



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

**SUÐURFIRÐIR VESTFJARÐA
OG BARÐASTRÖND**

Heitt og kalt vatn

Sérverkefni í fiskeldi

Árni Hjartarson, Guðrún Sverrisdóttir,
Gylfi Páll Hersir og Kristján Sæmundsson

OS-90002/VOD-01 B

Janúar 1990



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 550-700

SUÐURFIRÐIR VESTFJARÐA OG BARÐASTRÖND

Heitt og kalt vatn

Sérverkefni í fiskeldi

Árni Hjartarson, Guðrún Sverrisdóttir,
Gylfi Páll Hersir og Kristján Sæmundsson

OS-90002/VOD-01 B

Janúar 1990

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. KALDAR LINDIR OG GRUNNVATN	4
2.1 BARÐASTRANDARHREPPUR	5
2.1.1 Lindir í Kjálkafirði	5
2.1.2 Vatnsfjörður	5
2.1.3 Hagi	5
2.2 RAUÐASANDSHREPPUR	6
2.2.1 Rauðasandur	6
2.2.2 Breiðavík	6
2.2.3 Hænuvík	6
2.2.4 Örlygshöfn	6
2.2.5 Mosdalur	7
2.2.6 Vatnsdalur	7
2.2.7 Skalladalur	7
2.2.8 Kvígindisdalur	7
2.2.9 Miklidalur, Patreksfirði	8
2.2.10 Litlidalur	8
2.2.11 Fjósdalur	9
2.3 ARNARFJÖRÐUR	9
2.3.1 Hrísdalur	9
2.3.2 Bíldudalur	9
2.3.3 Otradalur	11
2.3.4 Fossfjörður	11
2.3.5 Reykjafjörður	11
3. JARÐHITI OG BORANIR	12
3.1 Jarðhiti	12
3.2 Boranir á Suðurfjörðum	14
3.3 Barðaströnd	15
4. EFNAGREININGAR Á HEITU OG KÖLDU VATNI	17
4.1 Kalt vatn	17
4.1.1 Barðastrandarhreppur	17
4.1.2 Rauðasandshreppur	18
4.1.3 Patreksfjörður	19
4.1.4 Bíldudalur	20
4.2 Heitt vatn	21
4.2.1 Barðastrandarhreppur	21
4.2.2 Suðurfjarðahreppur	22
5. VIÐNÁMSMÆLINGAR	23
5.1 Tæknileg lýsing	23
5.2 Niðurstöður viðnámsmælinga	23
5.3 Viðnám og hitastig	26
5.4 Ferlar viðnámsmælinga	26
HEIMILDIR	37

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi greinir frá rannsóknum sem voru gerðar í tengslum við sérverkefni Orkustofnunar sem er athugun á forsendum til fiskeldis viða um land. Auk Orkustofnunar báru Barðastrandarhreppur, Rauðasandshreppur, Patreksfjarðarbær og Bíldudalur kostnað af verkinu. Tálknafjarðarhreppur tók ekki þátt. Fyrir viðið er lítið um hann fjallað í skýrslunni. Rannsóknirnar fóru fram 1987-1988. Gerðar voru athuganir á köldum lindum og grunnvatni og möguleikum á grunnvatnsnámi bæði úr berggrunni og lausum jarðlögum.

Jarðhiti var einnig skoðaður og metinn með tilliti til fiskeldis. Birt er skrá yfir alla jarðhitastaði á svæðinu og kort sem sýnir dreifingu þeirra ásamt með upplýsingum um hitann. Nokkrar holar voru boraðar í tengslum við þetta verk. Í skýrslunni er gerð grein fyrir borununum og einnig er birt skrá yfir allar borholur sem vitað er um á svæðinu.

Efnagreiningar voru gerðar á vatni, 13 greiningar á heitu vatni og 7 á köldu og eru þær birtar í kafla 4 ásamt með stuttum umsögnum.

Kaflinn um viðnámsmælingar er unninn upp úr mæligögnum sem aflað var á árunum 1976 og 1977. Hluti þessara mælinga var birtur í skýrslunni, Jarðhitaleit á Vestfjörðum 1976 (Ólafur G. Flóvenz 1977), en mælingarnar frá 1977 hafa ekki verið birtar fyrr. Mælingarnar frá 1976 hafa verið endurtúlkaðar með nýju og fullkomnara forriti en áður var til og auk þess hafa þær allar verið leiðréttar fyrir áhrifum sjávar.

