



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

## KRÍSUVÍK

Yfirlit um fyrri rannsóknir og nýtingarmöguleika  
ásamt tillögum um viðbótarrannsóknir

Halldór Ármannsson  
Sverrir Þórhallsson

OS-96012/JHD-06 B      Reykjavík, mars 1996



**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

## **KRÍSUVÍK**

**Yfirlit um fyrri rannsóknir og nýtingarmöguleika  
ásamt tillögum um viðbótarrannsóknir**

Halldór Ármannsson  
Sverrir Þórhallsson

OS-96012/JHD-06 B      Reykjavík, mars 1996

## ÁGRIP

Vegna beiðni iðnaðarnefndar Alþingis um umsögn um Krísuvík hefur Orkustofnun tekið saman yfirlit um sögu rannsókna á jarðhitasvæðinu og ýmsan annan fróðleik um Krísuvík í fórum stofnunarinnar. Í hjálagðri skýrslu að finna stutt sögulegt yfirlit og lýsingu á þeim rannsóknum sem fram hafa farið á jarðhitasvæðinu, hugmyndir um nýtingu, ásamt ritskrá. Tillögur um næstu skref í rannsókn jarðhitasvæðisins eru einnig kynntar.

Umrætt landssvæði býr yfir sérstæðri náttúru, í jarðmyndunum og fuglalífi og mjög álitlegum jarðhitasvæðum. Landssvæðið er fremur afskekkt og því lítil ummerki nútíma búskapar og mannvirkja. Vegur, sem var umdeildur vegna kostnaðar, var fyrst lagður meðfram Kleifarvatni 1940. Nú nýtur svæðið vissrar verndar sem hluti Reykjanesfólkvangs, sem stofnaður var 1975. Tækifæri til útivistar eru mörg en til þessa hafa veiði í Kleifarvatni, jarðhitinn í Seltúni og Krísuvíkurborg dregið að sér flesta ferðamenn. Krísuvíkursamtökin eru og með starfsemi í Krísuvík.

Háhitasvæðin sem talin eru til Krísuvíkursvæðis ná yfir um 60 km<sup>2</sup> og eru nefnd Sveifluháls, Trölladyngja og Sandfell en auk þess er hluti háhitasvæðisins í Brennisteinsfjöllum innan lands sem tekið var eignarnámi 1936. Hluti þessa lands var framseldur Hafnarfjarðarkaupstað og nú eiga Hafnarfjörður, Reykjavík og ríkið jarðhitarétt á svæðinu og er réttarstaðan nokkuð flókin. Einungis hluti Trölladyngju og Brennisteinsfjalla er innan umræddrar landareignar. Þarna er að finna háhitasvæði með lítt söltu vatni og hita á bilinu 230-260°C sem er mjög ákjósanlegur til gufuframleiðslu. Til samanburðar má geta þess að hiti í Svartsengi er 240°C, í Eldvörpum 260°C og á Reykjanesi 290°C. Þrátt fyrir allmiklar boranir sem ná 50 ár aftur í tímann, og töluverðar rannsóknir, er þekking á jarðhitasvæðinu ekki sú sem vænta mætti. Langur tími hefur liðið milli þess að svæðið hefur verið tekið til rannsókna og stórstígar framfarir hafa nú orðið í rannsóknar- og bortækni.

Nokkrar hugmyndir hafa komið fram um uppbyggingu ferðamannþjónustu í Krísuvík. Í bók Árna Óla "Landið er fagurt og frítt" frá 1944 er hástemmdur kafli um Krísuvík, nefndur "Framtíðardraumar". Þar er m.a. lýst hugmyndum um baðstað í vatninu: "Og enn fremur að þarna rísi upp heilsuhæli sem keppt gæti við frægustu heilsuhæli á meginlandi álfunnar. Heilsuhæli með brennisteinsgufuböðum og hveraleðjuböðum, þar sem þúsundir manna gætu fengið heilsubót. Og engin goðgá er það að vera svo bjartsýnn að spá því, að hróður þess berist um víða veröld og að þangað sæki fólk úr öllum álfum og löndum hins menntaða heims" Ennfremur segir: "Áður en svo langt er komið sér maður komna þarna stórkostlega ræktun við jarðhita" og hann nefnir einnig verksmiðjurekstur og hitaveitu "og nota til þess gufukraft úr jörðunni". Í umfangsmikilli skýrslu sem samin var fyrir Sameinuðu þjóðirnar 1975 voru tillögur um þróun ferðaiðnaðar á Íslandi. Krísuvík fær þar hæstu einkunn þeirra staða sem athugaðir voru til að koma á fót ferðamannaparadís. Síðan er þessari fyrirhuguðu paradís ("Multiple resort") lýst allstarlega. Í skýrslunni er og fjallað um aðráttarafl jarðvísindamiðstöðvar ("Icelandic Geosciences Research Center"). Bent er á möguleika Íslands til að koma upp þjálfun á vegum Háskóla Sameinuðu þjóðanna (HSP) með áherslu á nýtingu náttúruauðlinda í samræmi við nýsamþykkt megináherslusvið Háskólaráðs Sameinuðu þjóðanna 1975. Jarðhitaskóli HSP tók til starfa 1979 og nú er rætt um möguleika á stofnun sjávarútvegsskóla HSP á Íslandi.

Nálægð jarðhitasvæðisins í Krísuvík við höfuðborgarsvæðið gerir það að verkum að álitlegast

er að nýta hitann þar til orkuvers sem gæti þjónað húshitunarpörf höfuðborgarsvæðisins jafnvel þótt það sé í fjarlægri framtíð. Fyrir nokkrum árum var vatnsskortur talinn ókostur við hluta svæðisins í samburði við Nesjavelli en í framtíðinni má reikna með lokuðu dreifikerfi sem ekki gerir sömu kröfu til aðgangs að ferskvatni. Hitaveitan á því þarna mikilla hagsmuna að gæta og hefur tryggt sér jarðhitaréttindi í því sambandi. Einnig kemur til álita að leggja gufulögn til sjávar við Straumsvík og nýta gufu til iðnaðar. Aflvaki hf. er nú að kanna með hvaða hætti unnt er að nýta jarðhita, einkum jarðgufu, til iðnaðar á höfuðborgarsvæðinu. Orkugarður við Straumsvík, sem nýtir jarðgufu, er liður í þeirri athugun enda Hafnarfjarðarbær nýlega orðinn hluthafi í Aflvaka hf. Vegna fjarlægðar, kostnaðar og þrýstifalls gufunnar þarf að virkja gufuna í allstórum mæli. Áætlun um frekari rannsóknir, sem kynnt er í skýrslunni, miðar við slíka stórnotkun, hvort heldur er til hitaveitu eða iðnaðar. Einnig kemur til álita að setja upp tiltölulega litla gufuveitu með styttri lögnum, sem þjónaði ferðamennsku, ylræktarveri eða smáiðnaði. Síst kemur til álita að hefja þar raforkuframléiðslu í stórum stíl vegna mikilvægis varmaöflunar fyrir höfuðborgarsvæðið, sem ætti að hafa forgang.

Í skýrslunni eru kynntar þær rannsóknir á jarðhitasvæðinu sem talið er að þurfi að leggja í, standi stórnýting fyrir dyrum. Staðbundinni nýtingu í minna mæli mætti koma af stað á mun skemmri tíma. Reikna má með að það taki 5-8 ár að slíkur stórrekstur gæti hafist. Nauðsynlegt er að skýra réttarstöðu þeirra þriggja aðila sem eiga jarðhitaréttindi á svæðinu því að hún dregur úr frumkvæði í rannsóknum og nýtingu (sjá 8. kafla). Æskilegt er að koma svæðinu á það stig rannsóknarlega að hægt sé að taka ákvörðun um nýtingu þess í allstórum mæli til hitaveitu eða iðnaðar. Þá er mikilvægt fyrir Hitaveitu Reykjavíkur að fá samburð við önnur svæði, sem eru í athugun t.d. Ölkelduháls, þar sem hafin er rannsókn með djúpbörnunum. Mikilvægi svæðisins liggur í nálægð við höfuðborgarsvæðið og góðum vísbendingum og trúu menn því að framtíð sé í nýtingu jarðhita til iðnrekstrar eða stórnotkunar t.d. í ylrækt er Krísuvíkursvæðið auk þess eitt álitlegasta svæðið til slíkrar vinnslu.

Krísuvíkursamtökin eru með rekstur í Krísuvík og nýta nú gjöfuga gufuholu sem boruð var í fyrra og er nýtt til húshitunar. Rafmagnsframléiðsla fer fram með díselvél. Eðlilegt er að koma upp gufuhverfli til raforkuframléiðslu fyrir staðinn, enda aðstæður ákjósanlegar með nýju gufuholunni sem nægir til framléiðslu á liðlega 1 MW. Auðvelt er að bæta við holum til að anna aukinni þörf á staðnum með stuttum fyrirvara og er hægt að gera það án umfangsmikilla rannsókna.

Úr Kleifarvatni rennur engin á og eru vatnsborðssveiflur því miklar og má segja að vatnið sé mjög góður úrkomumælir sem sýnir langtíma breytingar á grunnvatnshæð. veiði í vatninu er nokkur og eggjatekja í Krísuvíkurbjargi er nýtt til fjáröflunar fyrir björgunarsveit. Hveraleir var tekinn á svæðinu vegna leirbaða við Laugardalslaug, en þeirri starfsemi var hætt fyrir nokkru. Þótt nefnt hafi verið að ferðamannagisting fjarri mannabyggð og upphitað innirými, "vetrargarður", geti dregið að ferðamenn er ekki víst að slíkur gerviheimur höfði til þeirra erlendu ferðamanna sem sækja Ísland heim. Talsverð viðhorfsbreyting hjá ferðamönnum hefur orðið hvað þetta snertir á síðari árum. Ósnortið svæði fjölbreyttar náttúru með góðu aðgengi fyrir ferðamenn svo nærri höfuðborginni getur verið ekki síðri segull.

**EFNISYFIRLIT**

ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	4
TÖFLUSKRÁ .....	4
MYNDASKRÁ .....	6
1. INNGANGUR .....	6
2. STUTT SÖGULEGT YFIRLIT .....	6
3. YFIRLIT UM RANNSÓKNIR .....	9
4. HELSTU NIÐURSTÖÐUR .....	10
5. HELSTU NÝTINGARMÖGULEIKAR .....	16
6. NAUÐSYNLEGAR RANNSÓKNIR VEGNA JARÐHITANÝTINGAR .....	18
7. KOSTNAÐARÁÆTLUN .....	19
8. EIGNARRÉTTUR KRÍSUVÍKURTORFU .....	20
9. HEIMILDIR .....	23

**TÖFLUSKRÁ**

1. Hæstu gildi fyrir mældan hita og efnahita á Sveifluhálsi og í Trölladyngju .....	12
2. Efnasamsetning vatns úr borholum 14 og KR-05, Sveifluhálsi og KR-07, Trölladyngju (mg/l) .....	15
3. Niðurstöður afkastamælinga á holu KV-14 1957 - 1959 .....	15
4. Staða umhverfisrannsókna á Krísuvíkursvæði .....	19
5. Kostnaður við rannsóknir vegna athugunar á nýtingarmöguleikum háhitasvæðisins í Krísuvík .....	20

## MYNDASKRÁ

1.	Jarðhitasvæðin í Krísvík .....	9
2.	Borholur í Krísvík .....	10
3.	Þversnið af nokkrum borholum í Krísvík .....	11
4.	Viðnám á 300 m undir sjávarmáli í Krísvík .....	12
5.	Helstu drættir í jarðfræði Krísvíkur .....	13
6.	Hiti í nokkrum borholum í Krísvík.....	14
7.	Kleifarvatn; Hellur. Vatnsborðshæð 1964-1995 .....	15
8.	Áætlaðar gufuleiðslur frá Sveifluhálsi og Trölladyngju til Straumsvíkur .....	16
9.	Áhrif þrýstings og rennslis á flutningskostnað gufu .....	17
10.	Uppdráttur af hugmynd um Krísvík sem ferðamannastað .....	17
11.	Landamerki Krísvíkurtorfu og lands afsalað Hafnarfjarðarbæ .....	21
12.	Jarðhitasvæði á Reykjaneskaga. Hita- og viðnámskort (Sambrotin mynd í A3) ..	22

## 1. INNGANGUR

Iðnaðarnefnd Alþingis hefur sent Orkustofnun til umsagnar tillögu til þingsályktunar um nýtingu Krísuvíkursvæðisins, 211. mál. Í þessari skýrslu er leitast við að rekja stuttlega fyrri rannsóknir, fara yfir nýtingarmöguleika og gera tillögur um þær rannsóknir, sem eru mest aðkallandi, eigi að nýta svæðið.

