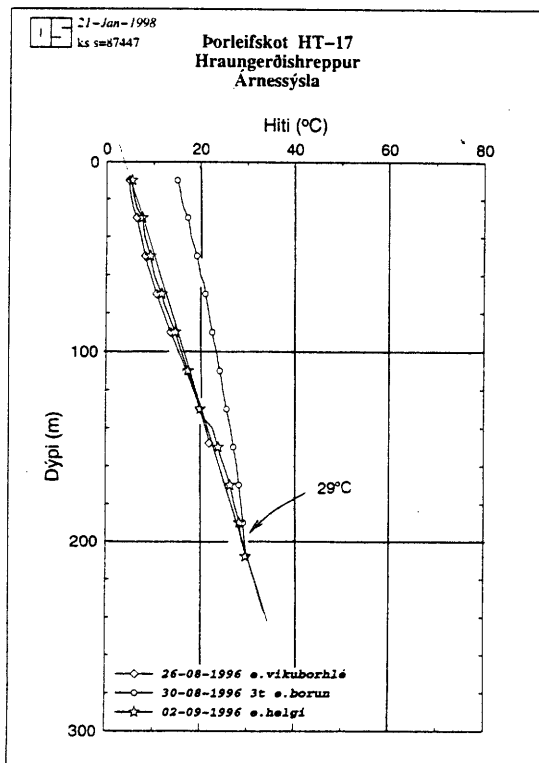
Mynd 23. Hitamælingar í holu HT-12.



Mynd 24. Hitamælingar í holu HT-15.



Mynd 25. Hitamælingar í holu HT-16.



Mynd 26. Hitamælingar í holu HT-17.