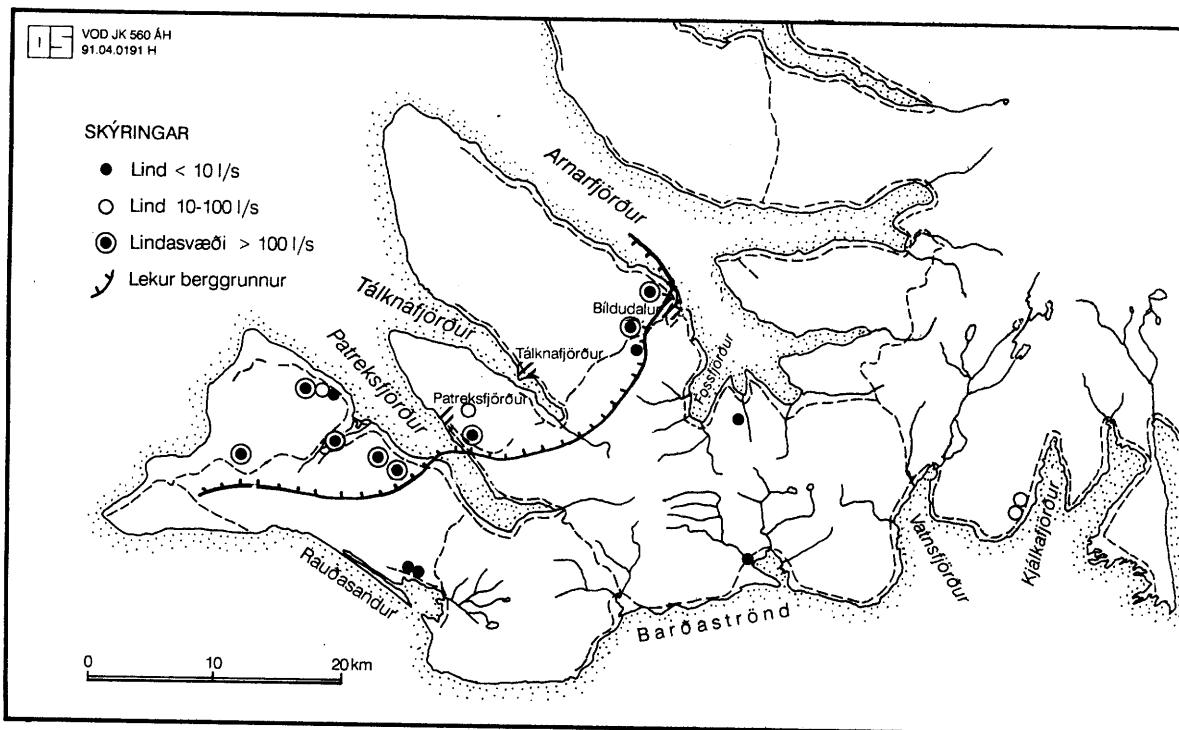
Höfundar skýrslunnar skiptu með sér verkum bæði við rannsóknir og skýrslugerð. Árni Hjartarson hafði kalda vatnið á sinni könnu, Kristján Sæmundsson sá um jarðhita og boranir, Guðrún Sverrisdóttir annaðist efnagreiningarnar og Gylfi Páll Hersir viðnámsmælingar.

Helstu niðurstöður þessarar úttektar eru eftirfarandi. Viða eru aðstæður til ferskvatnsöflunar góðar á þessum slóðum. Einkum á það við svæðið sem nær frá Breiðuvík og teygir sig um utanverðan Patreksfjörð, Tálknafjörð og til Arnarfjarðarstrandar utan Bíldudals. Þar er berggrunnur lekur og víða gjöfular lindir. Á Rauðasandi og í Barðastrandarhreppi eru kaldar lindir mun smærri og fátiðari en fersku vatni má sumstaðar ná úr lausum jarðlögum.

Jarðhitinn dreifist einkum á þrjú svæði. Þau eru á Barðaströnd, í Fossfirði og í Reykjafirði. Á hverju þessara svæða er fjöldi lauga og volgra. Utan þeirra eru stakir jarðhitastaðir í Mikladal í Patreksfirði og inn af Bíldudal.