## 2. STUTT SÖGULEGT YFIRLIT

Nýting jarðhitasvæðisins í Krísuvík hefur takmarkast af brennisteinsvinnslu fyrr á öldum og lítilsháttar gufunotkun til upphitunar á staðnum í seinni tíð. Allmikið hefur verið rannsakað með hléum þó og átak gert á um það bil 10 ára fresti. Nokkrar kannanir hafa verið gerðar á nýtingu jarðhitasvæðisins og verður því markverðasta lýst í eftirfarandi upptalningu:

-1857 Breskt félag keypti námaréttinn fyrir 1400 ríkisdali og tók við af heimamönnum við að nýta brennistein í Krísuvík til útflutnings. Eitt þeirra hét "The Krisuvik Sulphur Company, Limited" (1869-1879). Ennfremur annaðist þýskur aðili þessa vinnslu um tíma. Mjög fróðlega lýsingu á þessum umsvifum er að finna í nýútkominni bók "Ísland fyrir aldamót" (Frank Ponzi 1995). Árið 1870 er getið um 20 tonna útflutning og einnig síðar að flutningarnir hafi farið fram með 80 burðarhestum.

-1882 Eftir að brennisteinsnámunar gengu til þurrðar voru þær leigðar öðru skosku félagi "The Borax Company, Limited". Vitað var að brennisteinninn var að mestu uppurinn en vonir voru bundnar við bórsýruvinnslu, enda hafði vitneskja borist um slíka vinnslu á jarðhitasvæðunum í Toskana héraði á Ítalíu (Conti, 1925). Fróðlegar ljósmyndir úr Krísuvík teknar 1883 og lýsingu á umsvifum félagsins er að finna í bók Franks Ponzi (Frank Ponzi 1995). Enga bórsýru var að hafa og lagðist starfsemin því af 1884.

-1940 Vegur lagður meðfram Kleifarvatni.

-1941 Hafnarfjarðarkaupstaður eignaðist hluta Krísuvíkurtorfunnar, sem tekin var eignarnámi með lögum 1936 og 1940 (sjá 8. kafla), og veiðirétt í öllu Kleifarvatni. Eignarnámið var gert fyrir Hafnarfjarðarkaupstað "þannig að hann fái þörf kaupstaðarins fyrir hita, ræktun og sumararbeit fullnægt" (L.11/1936). Landamerkjum er lýst í 8. kafla og þar birt kort með landamerkjum sem fylgdi afsali landbúnaðarráðherra 20/2 1941. Síðar hafa ýmsir aðilar í Hafnarfirði lýst yfir ónægju sinni með hve stórum hluta þess lands, sem tekið var eignarnámi 1936, ríkið hélt eftir. Þá hafa Grindavíkingar kvartað undan því að eignarhluti Hafnarfjarðar félli að hluta undir lögsagnarumdæmi Grindavíkur. Skipting jarðhitaréttinda er orðin nokkuð flókin milli Hafnarfjarðar, Reykjavíkur og ríkis. Jarðhitasvæðin við Trölladyngju og Brennisteinsfjöll falla auk þess aðeins að hluta innan þess lands sem tekið var eignarnámi.

-1944 Árni Óla lýsir hugmyndum um stórfellda nýtingu Krísuvíkur fyrir heilsuhæli, stórfellda ylraekt, verksmiðjurekstur og hitaveitu í bók sinni "Landið er fagurt og frítt".

1945-1950 Hafnarfjarðarkaupstaður lét bora 19 holur, flestar með eigin bor, til undirbúnings raforkuframleiðslu. Ein þessara holna nr. KV-14 gýs enn gufu yfir ferðamenn og sjá má steypa stöpla við sumar holurnar.

-1951 Skýrsla: Áætlun um raforkuver í Krísuvík (Valgarð Thoroddsen 1951).

-1952 Lagt var fram frumvarp til laga um virkjun jarðgufu í Krísuvík (71. löggjafarþing 143. mál, þingskjal 335). Gert var ráð fyrir virkjanaleyfi Hafnarfjarðarkaupstaðar fyrir 5,5 MW stöð sem stækka megi í 11 MW svo og að fá upp hita fyrir gróðurhús og íbúðarhús á staðnum. Í greinargerð er sagt að búið sé að afla 60 tonna á klukkustund af gufu og 50 sek.lítra af heitu vatni við 100°C. Frumvarpið náði ekki fram að ganga á þinginu og var það í samræmi við umsögn Raforkumálastjóra til iðnaðarnefndar neðri deildar Alþingis (Jakob Gíslason bréf 22/1 1952). Meginrök voru að "til raforkuvinnslu höfum við hér á landi annan orkugjafa, þar sem vatnsaflíð er og hann í svo ríkum mæli, að við munum á næstu mannsöldrum ekki geta notfært okkur nema lítið brot af þeirri orku. Okkur er því ekki nauðsyn á að virkja jarðhitann til raforkuvinnslu...".

-1959 Lokaskýrsla um athuganir sem staðið höfðu allengi á vegum Raforkumálskrifstofunnar um saltvinnslu í Krísuvík. "Report on the Possibility of Production of Salt in Iceland". (Patel, 1959). Hagkvæmni verksmiðjunnar var talin ónóg. Saltvinnslan var talin óhagkvæm og um þetta leyti beindist athyglin að Reykjanesi sem ákjósanlegri stað til saltvinnslu og var fyrsta holan þar boruð 1956.

-1960 Boraðar voru 2 líðlega 1200 m djúpar holur og ein grynri með nýja Gufubornum á vegum Ríkissjóðs. Upplýsingar um hita og jarðlög í holunum fengust en holurnar hrundu við upphleypingu þar eð fóðring var ekki sett til botns í holunum, þ.e. enginn raufaður leiðari. Árangurinn var því ekki sem skyldi. Aðeins andar gufu úr holu KR-2 og er hún nú notuð til að hita söluskúr sem komið hefur verið fyrir á bflastæðinu.

1964 Hóla boruð ofan við Krísuvíkurbúið sem síðan var notuð til upphitunar á staðnum í 30 ár auk nota í gróðurhús og gripahús á meðan sá rekstur var við lýði. Búrekstur hefur gengið illa í Krísuvík frá því Hafnarfjarðabær byggði þar stórbú, hvort heldur það hefur verið kúa-, svína- eða refabú og sama er að segja um stór gróðurhús sem þar voru.

1964-1965 Athugun á möguleikum hitaveitu fyrir Hafnarfjörð frá Krísuvík, unnin af Verkfræðistofunni Virki.

-1971 Boraðar voru 4 holur á Krísuvíkur-Trölladyngju svæðinu á vegum Orkustofnunar. Þetta voru grannar rannsóknarholur boraðar með meðalstórum bor, flestar um 900 m djúpar, Steypt var í æðar til að ná borsvarfi til rannsókna. Upplýsingar um jarðlagaskipan og hita náðust en ekki um afl. Rannsóknum þessum varð ekki lokið því að athyglin beindist um þetta leyti að virkjun í Svartsengi og Kröflu. Heildarskýrsla um rannsóknirnar kom út 1975 (Stefán Arnórsson o.fl. 1975).

-1973 Samningur Hafnarfjarðar og Reykjavíkur um lögn hitaveitu í bæinn og framsal á jarðhitarétti Hafnarfjarðar til Reykjavíkur vegna nýtingar Krísuvíkur til hitaveitu (sjá 8. kafla).

-1974 Skýrsla um 300.000 t/ári súrálvinnslu í Straumsvík gefin út. "Draft Pre-Feasibility Study on the Production of Alumina in Iceland" (Gyorgy 1974) Fyrirhugað var að verksmiðjan nýtti jarðgufu frá Krísuvíkursvæðinu og fullnægði ríflega þörfum Ísal fyrir hráefni. Málinu var ekki fylgt eftir af ýmsum ástæðum m.a. vegna áhyggja manna af umhverfisáhrifum af völdum rauðs leirs sem þarf að farga í allmiklum mæli.



-1975 Krísuvíkurtorfan fellur innan Reykjanesfólkvangs og samkvæmt auglýsingu í Stjórnartíðindum Nr. 520/1975 er frá ákvæðum um takmörkun umsvifa "undanþegin hagnýting jarðhita, t.d. í Krísuvík, og mannvirkjagerð í því sambandi, sbr. þó 29. gr. laga nr. 47/1971". (Sjá Náttúruverndarráð 1991).

-1975 Skýrsla Checchi and Company and the Architects Collaborative, Inc. (1975) um ferðamál á Íslandi kemur út. gerður var samanburður á 10 stöðum, sem efnilegir þóttu til að setja upp ferðamannastað, sem nýta mætti allt árið, svonefndan "vetrargarð" og kom Krísuvík langbest út. Í framhaldi var sett fram áætlun um nýtingu Krísuvíkur í þessu skyni.

-1981 Skýrsla samin fyrir sjávarútvegsráðuneytið af Stefáni Erni Stefánssyni og niðurstöður m.a. birtar í ráðstefnuriti 1983 í grein "Um jarðvarma í fiskimjölsverksmiðju" (Stefán Örn Stefánsson 1983). Þar var borin saman hagkvæmni fiskimjölsverksmiðju fyrir Reykjanes í Straumsvík og Grindavík.

-1983 Hagkvæmniathugun var gerð á vegum Orkustofnunar á lögn gufuleiðslu til Straumsvíkur frá Trölladyngju. Auk þess var áætlun gerð um gufulagnir frá Þeistareykjum og Reykjanesi (Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns 1983).

-1983 Undirbúningur Orkustofnunar að borun rannsóknarholu í Trölladyngju hófst með borun skolvatnsholu til öflunar á ferskvatni við Sóleyjarkrika (Höskuldarvelli) og kaupum á öllu efni í djúpa háhitaholu. Ekki fengust fjárveitingar eftir það til að bora holuna.

-1984 Lokaverkefni Hjalta H. Hjaltasonar í verkfræðideild Háskóla Íslands: Jarðgufukynt fiskimjöls- og lýsisverksmiðja: Athugun á hagkvæmni notkunar".

-1986 Skýrsla samin af Orkustofnun fyrir Lindalax hf. um jarðhitasvæðið í Trölladyngju. Tvær holur voru staðsettar í landi Stóru Vatnsleysu önnur skammt frá Eldborg, hin við Oddafell, en ekkert varð af borun.

-1991 Lokaverkefni Fanneyjar Gísladóttur í landafræði um gróðureyðingu á Krísuvíkursvæði 1945-1990.

-1994 Orkustofnun tekur saman upplýsingar um stöðu rannsókna á Krísuvíkursvæðinu og kynnir lauslegt mat á kostnaði við gufuflutning til Straumsvíkur vegna athugana á Orkugörðum við Straumsvík.