Samnýting á heitu og köldu vatni til fiskeldis er hinsvegar hvergi verulega góð. Þrátt fyrir þessa niðurstöðu og þá staðreynd að dregið hefur úr almennum áhuga á fiskeldi, a.m.k. um stundarsakir, má ætla að rannsóknirnar hafi skilað gagnlegum upplýsingum sem nýtast munu öllum sem áhuga hafa á vatnsfrekum iðnaði eða öðrum umsvifum á þessum slóðum.

2. KALDAR LINDIR OG GRUNNVATN



Mynd 2.1: Helstu lindasvæði á sunnanverðum Vestfjörðum. Kortið sýnir einnig hvor berggrunnur er vel lekur og vatnsleiðandi.

Skilin milli kalds vatns og jarðhitavatns eru ekki glögg. Þó má segja að þar sem lindahiti er yfir meðalárshita séu jarðhitaáhrif komin til sögunnar. Vaninn er þó sá að tala ekki um jarðhitavatn fyrr en lindahiti og grunnvatnshiti er kominn yfir 10°C. Í þessari skýrslu er er sú regla í stórum dráttum höfð að leiðarljósi.

Á sunnanverðum Vestfjörðum, á svæðinu frá Arnarfirði suður að Bjartöngum, er berggrunnurinn víða það lekur að umtalsvert magn af köldu og hálfvolgu vatni getur streymt um hann. Lindir og lindasvæði eru algengari og meiri á þessu svæði en annars staðar á Vestfjörðum og raunar á allri íslensku blágrýtismynduninni (mynd 2.1). Árhafa þar einnig víða skýr lindáreinkenni. Ástæðan er sú að bergið á þessum slóðum er ferskara og minna holufyllt en algengast

er í blágrýtisstaflanum. Sprungur eru einnig opnari og minna fylltar en yfirleitt er í bergi af sambærilegum aldri. Á þessum sömu slóðum er nýtanlegt grunnvatn einnig á stöku stað að finna í lausum jarðlöögum s.s. í áreyrum og berghlaupum og á nokkrum slóðum er hugsanlegt að jarðsjór finnist í vinnanlegu magni.

Í eftirfarandi köflum verður helstu lindasvæðum þessara héraða lýst á þann hátt sem þau komu jarðfræðingum OS fyrir sjónir sumarið 1987 þegar svæðið var skoðað með tilliti til náttúrulegra aðstæðna til fiskeldis. Auk lindaathugananna voru skoðaðir vatnsvinnslumöguleikar úr lausum jarðlöögum, aðallega áreyrum. Hrepparnir sem farað var um eru Barðastrandarhreppur, Rauðasandshreppur, Patreksfjarðarhreppur og innanverður Ketildalahreppur.

2.1 BARÐASTRANDARHREPPUR

2.1.1 Lindir í Kjálkafírði

Við utanverðan Kjálkafjörð að vestan er stórt framhlaup sem Hlaðhólar nefnist. Brotsveigur hlaupsins, hár og víður, nefnist Auðnaskál eftir eyðibýli sem þarna er niður við sjóinn. Framhlaupsurðin liggur í gríðar miklum hryggjum sem liggja samsíða á ská í hlíðinni neðan undir brotinu. Lægstir eru þeir syðst en hækka til norðurs og virðast vel til þess fallnir að beina grunnvatni, sem í hlaupurðinni er, til suðurs. Því til sönnunar eru tvær all miklar lindir sem koma upp syðst í hlaupurðinni fast neðan þjóðvegarins.

Syðri lind	15-20 l/s	2,9°C
Nyrðri lind	10-15 l/s	2,9°C

Hátt kalsíuminnihald (7 ppm) í vatnssýni sem tekið var þarna er athyglisvert. Kísill er með lægsta móti í því sýni og bendir það til skammrar dvalar grunnt í jörðu. Lágt koldíoxíð og járnvottur í sýninu bendir til mýrvatns (sjá efnagreiningu í töflu 4.1).

Nyrst í berghlaupinu teygir urðartota sig allt í sjó. Um 100 m ofan vegar í þessari totu kemur upp fallegur lindalækur um 20 l/s.