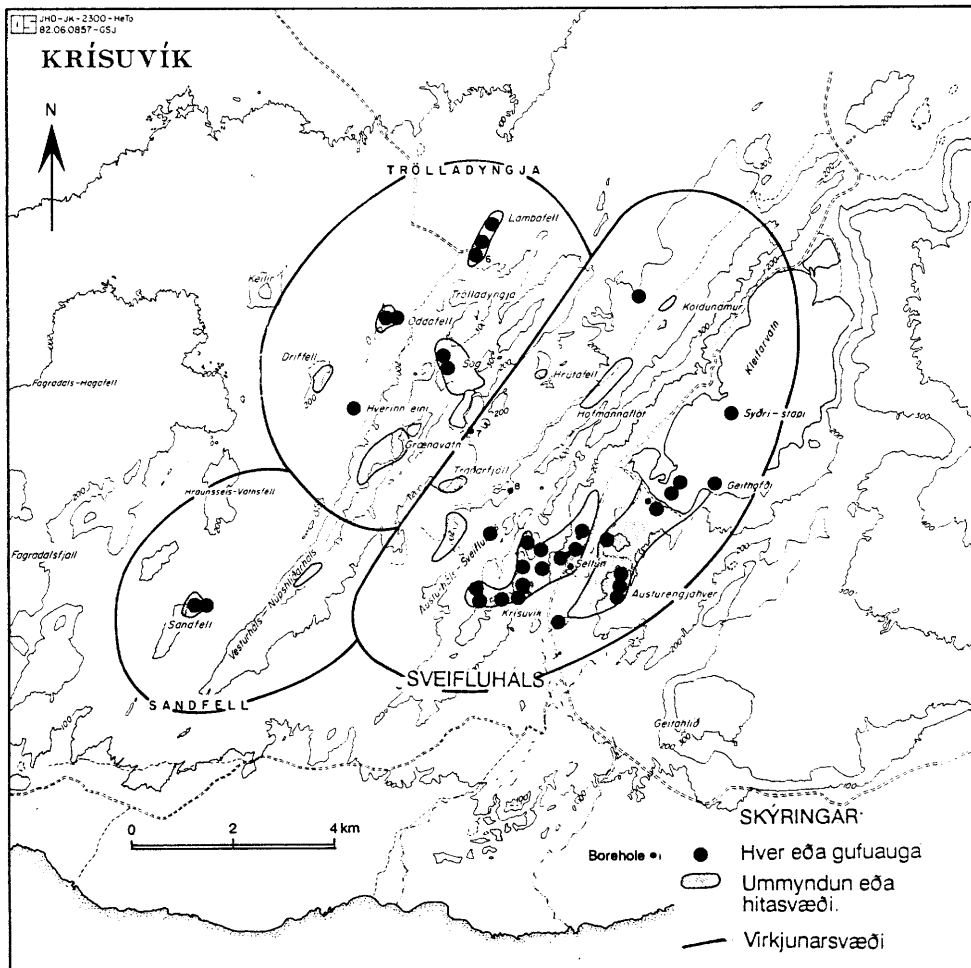
-1994-1995 Leirtekja í Krísuvík til nota í leirböðum við Laugardalslaug í Reykjavík. Starfseminni var hætt um s.l. áramót.

-1995 Ásgeir Leifsson o.fl. kynna fyrir Atvinnumálanefnd Hafnarfjarðar hugmynd um etanolverksmiðju í Straumsvík sem nýtti lúpínu og jarðgufu frá Krísuvík.

-1995 Grunn háhitahola boruð fyrir Krísuvíkursamtökin skammt ofan við Krísuvíkurbúið. Holan gaf hreina gufu við háan þrýsting, 23 bar g, og afköst um hálf meðalafköst háhitaholna.. Hún er nú nýtt til upphitunar á staðnum og leysti af hólmi holuna frá 1964.

### 3. YFIRLIT UM RANNSÓKNIR

Háhitasvæðinu í Krísuvík má skipta í 3 undirsvæði, Sveifluháls (oft nefnt Krísuvík), Trölladyngju og Sandfell (1. mynd). Innan Krísuvíkurtorfunnar er og hluti af háhitasvæðinu í Brennisteinsfjöllum, en til er skýrsla um niðurstöður viðnámsmælinga þaðan (Ragna Karlsdóttir 1995) og innan skamms er væntanleg skýrsla um jarðfræði þess (Helgi Torfason, persónulegar upplýsingar) og er það nú tilbúið til rannsóknarborana.

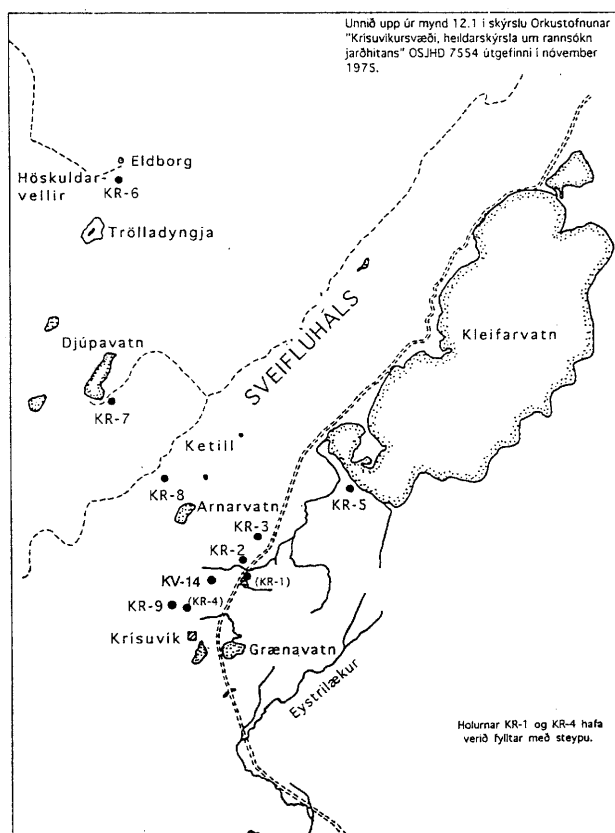


1. mynd. Jarðhitasvæðin í Krísuvík

Fyrir 1950 voru 19 grunnar holur boraðar á vegum Rafveitu Hafnarfjarðar í Sveifluhálsi og þrjár 329 - 1270 m djúpar árið 1959 og ein 300 m djúp 1964 á vegum Ríkissjóðs. Orkusöfnun gerði víðtæka rannsókn á öllu svæðinu 1970 - 1973 og tók hún til jarðfræði, skjálfta- og sveiflumælinga, viðnámsmælinga og segulmælinga á yfirborði auk borunar fjögurra holna og tilheyrandi athugana (jarðlagasniða, ummyndunarathugana, könnunar á efnasamsetningu vatns, hita- og þrýstímælinga) (Stefán Arnórsson o. fl. 1975). Sandfellssvæðinu virðist hafa verið fremur líttill gaumur gefinn. Þó segir í ofangreindri skýrslu "Loks er hitasvæði við norðvesturhornið á Sandfelli... Þar eru allmörg gufuaugu í hrauninu

á svæði, sem er um 150x50 m.... Loks er ummyndað svæði kringum gufuaugun austan undir Sandfelli". Jarðfræðikort gerði Jón Jónsson (1978), en Guðmundur Bárðarson (1929), Páll Imsland (1972), Kifua (1986) og Vargas (1992) hafa einnig lagt sitt af mörkum. Árið 1986 var gerð yfirgripsmikil yfirborðskönnun í Trölladyngju og staðsettar þar tvær borholur til framhaldsathugana (Orkustofnun and Vatnaskil Consulting Engineers 1986). Þá hafa Mariita (1986), Kanyanjuna (1987) og Georgsson (1987) skýrt frá viðnámsmælingum til viðbótar hinum fyrri og Stefán Arnórsson (1987) lýst rannsóknnum á gasi í gufuaugum í Sveifluhálsi og í Trölladyngju. Er Landsvirkjun, Hitaveita Reykjavíkur, Hitaveita Suðurnesja og Orkustofnun fóru af stað með verkefnið "Rannsóknir á áhrifum jarðhitavinnslu á umhverfið" var ákveðið að breytingar á jarðhita í Krísuvík yrðu kannaðar reglulega sem liður í athugun á breytingum á óvirkjuðum svæðum. Yfirborðsjarðhiti var skoðaður og sýni tekin til

efnagreininga (Magnús Ólafsson 1991), en vegna takmarkaðs fjárhags verkefnisins hefur ekki reynst unnt að sinna þeim athugunum áfram. Sumarið 1995 var boruð hola í Sveifluhálsi til hitunar heimilis á vegum Krísuvíkursamtakanna. Þar hafa verið gerðar hita- og þrýstimælingar og sýni tekið til efnagreininga, en niðurstöður hafa enn ekki verið birtar. Loks var gerð athugun á ástandi holna á svæðinu árið 1995 (Sigurður Benediktsson, BENE hf. 1995). Staðsetning helstu borholna á svæðinu er sýnd á 2. mynd og þversnið af nokkrum þeirra á 3. mynd.



#### 4. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Krísuvíkursvæðið er talið um 60 km<sup>2</sup> að flatarmáli, þ.e. Sveifluháls 30-35 km<sup>2</sup>, Trölladyngja 15-20 km<sup>2</sup> og Sandfell 5-15 km<sup>2</sup> (Guðmundur Pálmason o. fl. 1985). Georgsson (1987) (4. mynd) sýnir 30-35 km<sup>2</sup> svæði, þar sem viðnám er innan við 8 Ωm 300 m neðan sjávarmáls og 10-15 km<sup>2</sup> svæði að auki, þar sem lágt viðnám mældist

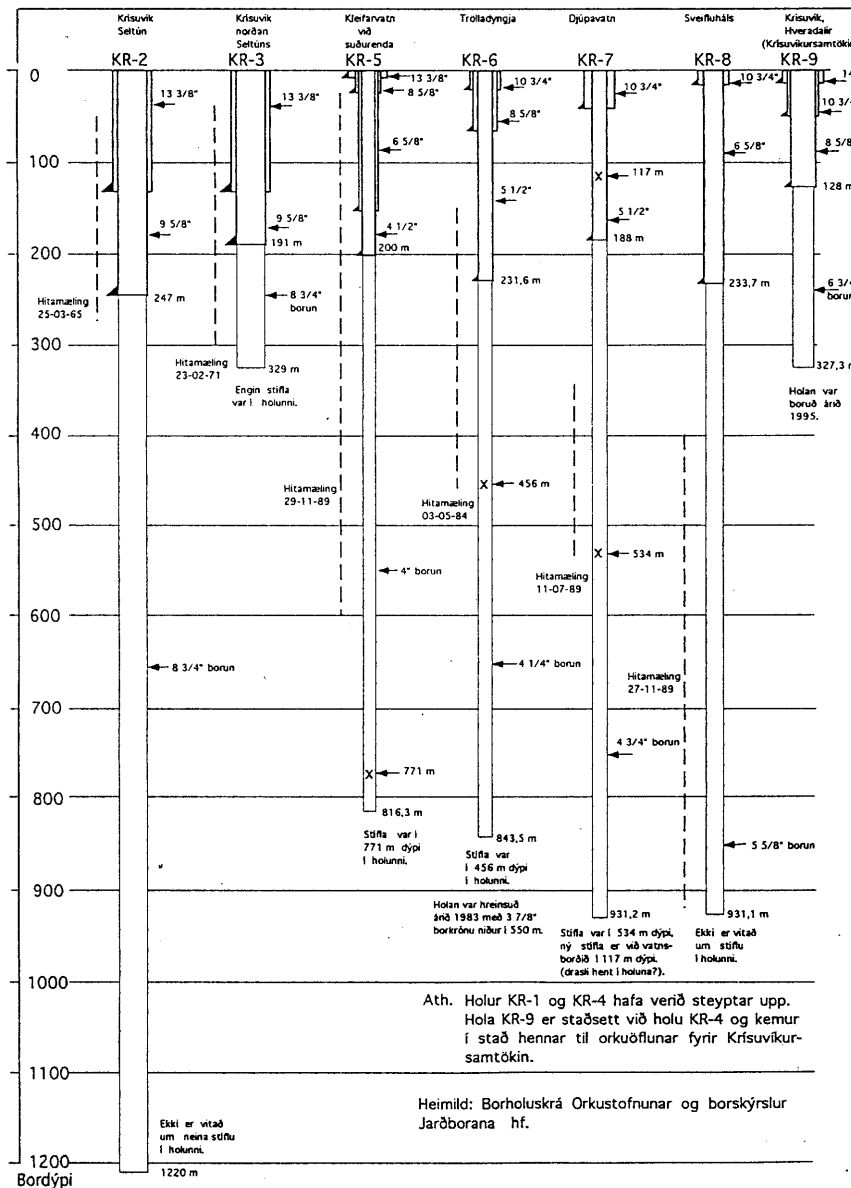
#### 2. mynd. Borholur í Krísuvík

grynnra. Er þetta nokkru stærra svæði, en þeir 25 km<sup>2</sup>, er yfirborðsummyndun þakti 1970-1973 (Stefán Arnórsson o. fl. 1975).

Helstu drættir í jarðfræði svæðisins eru sýndir á 5. mynd. Sveifluháls og Vesturháls teljast móbergshryggir, myndaðir við sprungugos undir jöklum, sennilega á síðustu ísöld. Báðir hvíla sennilega á fornum grágrýtishraunum frá hlýskeiði fyrir síðustu ísöld. Mörg misgengi og sprungur liggja eftir báðum. Dalurinn milli hálsanna er þakinn hraunum og alsettur eldstöðvum. Kleifarvatn er myndað í lægð í dalnum. Á botni þess eru móbergs- og bólstrabergshryggir, og nokkur jarðhiti er á botni þess, einkum syðst. Niðurstöður svarfgræininga eru í stórum dráttum þær að móberg, greint sem þursaberg, er mest áberandi

Í efstu 3-400 metrunum en þar fyrir neðan er aðallega basalt. Ummyndun er svipuð og á öðrum háhitasvæðum, nema að óvenju lítið er um zeólíta í efri hluta kerfisins og bendir það til hás hita á litlu dýpi ekki alls fyrir löngu.

Hitamælingar hafa verið gerðar í allmörgum borholum. Yfirleitt kemur fram viðsnúinn hitaferill, þar sem hámarkshiti er á 300-600 m dýpi. Í heildarrannsókninni 1970-1973 tókst



### 3. mynd. Þversnið af nokkrum borholum í Krísuvík

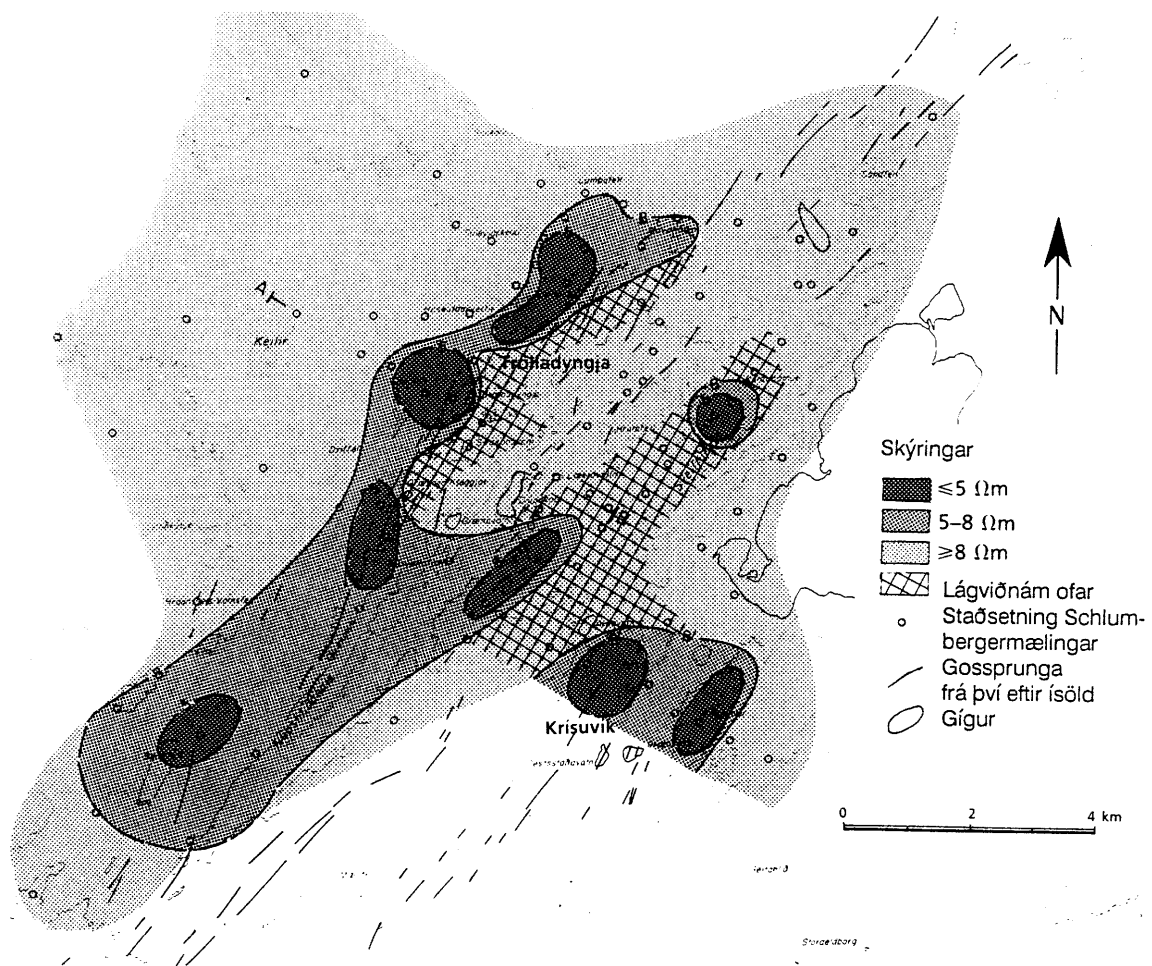
ekki að staðsetja aðalinnstreymið í jarðhitakerfið, en flestir hafa hallast að líkani, þar sem heitt vatn streymir upp eftir sprungum eða misgengjum og dreifist síðan lárétt í lekum jarðlögum og sprungum á áður nefndu dýpi. Hóla KR-09, sem boruð var við Sveifluháls sumarið 1995, er 330 m djúp og kemur viðsnúningurinn ekki fram í henni. Rennsli úr henni er hrein gufa, um 5 kg/s og er hámarkshiti í henni 230°C frá 150 m dýpi til botns. Vinnur hún því úr

gufupúða og hámarkshitinn er mjög nærri þeim hita, er samsvarar fræðilegu hámarksvermi vatnsgufu. Hæstur hefur hiti hins vegar mælst 262°C í holu við Trölladyngju. Efnahiti hefur verið metinn á nokkra vegu, þ.e. m.t.t. kvars, Na/K hlutfalls og gasstyrks í gufu. Hæsti kvarshiti og hæsti Na/K hiti hafa reiknast í Trölladyngju og koma mjög vel heim við hæsta mældan hita. Lægri gildi fást fyrir sýni frá Sveifluhálsi en nokkru hærri gildi hafa fundist fyrir gashita á báðum svæðum. Niðurstöður um hæsta mældan hita og efnahita eru í 1. töflu og hita-dýptarsnið fyrir nokkrar holur á 6. mynd.

1. tafla. Hæstu gildi fyrir mældan hita og efnahita á Sveifluhálsi og í Trölladyngju

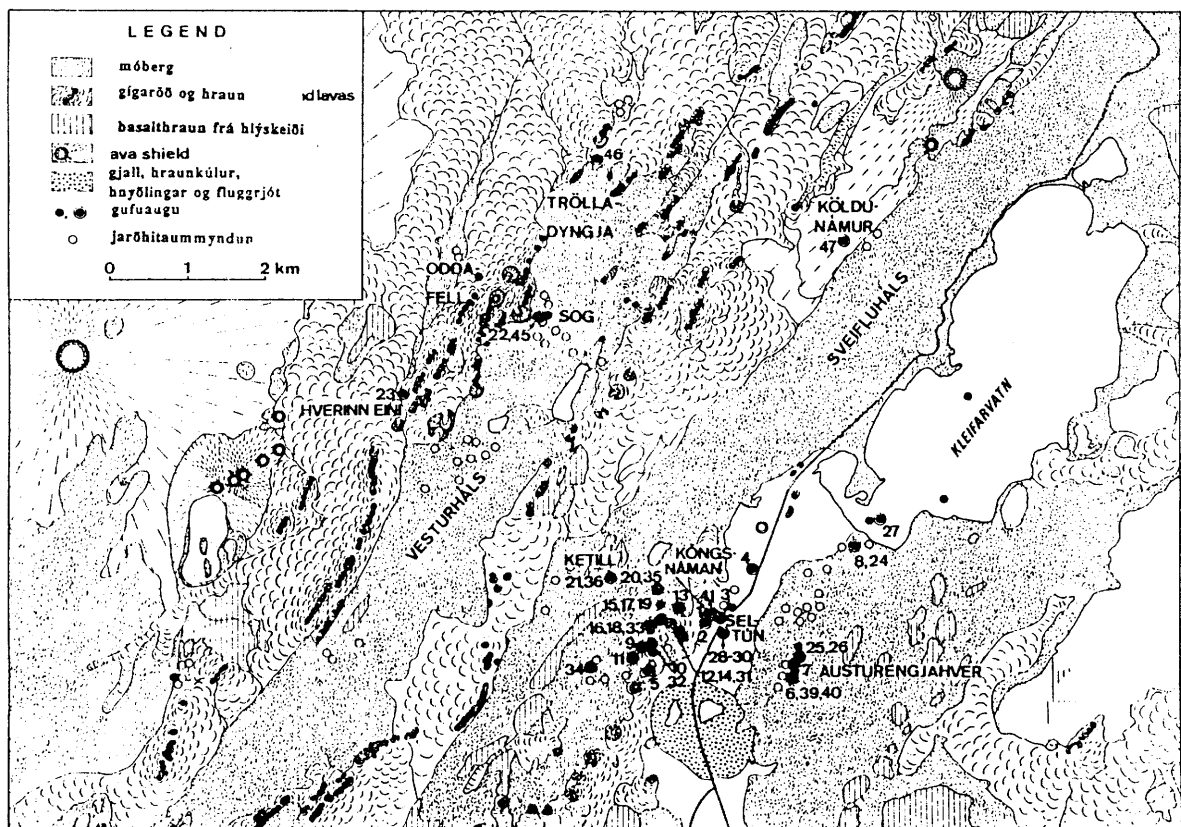
Svæði	Hæsti mældur hiti °C	Hæsti kvarshiti °C <sup>1)</sup>	Hæsti Na/Khiti °C <sup>2)</sup>	Hæsti gashiti °C (gufuauðu) <sup>3)</sup>	Hæsti gashiti °C (KR-09) <sup>3)</sup>
Sveifluháls	230	243	221	296	288
Trölladyngja	262	261	261	285	

<sup>1)</sup> Fournier and Potter (1982). <sup>2)</sup> Arnórsson o.fl.. (1983). <sup>3)</sup> Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).



4. mynd. Viðnám á 300 m undir sjávarmáli í Krísvík

Jarðsveiflumælingar gefa til kynna að þykkt yfirborðslags (lags 1) sé 200-400 m og dýpi á lag 3 2,1 -3,4 km. Dreifing smáskjálfta bendir til þess að vatn komist þar niður að efra borði lags 3 á 2,5-5 km dýpi. Þyngdarmælingar leiða í ljós skörp eðlisþyngdarskil skammt fyrir austan jarðhitasvæðið. Engin samsvörun hefur fundist milli segulkorts og ummyndunar á yfirborði. Niðurstöður viðnámsmælinga (4. mynd) sýna öll þrjú undirsvæðin innan 8  $\Omega$ m jafnviðnámslínunnar á 300 m dýpi neðan sjávarmáls og eru þau sennilega tengd. Lægra viðnám en 5  $\Omega$ m á 300 m neðan sjávarmáls mælist á þremur stöðum innan Trölladyngju (Við Lambafell, Oddafell og Hverinn eina), fjórum við Sveifluháls (við Austurengjahver, Krísvúsk, á Sveifluhálsi nálægt Arnarvatni og við Hofmannaföt) og við Sandfell. Er talið að þar geti uppstreymisrásirnar verið staðsettar