Ofan við eyðibýlið Auðnir skammt innan við berghlaupið er dálítill jarðhiti (Jón Benjaminsson 1982). Mun meiri jarðhiti er inn í fjarðarbotni upp með Kjálkafjarðará. Þar er hins vegar mjög lítið um kalt grunnvatn.

2.1.2 Vatnsfjörður

Vatnsfjarðará hefur 97 km^2 vatnasvið og fellur í gegn um Vatnsdalsvatn. Áin hefur nokkru sinnum verið mæld. Vatnsmagnið hefur leikið á bilinu $1,7 - 8,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Vatnið er næst stærsta stöðuvatn á Vestfjörðum, $2,1 \text{ km}^2$ að flatarmáli. Fljótavatn eitt er stærra.

Milli fjarðarins og vatnsins eru fyllur af lausu efni sem hlaðist hafa upp við jökul-

sporð í ísaldarlok er sjór stóð 14 m hærra en hann gerir nú, á sama tíma og skriðjökulstunga teygði sig niður Vatnsdal og fyllti vatnsstæðið. Efnisfyllan næst vatninu er jökulruðningur en utar sjávarmöl. Lítið sem ekkert grunnvatn er í fyllunni. Bergþröskuldur virðist vera undir henni allri svo hún er hvorki eins þykk né efnismikil og virðast kann við fyrstu sýn. Áin fellur á klöppum í gili gegn um fylluna. Þar eru smáfossar og flúðir en fallið úr vatninu til sjávar er um 13 m.

Innan við vatnið er hins vegar mun vatnsríkari efnisfylla. Þar hefur Vatnsdalsá sett af sér framburð sinn, möl og sand, og rennur á eyrum um dalbotninn á rúmlega 2 km kafla. Parna má vafalítið dæla upp grunnvatni úr grunnum borholum, brunnum eða safnlögnum. Bestu vatnsvinnslustaðirnir eru á svæðinu frá vatninu og inn fyrir malarkeilu sem lækur sá sem kemur úr Stóragili hefur sett af sér. Lækur þessi kemur úr Krossvatni, fjallavatni í 430 m hæð upp af dalnum.

Berggrunnurinn er þéttur á þessum slóðum og grunnvatnsrennslu um hann er tregt.

Út með Vatnsfirði að vestan eru lausar efnisfyllur á nokkrum stöðum, t.d. við Flókalund og Brjánslæk en í þeim er lítið um grunnvatn.

Aðstæður fyrir samnýtingu á heitu og köldu vatni til fiskeldis virðast vart vera fyrir hendi.

2.1.3 Hagi

Sunnan við Haga á Barðaströnd eru all efnismiklir sjávarhjallar. Undan þeim koma smáar lindir neðan þjóðvegar. Vatnsrennslu alls var 3-4 l/s, hiti $3,7^\circ\text{C}$ (sjá efnagreiningu í töflu 4.1).

Á Mórudal eru áreyrar og lækarkeilar sem hugsanlegt er að vinna kalt vatn úr í smáum stíl og gætu komið til álita í sambandi við nýtingu jarðhitans sem þar er.

Á fjörunum niður af Hagavaðli eru hugsanlega möguleikar á jarðsjó. Berggrunnurinn virðist vera tiltölulega þéttur á þessum slóðum og lítið um kalt grunnvatnsrennsli í honum.

2.2 RAUÐASANDSHREPPUR

2.2.1 Rauðasandur

Hlíðin ofan við byggðina á Rauðasandi er öll skriðuorpin hið neðra. Á löngum köflum er eins og framhlaup hafi fallið úr henni en yfir þau hafa svo lagst hrunkriður. Víða eru skriðurnar brimétnar við fjallsræturnar en sjór félld upp að fjallshlíðum á Rauðasandi í ísaldarlok. Hlíðarnar er þurrar og engir lækir falla þar niður nema í leysingum og vætutíð. Vatnaskil liggja á fjöllunum skammt inn af hlíðabréúninni miklu nær Rauðasandi en Patreksfirði. Eini staðurinn þar sem vatnaskilin slá sér inn á fjöllin er við austanverðan Rauðasand, við Skógarðal. Þar fellur Suðurfossaá í Bæjarvaðalinn. Hún er dragá með 37 km² vatnasvið og kemur úr Stórvatni. Í hana fellur Skógardalsá úr Skógarðal en þverá hennar er Gyltubólsá, sem er stærsta áin á þessum slóðum.