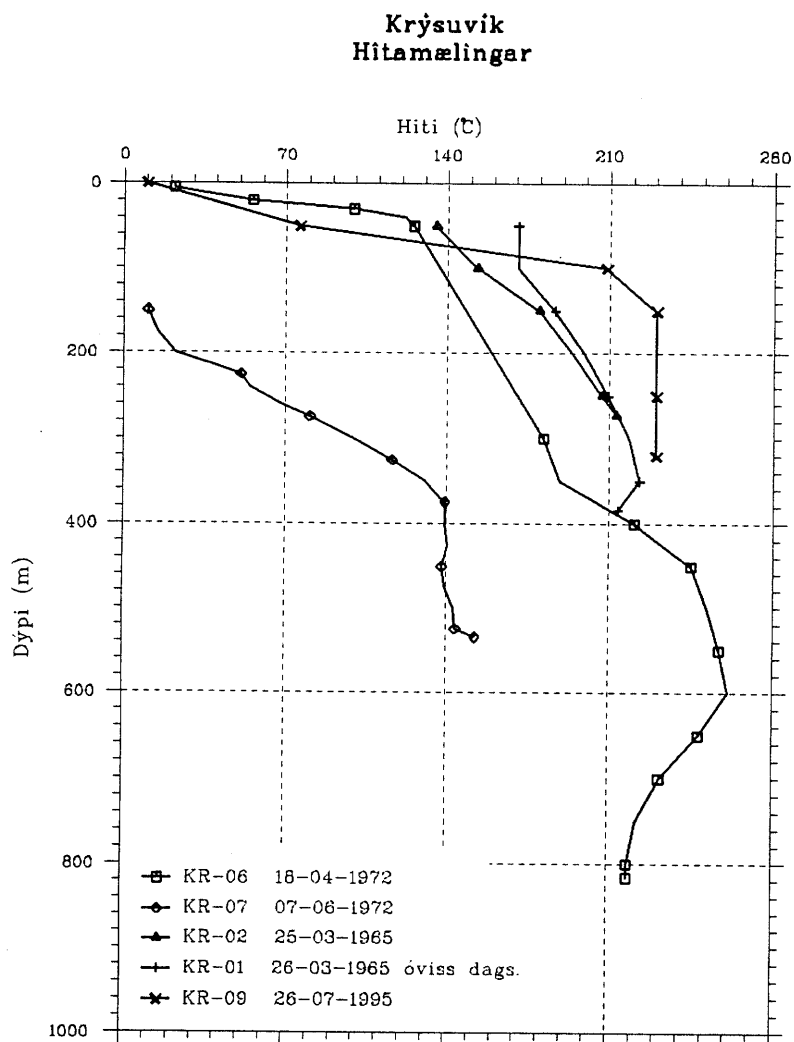


5. mynd. Helstu drættir í jarðfræði Krísvúskur

Upplýsingar um efnasamsetningu eru ekki mjög glöggar. Þó virðist sem það vatn, sem fæst úr heitustu æðunum sé fremur salt miðað við jarðhitavatn á Íslandi (Uppleyst steinefni 1800 - 2600 ppm). Hins vegar mælast uppleyst steinefni allt niður í rúmlega 200 ppm í sumum sýnum. Sýrustig sýnir hlutlausan eða fremur basískan vökva. Sé vatnið í jarðhitakerfinu svo salt gæti það e.t.v. nýst sem steindað vatn ("mineralized water"), sem hentar vel til ýmiss konar lækninga og heilsubaða. Niðurstöður efnagreininga á völdum sýnum úr þremur holum, tveimur frá Sveifluhálsi og einu frá Trölladyngju, eru raktar í 2. töflu.

Holurnar, sem boraðar voru 1970 - 1973 voru grannar og ekki unnt að afkastamæla þær. Einu holurnar, sem hafa verið afkastamældar eru nr. 14, sem Ísleifur Jónsson (1960) afkastamældi

1957 - 1959 með frumstæðum áhöldum og svo KR-09, sem boruð var 1995 (hrein gufa, rennsli 5 kg/s). Niðurstöður mælingarinnar á KV-14 eru dregnar saman í 3. töflu.



6. mynd. Hiti í nokkrum borholum í Krýsuvík

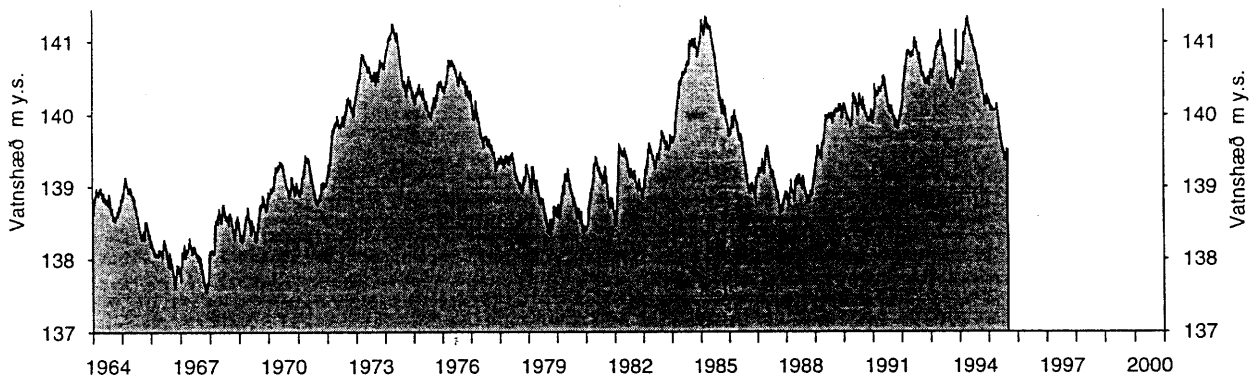
Sé gert ráð fyrir mettnarástandi við 150 mm þrengingu og stærri, er hitastig 220-240°C, sem er mjög nærri mældum hita í nálægri holu (KR-01). Stór skoltöp komu fram í djúpu holunum. Nokkrar poruhlutamælingar hafa verið gerðar á kjörnum úr holum KR-05, KR-06 og KR-08. Meðalporuhluti reyndist 11%. Eins og áður kom fram er mikið um misgengi og sprungur þarna. Því hníga öll rök til þess að við góðri lekt megi búast í svæðinu. Ætla má að Kleifarvatn geti virkað sem einhvers konar vatnsforðabúur fyrir svæðið. Þó er selta heitasta jarðhitavatnsins svo mikil að hluti þess gæti átt annan uppruna, t.d. í sjó. Niðurstöður vatnsborðsmælinga í Kleifarvatni eru sýndar á 7. mynd (Áráttan 1995) og benda sveiflurnar til að það sé mjög háð regni, en úrkoma á svæðinu hefur verið metin 1650 mm/ár. Líklega streymir kalt vatn þaðan lóðrétt niður í jarðhitakerfið og hefur áhrif á grynstu jarðhitageymana í lárétta stefnu. Opin misgengi eru í nágrenni vatnsins og líklega á botni þess, en ekki þarf annað til en opnar sprungur til að leiða vatn niður í jarðhitakerfið. Hverir á botni vatnsins liggja á línu hvera og ummyndunar frá Grænavatni og neðanjarðarfrárennsli frá Kleifarvatni til norðurs er þekkt (Kristján Sæmundsson, persónulegar upplýsingar). Hinir

viðsnúnu hitaferlar benda til staðbundinna uppstreymisrása í þröngum misgengjum og brotnum göngum og lárétrar dreifingar um vatnsgeymi, sem er hugsanlega umluktur lagskiptu móbergi og hraunum. Lekt er háð frumlekt og brotnum eða jarðhitaummyndun. Því hentar lagskipting lekra laga við torlek vel jarðhitavinnslu.

2. tafla. Efnasamsetning vatns úr borholum 14 og KR-05, Sveifluhálsi og KR-07, Trölladyngju (mg/l) (Stefán Arnórsson o. fl. 1975).

Hola Dýpi m	pH/ °C	SiO <sub>2</sub>	B	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Cl	F	U.s. <sup>2)</sup>
KV-14 0 (Ht) <sup>1)</sup>	9.23/ 23	500	1,77	465	57,2	10,4	0,.	49,8	92,4	9,9	759	0,3	1876
KR-07 325	8.00/ 20	50		30,6	1,7	18,4	10,4	110	7,9	0,1	16,1	0,2	208
KR-06 500	8.35/ 20	514		700	119	42,4	0,38	62,2	49,6	6,6	1094	0,5	2605

<sup>1)</sup> Sýni úr holu KV-14 er holutoppasýni úr blásandi holu, en hin eru djúpasýni. <sup>2)</sup> U.s. . Uppleyst steinefni.



7. mynd. Kleifarvatn; Hellur. Vatnsborðshæð 1964-1995

3. tafla. Niðurstöður afkastamælinga á holu KV-14 1957 - 1959

Þvermál blendu mm	Po bar abs.	Heildar- rennsli kg/s	Gufurennsl kg/s	Gufuhluti	Vermi kJ/kg
Engin <sup>1)</sup>	2,1-3,0	27,6-31,7	6,8-10,4	0,23-0,27	940-1020
150	2,4-3,6	23,2-34,4	6,3-9,2	0,24-0,27	970-1020
110	3,5-6,1	8,6-13,5	4,2-6,3	0,44-0,50	1420-1550

<sup>1)</sup> Í 8" pípu.

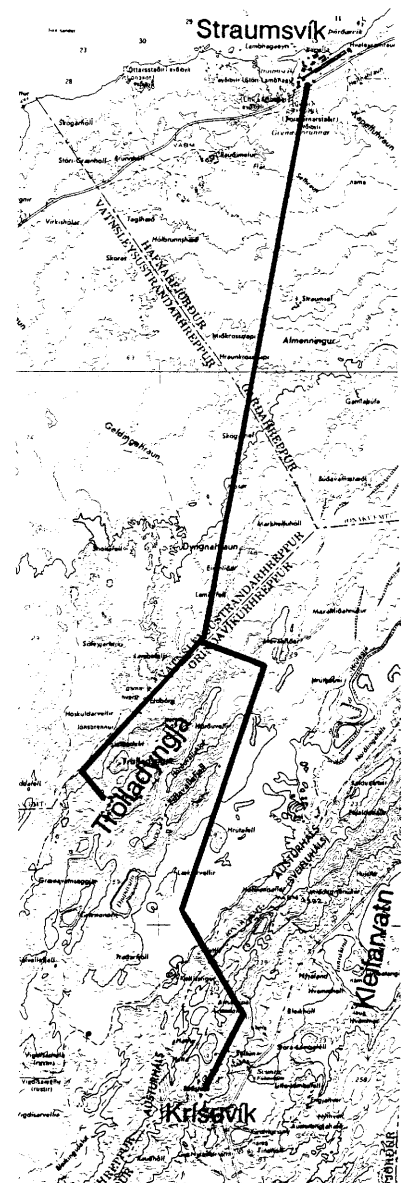


## 5. HELSTU NÝTINGARMÖGULEIKAR

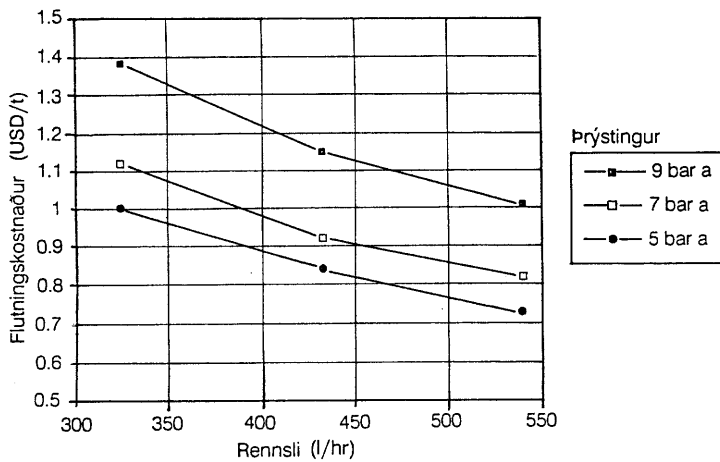
Guðmundur Pálmason o.fl. (1985) notuðu svonefnda rúmmálsaðferð til að meta orkuvinnslugetu Íslenskra háhitavæða. Niðurstaða þeirra var að úr svæðunum þremur í Krísvík mætti vinna um 300 MW, í 50 ár. Benedikt Steingrímsson o.fl. (1991) hafa hin vegar beitt hermireikningum til þess að meta afl svæða, sem þegar eru virkjuð. Þeir komust að þeirri niðurstöðu að poruhluti og lekt bergs á háhitavæðum ræður mestu um afl þeirra. Samkvæmt þeirri niðurstöðu hermireikninganna ætti Krísvíkursvæðið að geta gefið 60-75 MW, í 50 ár. Þess ber þó að gæta að svæðið er tiltölulega lítið rannsakað, en þær rannsóknir, sem gerðar hafa verið hingað til, benda til þess að poruhluti sé hár og lekt góð, svo að búast má við tiltölulega miklu afli af þeim sökum. Svæðið er aðgengilegt og gott til vinnslu.

Halldór Ármannsson o.fl. (1994) gerðu skýrslu fyrir "The Industry Consulting Group for Straumsvík Energy Park; Hafnarfjörður", um möguleika Sveifluháls og Trölladyngju til iðnaðarnota. Miðað var við iðnaðarframleiðslu í Straumsvík, sem þægi 120 kg/s af gufu við 7 bar abs. þrýsting. Of litlar upplýsingar reyndust til um svæðið til að meta kostnað við gufu þaðan, en stuðst var við almennt líkan um kostnað við gufuöflun frá háhitavæðum (Thórhallsson og Ragnarsson, 1992). Útkoman var 2,48 USD (2,80 ECU) fyrir hvert tonn af gufu við holutopp. Þá var gerð kostnaðaráætlun um flutning gufu frá Trölladyngju og Sveifluhálsi til Straumsvíkur eftir leðslum, sem lögju eins og sýnt er á 9. mynd. Reyndist sá kostnaður 0,92 USD (1,04 ECU) á tonn af gufu. Til einföldunar er gert ráð fyrir að öflunarkostnaður sé óbreytilegur, en flutningskostnaður er háður þrýstingi og rennsli (magni) eins og sýnt er á 9. mynd. Reikningar þessir gera ráð fyrir flutningi allt að 120 kg/s, sem nægir til viðamikillar iðnaðarframleiðslu á borð við 200.000 tonna súrálverksmiðju eða 50.000 tonna etanólverksmiðju. Verksmiðja, sem nýtir minni gufu, t.d. fiskmjölsverksmiðja, gæti einnig verið hagkvæm. Mest hagkvæmni væri þó í einni gufufreki verksmiðjum í sambýli við aðrar. Vert er að minna á að jarðhitagufa hefur miklu minni gasútblástur í för með sér en brennsla olfu, gass eða kola. Ármannsson og Kristmannsdóttir (1992) hafa t.d. sýnt fram á, að nýting jarðhita í stað olfu í fiskmjölsverksmiðjur myndi minnka CO<sub>2</sub> útblástur um u.þ.b. 120.000 tonn á ári og auk þess er hún mun ódýrari en nýting rafskautskatla. Með slíkri minnkun færir Ísland langt með að geta staðið við sín loforð á alþjóðlegum vettvangi.

Checchi and Company and the Architects Collaborative Inc. (1975) gerðu úttekt á ferðamálum Íslendinga á vegum Sameinuðu þjóðanna, og var ein af hugmyndum þeirra að koma upp ferðamannastað í Krísvík. Um er að ræða fjölnota stað

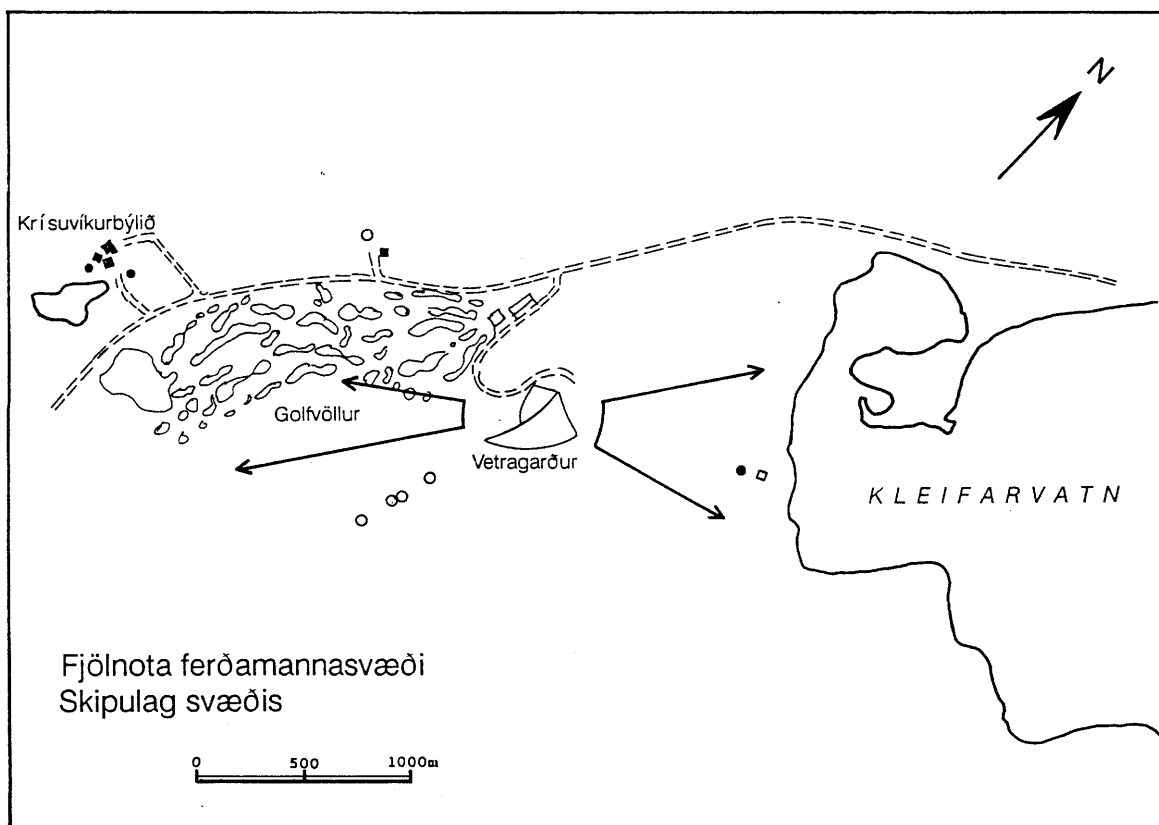


8. mynd. Gufuleiðsla frá Sveifluhálsi - Trölladyngju til Straumsvíkur



9. mynd. Áhrif þrýstings og rennslis á flutningskostnað gufu

með hótélum, veitingahúsum, heilsuþöðum, heilsuhæli, golfvöllum og göngu- og ferðaleiðum um nágrennið (10. mynd). Stór þáttur í áætluninni er svæði, þar sem þægilegt loftslag er látið ríkjja undir glerþaki árið um kring, svokallaður "vetrargarður". Gert er ráð fyrir töluverðri nýtingu heits vatns og gufu til hitunar og baða eða að til þurfi a.m.k. 80 l/s af 200°C heitu vatni eða 3-4 holar á borð við KV-14, sem var 230 m



10. mynd. Uppdráttur af hugmynd um Krísuvík sem ferðamannastað

djúp. Væri hins vegar farið í djúpborun er ekki ólíklegt að sama afli mætti ná úr tveimur holum. Þá er mjög fjallað um lækningamátt vatnsgerða. Vatnið í Krísuvík er

natríumklóríðvatn, fremur dauft. Það er einkum notað til lækninga á sjúkdómum í beinum. Hins vegar þyrfti að gera nákvæma úttekt á efnasamsetningu vatnsins, áður en unnt er að dæma um hugsanleg not þess til lækninga. Þá þarf að gera sérstaka umhverfisúttekt, þar sem m.a. yrðu kannaðir hverjir möguleikar eru á annarri nýtingu svæðisins, ef þar yrði komið upp ferðamannastað.

Afl það, er sagt hefur verið frá, er og yfrið nóg til hitaveitu. Ekki er unnt að gera ráð fyrir beinni nýtingu vatnsins heldur yrði um að ræða varmaskipti, þar sem heita vatnið og gufan eru nýtt til að hita upp kalt vatn. Áður var það talinn ókostur á svæðinu að öflun kalds vatns væri erfið, en í framtíðinni er líklegt að lokuð dreifikerfi verði notuð, þar sem sama vatnið er nýtt aftur og aftur til hitunar og þá ætti tiltölulega líttill vatnsforði ekki að koma að sök.

## 6. NAUÐSYNLEGAR RANNSÓKNIR VEGNA JARÐHITANÝTINGAR

Ýmis gögn eru til um svæðið, en þau þarf að endurskoða og fylla í eyður.

Áður en farið yrði í rannsóknarboranir þarf að gera nokkrar jarðfræði-, jarðeðlisfræði- og jarðefnafræðirannsóknir. Þá þyrfti að fara fram frumumhverfismat.

Þrennt þarf að gera til þess að þekking á jarðfræði svæðisins geti talist viðunandi fyrir borun:

- 1) Kortleggja jarðhita og jarðhitaummerki.
- 2) Gera sprungukort.
- 3) Gera úttekt á ummyndun á yfirborði og í borholum og bera hana saman við þann hita, sem nú mælist í holunum.

Knútur Árnason (1994) gerði grein fyrir stöðu viðnámsmælinga á Krísvúfsvæði og lagði til að eftirfarandi mælingar yrðu gerðar til að fylla upp í þau göt, sem enn eru á slíkum upplýsingum: TEM (Transient ElectroMagnetic viðnámsmælingar) mælingar verði gerðar á 5 mælilínum þvert á sprungustefnu með um 1 km fjarlægð milli lína og 750 m fjarlægð milli mælinga á hverri línu nema þeirri syðstu, sem er á suðurmörkum svæðisins og gert ráð fyrir lengri vegalengdum milli mælinga. Einnig verði mælt eftir endilöngum Sveifluhálsi. Mælingarnar verði alls um 40, þar af 30 við Sveifluháls, en 10 í Trölladyngju og við Sandfell, en upplýsingar, sem til eru um Trölladyngju eru allgóðar. Beitt verði einvíðri túlkun og niðurstöður ásamt eldri niðurstöðum settar fram sem viðnámsnið og viðnámskort fyrir mismunandi dýpi.

Töluverðar upplýsingar eru til um efnasamsetningu gufu gufuaugna og vatns í hverum í Sveifluhálsi og í Trölladyngju, en engin sýni hafa verið tekin við Sandfell. Hafa verður í huga að jarðhitasvæði eru mjög breytileg frá ári til árs, hverir hverfa, nýir koma upp, hiti færast til og efnasamsetning breytist. Því er nauðsynlegt að taka nokkur viðmiðunarsýni frá Sveifluhálsi og Trölladyngju og kanna verður hvort í Sandfelli eru nú gufuaugu, sem unnt er að safna úr sýnum. Kristján Sæmundsson (persónulegar upplýsingar) kveður þau til staðar en fremur máttlaus og mesta hita í þeim um 80°C. Rétt er að slík sýnataka fari fram að loknum fyrsta lið jarðfræðirannsóknanna, þ.e. kortlagningu jarðhita og jarðhitaummerkja. Gert er ráð fyrir um 10 sýnum af gufu og gasi úr gufuaugum og hverum og 5 sýnum af vatni úr heitum og köldum laugum.

Hrefna Kristmannsdóttir o. fl. (1995) hafa gert því skil hvaða rannsóknir þarf að gera á

háhitasvæðum til þess að þar geti farið fram umhverfismat og jafnframt gert grein fyrir stöðu rannsókna á hinum ýmsu háhitasvæðum hvað þær rannsóknir varðar. Fyrir nokkur svæði, þ.á.m. Sveifluháls og Sandfell fylgdi lauslegt kostnaðarmat um þær rannsóknir, sem gera þyrfti. Staðan á Krísvíkursvæðinu er sýnd í 4. töflu.

Sjá má að staða umhverfisrannsókna er svipuð í Trölladyngju og við Sveifluháls. Trölladyngja er minni að flatarmáli og auk þess er torvelt að mæla gasstreymi og taka sýni til athugunar á gasi í gufu, svo að lauslegt mat bendir til þess að heldur ódýrara yrði að koma henni í ákjósanlega stöðu til umhverfismats. Eins og sjá má eru margar þær rannsóknir, sem gera þarf vegna umhverfisrannsókna þær sömu og gerðar eru til undirbúnings borana og því ekki rétt að leggja þessar tölur beint við kostnað þeirra rannsókna.