Undan skriðunum ofan við Rauðasandsbyggðina koma all víða fram smálindir og vætlur. Lindahiti er almennt 1,5-5,0°C og breytilegur eftir árstíð. Um 1 km vestan við Saurbæ, við eyðibýlið Stakkadal, eru tvær lindir með eilítið hærri vatnshita en almennt er á þessum slóðum. Þær spretta fram undan þykkri framhlaupsurð með um 180 m millibili. Ytri lindin er lítil 0,2 -2 l/s og 6,3-6,5 °C heit. Hin lindin er 8-10 l/s og 6,0°C heit. Vatn þetta er næsta örugglega komið úr berggrunninum undir urðinni (sjá efnagreiningu í töflu 4.2). Annars virðist berggrunnurinn vera þéttur og lítt vatnsleiðandi.

2.2.2 Breiðavík

Aðstæður í Breiðuvík voru afar lauslega skoðaðar. Breiðuvíkuráin kemur upp í lind-

um í Víkurbotni fyrir norðanverðri víkinni. Efstu lindir eru í um 140 m y.s. en aðallindirnar eru á bilinu 60-80 m y.s. Þurrir farvegir liggja frá lindasvæðinu og til fjalls. Þarna virðist vera um gott lindavatn að raða.

Mikið er um laus jarðlöög í víkinni og fer þar mest fyrir breiðri og ljósleitri skeljasandsfjörundi. Ekki er hægt að sjá að verulegt grunnvatn sé þar. Hins vegar mætti hugsanlega ná upp jarðsjó á þessum slóðum.

2.2.3 Hænuvík

Hænuvíkuráin er hrein lindá og kemur úr dreifðum lindum fyrir víkurbotninum. Þær eru flestar í 60-80 m y.s. Vatnsmagn var á að giska 250 l/s þann 18.07.87. Gróðurskil eru um lindirnar, graslendi er neðan þeirra í víkinni en grár mosi ofan við. Vatnið er allt komið úr breggrunninum. Inn af lindunum í um 90 m y.s. er Fremrivíkurvatn. Það er alla jafna afrennslilaust. Töluvert er um laus jarðlöög í víkinni þæði sjóskolaða möl, jökuluðning og úr núpnum austan víkur hefur fallið lítið framhlaup. Í þessum setlögum er lítið um grunnvatn.

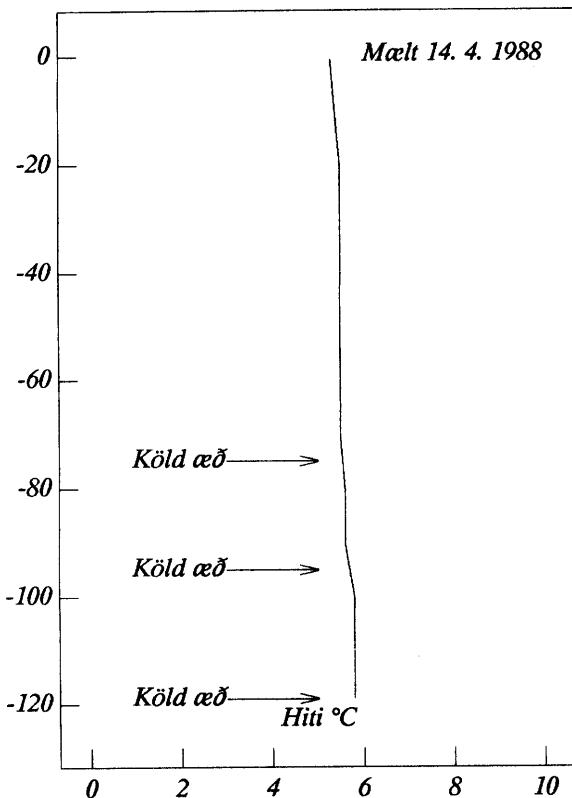
Hjá Sellátrum fellur lækur til sjávar sem var um 20 l/s og undan Hænuvíkurhlíðum austan við Sellátranes er smávægilegt lindarennslí.