#### 4. tafla. Staða umhverfisrannsókna á Krísvíkursvæði

Staður	Staða	Heim- ildalisti	Frum- mat	Jarðh.- kort- lagning	Gufu- streymi	Gas í gufu	Gas í andr.- lofti	Grunn- vatns- kort	Þyngd- armæli- ngar	Virgni- breyt- ingar	Kost- naður, m kr.
Sveiflu- háls	Vb	v	v	h	v	h	h	v	v	h	4
Sandfell	Fr	v	v	v	v	v	v	v	v	v	3,5
Trölla- dyngja	Rb	v	v	h	v	LS.	v	v	v	h	

Skýringar: Vb: Næsta rannsóknarverk er vinnsluborun. Fr: Næsta rannsóknarverk er frumrannsókn. Rb: Næsta rannsóknarverk er rannsóknarborun. v: vantar. h: til að hluta. LS.: lítið streymi og því örðugt að mæla.

Tvær rannsóknarholur hafa verið staðsettar í Trölladyngju, en eigi að rannsaka allt svæðið er æskilegt að bora 2-3 holur í Sveifluhálsi og eina í Sandfelli.

#### 7. KOSTNAÐARÁÆTLUN

Í 5. töflu er áætlun um jarðfræðirannsóknir, byggð á tillögum frá Kristjáni Sæmundssyni (persónulegar upplýsingar), áætlun um jarðeðlisfræðirannsóknir uppfærð til núgildandi verðlags frá áætlun Knúts Árnasonar (1994), áætlun um jarðefnafræðirannsóknir unnin í samráði við Magnús Ólafsson, og kostnaður við boranir, fenginn úr skýrslu Halldórs Ármannssonar o.fl. (1994). Kostnaður við yfirborðsrannsóknir er þannig um 11 milljón krónur, meðan boranir eru fyrirtæki af allt annarri stærðargráðu og hugsanlegt að þær mætti gera í áföngum. Gefnir eru 2 kostir, þ.e. staðbundin notkun og stórnotkun. Ekki er gert ráð fyrir breytingum á kostnaði við yfirborðsrannsóknir, en borkostnaður verður minni við staðbundna nýtingu en stórnytingu. Í þessari áætlun er gert ráð fyrir 2 holum, einni grunnri og einni djúpri fyrir staðbundna nýtingu en 5 djúpum holum fyrir stórnytingu.

5. tafla. Kostnaður við rannsóknir til athugunar á nýtingarmöguleikum háhitasvæðisins í Krísuvík

Rannsóknarþáttur	Staðbundin nýting kr.	Stórnýting kr.
Jarðfræði	4.000.000	4.000.000
Jarðeðlisfræði (TEM mælingar)	5.000.000	5.000.000
Jarðefnafræði	2.000.000	2.000.000
Viðbótarrannsóknir v/umhverfismats	2.000.000	3.000.000
Borun rannsóknarholna	120.000.000	443.000.000
Samtals	133.000.000	457.000.000

## 8. EIGNARRÉTTUR KRÍSUVÍKURTORFU

Jörðin er í eigu ríkissjóðs og Hafnarfjarðarbæjar og er landið innan Reykjanesfólkvangs samkvæmt 11. mynd.

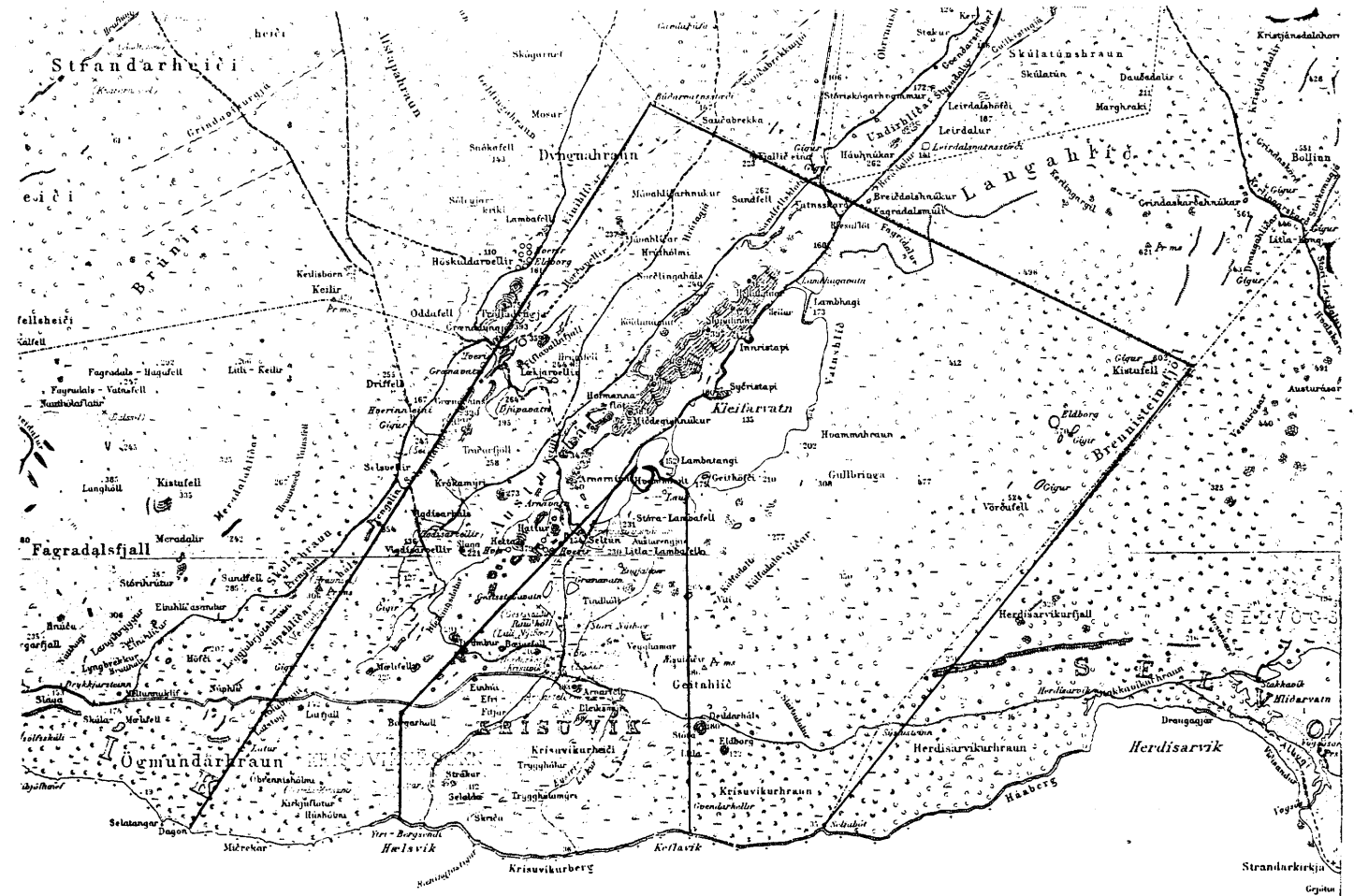
Landamerkjum er þannig lýst í veðmálabókum sýslumannsins í Hafnarfirði: "Að vestan sjónhending úr Dagon, sem er klettur við sjó á Seltöngum, og í rætur Trölladyngju að austan og þaðan í Markhelluhól svo nefndan við Búðavatnssvæði. þaðan að norðan sjónhending norðanvert við Fjallið eina í Melrakkagil í Undirhlífum og þaðan sjónhending að vesturmörkum Herðisarvíkur og eru þau sjónhending úr Kóngsfelli í Seljabótarnef sem er klettur við sjó fram. Að sunnan nær landið að sjó".

Árið 1941 afsalar ríkissjóður hluta úr Krísuvíkurtorfunni til Hafnarfjarðar (sbr. lög nr. 101, 14. maí 1940) að undangengnu eignarnámi ríkissjóðs á torfunni (sbr. lög nr. 11, 1. febrúar 1936), og ákvarðar landamærin þannig skv. skiptagerð 1. maí 1939. "Að vestan, beina stefnu í norður úr Hælavík í Borgarhól, þar sem hann er hæstur, úr Borgarhóli eftir Sveifluhálsi í vestustu vík Kleifarvatns að bera í ysta odda Hvammholtstanga. Að norðan ræður Kleifarvatn í syðsta odda víkur þeirrar, er gengur úr vatninu vestan við Geithöfða og að austan þaðan beina stefnu í réttvísandi suður til sjávar í Keflavík. Að sunnan ræður sjór þó þannig, að óhindraður umferðarréttur áskilist Gullbringusýslu fyrir búpening og til annarrar umferðar, um svæði upp frá sjó, er sé a.m.k. 60 metrar á breidd, enda séu engar girðingar eða umferðahindranir á þeirri leið" (Úr afsali Atvinnu- og samgöngumálaráðuneytisins 20. febrúar 1941).

Hafnarfjarðarkaupstaður fái jarðirnar að öðru leyti með öllum gögnum og hlunnindum, sem jörðunum fylgir og fylgja ber. "Hitaréttindi þau, sem eru í Krísuvíkurtorfunni utan hins afsalaða svæðis til Hafnarfjarðarkaupstaðar og aðstaða til að notfæra sér þau fylgja með í sölu þessari. Ríkissjóður skal þó hafa rétt til að kaupa síðar þau hitaréttindi sem kann að þurfa í sambandi við námurekstur eða annað og Hafnarfjarðarkaupstaður þarf ekki að halda á til sinna þarfa. Fyrir þessi hitaréttindi skal ríkissjóður greiða hlutfallslega sama verð og hitaréttindin hafa kostað Hafnarfjarðarkaupstað, samkvæmt mati á hitaréttindum, þegar kaupstaðurinn fékk

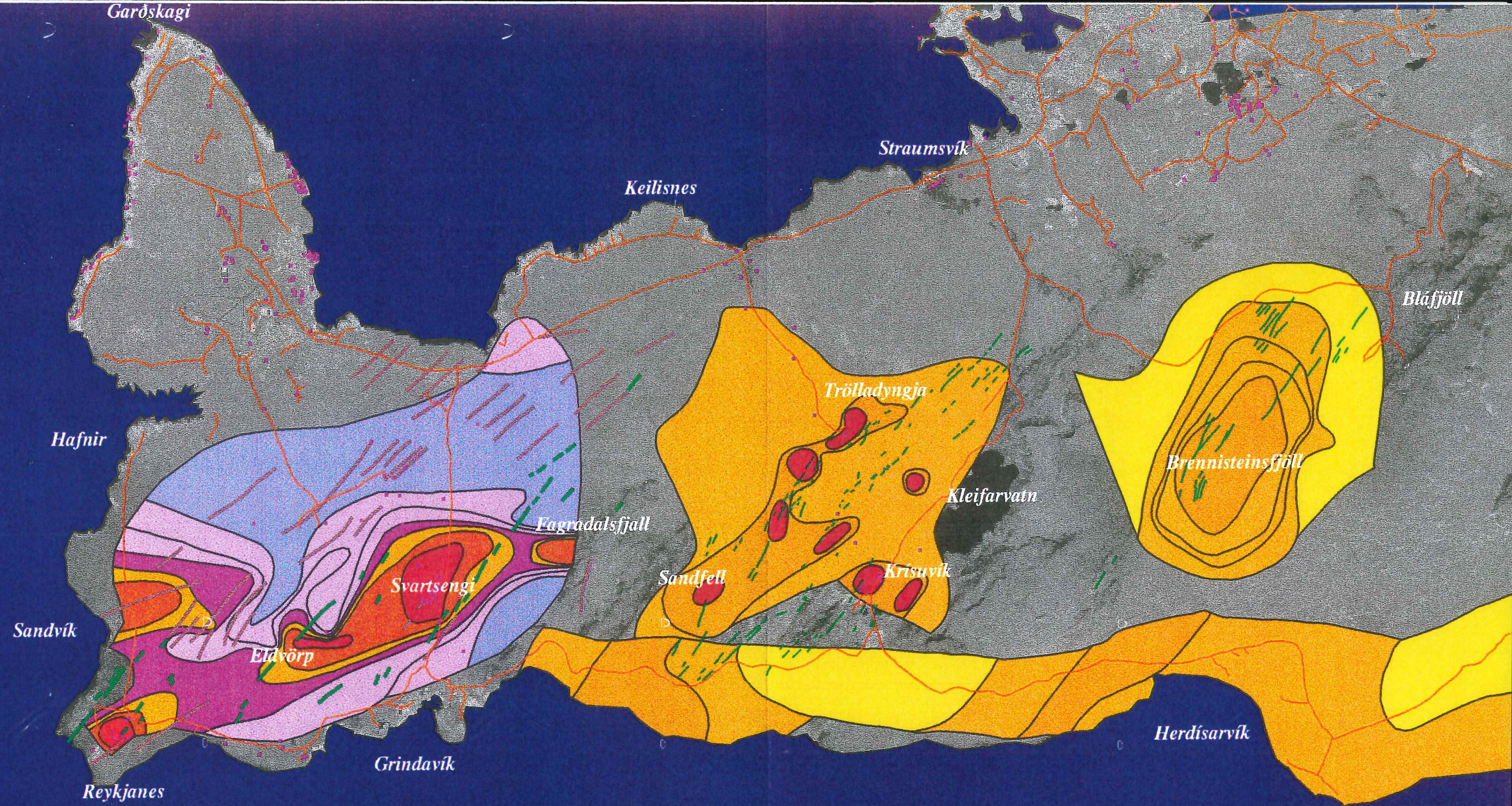
þau, að viðbættu því, sem hann hefur sameiginlega til þess kostað með árangri að auka þau" (Úr afsali Atvinnu- og samgöngumálaráðuneytisins 20. febrúar 1941). "Öll námuréttindi eru undanskilin í afsali þessu" (sama afsal).

Í október 1973 gera borgarstjórnin í Reykjavík f.h. Borgarstjórnar Reykjavíkur og bæjarstjórnin í Hafnarfirði f.h. Bæjarstjórnar Hafnarfjarðar með sér samning um lögn og rekstur hitaveitu í Hafnarfirði. Í 11. grein samningsins segir svo: "Um jarðhita í Krísuvík gilda eftirfarandi ákvæði: Hitaveitan skal hafa rétt til jarðhitaleitar og virkjunar til húsahitunar í eignarlandi Hafnarfjarðarkaupstaðar í Krísuvík. Ef hitaveitan ræðst í virkjun í Krísuvík ber henni að greiða Bæjarsjóði Hafnarfjarðar hlutfallslega sama verð og hitaréttindin hafa kostað Hafnarfjarðarkaupstað samkvæmt mati á hitaréttindum þegar kaupstaðurinn fékk þau og hlutfallslegan kostnað hans af rannsóknum, sem fram hafa farið á jarðhitasvæðinu, eftir nánara samkomulagi aðila. Þessi réttur Hitaveitunnar nær eingöngu til virkjunar til húsahitunar og annarrar venjubundinnar notkunar Hitaveitu Reykjavíkur. Verðmæti þessi skal meta til verðs á sama hátt og Hitaveita Reykjavíkur notar til endurmats eigna sinna á sama tíma, sbr. 8. gr. Aðilar eru sammála um, að önnur notkun jarðhitans í Krísuvík verði ákveðin þannig, að möguleikinn til virkjunar til húsahitunar verði tryggður.



11. mynd. Landamerki Krísuvíkurtorfu og lands afsalað Hafnarfirði

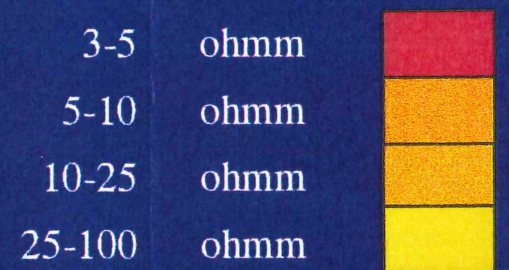
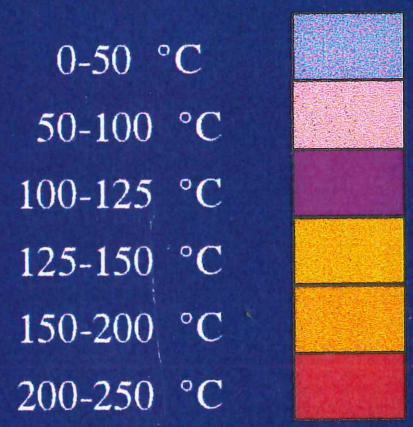




Hiti á 600 dýpi í Svartsengi, Eldvörpum og á Reykjanesi

Viðnám (rafleiðni) jarðlaga á 300 og 700 m dýpi í Trölladyngju, Krísuvík, Brennsisteinsfjöllum og í Ölfusi

Hit við



↑  
Hækkandi hiti

- Borhola
- Gossprungur
- Sprungur og misgengi
- Vegir



## 9. HEIMILDIR

Arnórsson, S. 1987. Gas chemistry of the Krísuvík geothermal field, Iceland, with special reference to evaluation of steam condensation in upflow zones. *Jökull*, 37, 31-47.

Arnórsson, S. and Gunnlaugsson, E. 1985. New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. *Geochim. Cosmochim. acta*, 49, 1307-1325.

Arnórsson, S., Gunnlaugsson E. and Svavarsson, H. 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 567-577.

Áráttan 1995. Ársfjórðungslegt yfirlit vatnamælinga júlí september 1995. *Áráttan*, 1, Orkustofnun, 4 bls.

Ármannsson, H. and Kristmannsdóttir, H. 1992. Geothermal environmental impact. *Geothermics*, 21, 869-880.

Árni Óla 1944. Landið er fagurt og frítt. *Bókfellsútgáfan*, Reykjavík, 308 bls.

Benedikt Steingrímsson, Einar Tjörvi Elfásson og Valgarður Stefánsson 1991. Orka og afl háhitasvæða. Orkuþing 1991 (Ritstjóri Ómar Bjarki Smáráson), 335-346.

Checchi and Company and the Architects Collaborative Inc. 1975. Tourism in Iceland. Phase II. Volume 1: Strategy report, 106 bls.; Volume 2: Technical reports, 250 bls. United Nations.

Conti, P.G. 1925. The manufacture of boric acid in Tuscany. *J. Soc. Chem. Industry*, 44, 343T- 345T.

Fournier, R.O and Potter, R.W. II 1982. A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Resour. Council Bull.* 11 (10), 3-12.

Faney Gísladóttir 1991. Gróðurbreytingar í landi Krísuvíkur 1945-1990. Námsritgerð, Háskóla Íslands, landafræði, 41 bls. + kort.

Frank Ponzi 1995. Ísland fyrir aldamót. *Brennholt*, Mosfellsbær, 180 bls.

Georgsson, L.S. 1987. Application of resistivity sounding in the exploration of high-temperature areas in Iceland with examples from the Trölladyngja-Krísuvík area, SW-Iceland. *Exploration '87*, Toronto, Canada, Technical Program Abstracts, 52.

Guðmundur G. Bárðarson 1929. Geologisk kort over Reykjanes halvöen. Det 18. Skandinaviske Naturforskermöde i København.

Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnars, Guðmundur Ingi Haraldsson og Gísli Karel Halldórsson 1995. Mat á jarðvarma Íslands. Orkustofnun OS-85076/JHD-10, 134 bls.



Gyorgy, S. 1974. Draft Pre-feasibility Study on the Production of Alumina in Iceland. UNIDO.

Halldór Ármannsson, Sverrir Þórhallsson og Árni Ragnarsson 1994. Krísuvík - Trölladyngja. Potential steam production and transmission to Energy park, Straumsvík. Orkustofnun OS-94012/JHD-07 B, 17 bls.

Hjalti H. Hjaltason 1984. Jarðgufukynt fiskimjöls- og lýsisverksmiðja: Athugun á hagkvæmni notkunar. Lokaverkefni nr. 650 Verkfræðidild

Hrefna Kristmannsdóttir, Halldór Ármannsson, Sverrir Þórhallsson, Helgi Torfason, Magnús Ólafsson, Hjálmar Eysteinnsson, Knútur Árnason, Benedikt Steingrímsson og Ásgrímur Guðmundsson 1995. Umhverfisrannsóknir á þeim háhitasvæðum sem næst standa virkjun vegna stóriðjuáforma. Orkustofnun OS-95058/JHD-38 B, 9 bls.

Ísleifur Jónsson 1960. Skýrsla um mælingar á gufumagni úr holu nr. 14 í Krísuvík. Raforkumálastjóri, jarðhitadeild, 18 bls.

Jón Jónsson 1978. Jarðfræðikort af Reykjanesskaga. I. Skýringar við jarðfræðikort. II. Jarðfræðikort. Orkustofnun OS JHD 7831, 350 s. + kort.

Kanyanjua, A.W. 1987. Schlumberger vertical sounding techniques and interpretations: Krísuvík, Iceland and menengai, Kenya. Orkustofnun - UNU Geothermal Training Programme, Report 12, 55 bls.

Kifua, G.M. 1986. Geologic mapping for geothermal exploration, Trölladyngja area, Reykjanes peninsula, South-west Iceland. Orkustofnun - UNU Geothermal Training Programme, Report 4, 38 bls.

Knútur Árnason 1994. Viðnámsmælingar við Krísuvík og Trölladyngju. Tillögur að frekari rannsóknum. Orkustofnun KÁ-94/2, 4 bls.

Magnús Ólafsson 1991. Jarðhiti í Krísuvík. Sýnataka úr gufuaugum haustið 1990. Orkustofnun MÓ-91/06, 4 bls.

Mariita, N.O. 1986. Schlumberger vertical soundings: Techniques and interpretation with examples from Krísuvík and Glerárdalur, Iceland and Olkaria, Kenya. Orkustofnun - UNU Geothermal Training Programme, Report 5, 48 bls.

Náttúruverndarráð 1991. Náttúruvinnjaskrá. Friðlýst svæði og aðrar náttúruvinnjar. Reykjavík, 6. útgáfa, 62 bls.

Orkustofnun and Vatnaskil Consulting Engineers 1986. Vatnsleysa - Trölladyngja. Freshwater and geothermal investigation. Orkustofnun OS-86032/JHD-10 B, 92 bls. + 4 kort í vasa.

Patel, M.S. 1959. Report on the Possibility of production of Salt in Iceland. Raforkumálaskrifstofan, Reykjavík.

Páll Imsland 1973. Um jarðfræði Sveifluháls. B.S. ritgerð. Verkfræði- og Raunvísindadeild Háskóla Íslands.

Ragna Karlsdóttir 1995. Brennisteinsfjöll. TEM-Viðnámsmælingar. Orkustofnun OS-95044/JHD-06, 41 bls.

Sigurður Benediktsson, BENE hf. 1995. Borholur á Krísvíkursvæði í eigu ríkisins. Orkustofnun OS-95056/JHD-36 B, 22 bls.

Stefán Arnórsson, Guðmundur Guðmundsson, Stefán G. Sigurmundsson, Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gestur Gíslason, Jón Jónsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson 1975. Krísvíkursvæði. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitans. Orkustofnun OSJHD 7554, 125 bls.

Stefán Örn Stefánsson 1983. Notkun jarðvarma í fiskimjölsverksmiðju. Í Orkunotkun og orkusparnaður í fiskimjölsiðnaði. Ráðstefna 28.-29.1. 1983. Framsöguerindi. Orkusparnaðarnefnd iðnaðarráðuneytisins, Félag íslenskra fiskmjölsframleiðenda, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, Orkustofnun, 75-90.

Thórhallsson, S. and Ragnarsson, Á. 1992. What is geothermal steam worth? Geothermics, 21, 901-915.

Valgarð Thoroddsen 1951. Áætlun um raforkuver í Krísvík, ásamt greinargerð. Rafveita Hafnarfjarðar, 5 bls.

Vargas, J.R. 1992. Geology and geothermal considerations of Krísvík valley, Reykjanes peninsula, Iceland. Orkustofnun - UNU Geothermal Training Programme, Report 13, 35 bls.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns 1983. Frumáætlun um flutning jarðvarma frá háhitasvæðum. Áfangi 3: Þeistareykir-Húsavík, Hengill-Reykjavík, Trölladyngja-Straumsvík. Orkustofnun OS-83063/JHD-11, 19 bls.