2.2.4 Örlygshöfn

Hafnarvaðall í Örlygshöfn er það vatnsfall við utanverðan Patreksfjörð sem hefur stærst vatnasvið. Lindir eru þó ekki eins áberandi þar og beggja vegna við, í Hænuvík og í Vatnsdal. Vatnsmagnið í Hafnarvaðli var áætlað um 1000 l/s 17. júlí 1987.

Neðan við bæinn að Hnjóti var lind allvæn sem úr runnu um 10 l/s af 5°C vatni. Lindahtinn sýnir væg jarðhitaáhrif. Borað var við lindina vorið 1987. Holan varð 121 m djúp og gefur mikið af 5-6°C vatni. Við borunina jómst vatnið í lindinni og hitnaði. Heildarennslí úr holu og lind var 40 l/s. Hitamæl-

ingar afmarka 3 æðar í holunni, á 70-80 m, á 90-100 m og í botni. Vatnskerfið er kalt niður á meira en 120 m (sjá efnagreiningu í töflu 4.2 og borholuhita mynd 2.2).



Mynd 2.2 Hitaferill í borholunni að Hnjóti.

2.2.5 Mosdalur

Mosdalur er innan við Örlygshöfn. Hann er athyglisverður fyrir það hve lítið vatn er þar að sjá. Vatnasvið dalsins er rúmir 8 km² en þegar hann var skoðaður 17. júlí 1987 var ekki vatnsdropi í ánni nema niðri við fjöru þar sem 5-10 l/s seytluðu milli steina. Lek jarðlög virðast gleypa í sig mikið af úrkommuni sem þarna fellur og beina grunnvatninu burt frá dalnum.

2.2.6 Vatnsdalur

Dalurinn heitir eftir litlu vatni sem Vatnsdalsáin rennur í gegn um. Áin hefur öll einkenni lindárár. Mosi og slý vex á hverjum steini og gras vex á bökkunum niður að

vatnsborði. Ljóst er að rennslið er stöðugt og jafnt og sjaldgæft að nokkur hreyfing verði á grjótinu á árbotninum.

Vatnsdalsáin var mæld í vegarræsi 18. júlí 1987 og var þá 320 l/s. Vatnasvið hennar er rúmir 5 km². Vatn úr lítili lind, sem kemur upp úr jökulurðinni neðan vega austantil í dalsmynninu, var efnagreint (sjá töflu 4.1.).

2.2.7 Skalladalur

Skalladalsá hefur aðeins um 3 km² vatnsvið. Hún ber með sér glögg lindáreinkenni, hver steinn í farveginum er vaxinn vatnamsa og hefur ekki haggast í áraraðir. Bakkarnir eru grasi grónir niður að vatnsfleti og tærleiki lindavatns er á ánni. Dalurinn er vel gróinn en jarðvegurinn er þunnur. Upp með ánni eru smálindir en aðallindirnar eru í 100-200 m hæð og virðast raða sér á nokkur lagamót í berggrunninum. Lindahiti er 2,4-3,0°C.

Rennslismæling í vegræsi 17. júlí 1987 gaf 180 l/s.

2.2.8 Kvígindisdalur

Vatnasvið Kvígindisár er um 6 km². Lindáreinkennin eru greinileg þótt meiri dragáreinkenna gæti en í tveimur síðastnefndum ám. Lindir eru skammt innan við bæinn að Kvígindisdal. Rafstöð er í ánni.

Í Kvígindisdal hefur lengi verið rekin veðurathugunarstöð. Mæld meðalársúrkoma er þar um 1400 mm. Þegar tekið er tillit til mælataps og meiri úrkomu til fjalla en á láglendi er varlegt að áætla úrkomuna í Kvígindisdal 2000 mm. Meðal ársfrennslið af hverjum ferkílómertra ætti því að vera um 380 l/s.

Við innanverðan Patreksfjörð er berggrunnurinn greinilega mun þéttari en utar með firði. Í Sauðlauksdal og innar með firði eru lindáreinkennin horfin af ánum og sjást ekki á ný fyrr en komið er út að Mikladal.

2.2.9 Mikladalur, Patreksfirði

Svæðið var skoðað 17. júlí 1987. Mikladalsáin dregst öll saman úr dreifðum lindum sem ýmist koma upp niður undir ánni eða undan hlíðarfætinum skammt ofan ár. Í þurrkatíð sjást engir lækir í fjallshlíðinni sjálfrí. Efstu stöðugu upptök árinna eru við vatn það sem nefnist Kríuvatn á kortum.

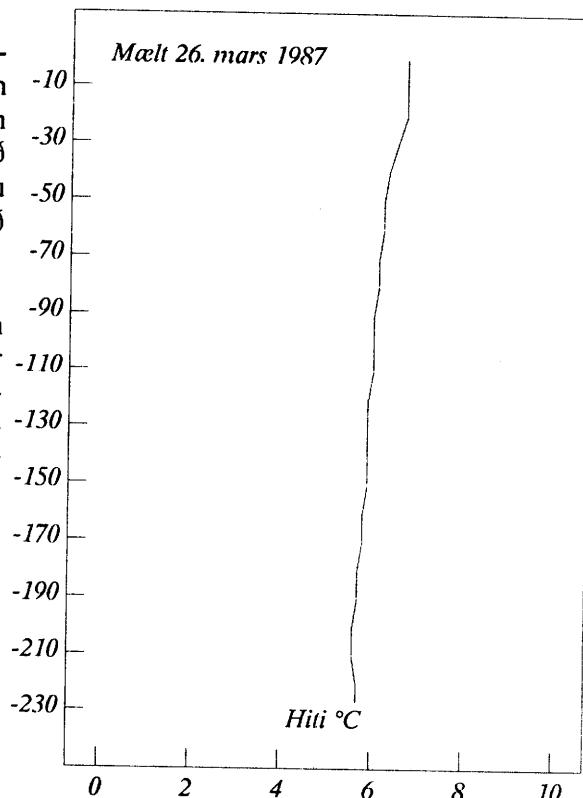
Aðal vatnsból Patreksfjarðar er um 2 km inn á Mikladal í 90 m y.s. Vatnið kemur úr jökulurð en er vafalitið ættað úr berggrunnum. Vatnsmagnið er óhektt en framhjárennsi var um 1 l/s þegar svæðið var skoðað og vatnshitinn $3,1^{\circ}\text{C}$. Utan við vatnsbólið koma víða lindir úr urðinni. Hitinn var $3,9\text{-}4,5^{\circ}\text{C}$ og vatnsmagn um 10 l/s.

Efstu lindir á dalnum koma undan skriðuvæng sem er tæplega 1 km innan við vatnsbóllskúrinn. Í árgilinu þar utan og neðan við spretta fram lindir á 150 - 200 m kafla úr bergeninu við ána. Vatnið virðist koma fram ofan á a.m.k. 2 m þykku rauðu millilagi. Hluta af vatninu er safnað í steinsteypta vatnsbólsþró. Vatnshitinn í lindunum er $2,4\text{-}2,6^{\circ}\text{C}$.

Skammt utan við vatnsbólin er borhola sem gefur um 20 l/s af köldu sjálfrennandi vatni. Holan er 267 m djúp. Vatnið virðist streyma inn í hana úr mörgum æðum sem fara kólnandi með dýpi. Efnagreiningar sýna að þetta er ágætis neysluvatn. Um 50 m neðan við borholuna koma fram lindir niður undir á. Magn 4-5 l/s, hiti $7,9\text{-}8,4^{\circ}\text{C}$.

Enn neðar eða 100-150 m neðan við borholuna er lindir, 6 l/s og $5,9\text{-}6,0^{\circ}\text{C}$. Lindahitinn á þessum tveimur síðastnefndu svæðum sýnir væg jarðhitaáhrif.

Mikladalsá var mæld lauslega ofan við Geirseyri 17. júlí 1987 og var þá um 180 l/s en vatnasvið hennar er um 12 km.



Mynd 2.3. Hitaferill í borholu í Mikladal. Hitinn lækkar með dýpi öfugt við það sem algengast er

2.2.10 Litlidalur

Dalurinn var skoðaður 17. júlí 1987. Litladalsá er hrein lindá. Efstu lindir koma fram í árgilinu undir þurri fossbrún og upp í gilkjammanum að vestan í 150 - 200 m hæð. Vatnshitinn er $2,5\text{-}3,2^{\circ}\text{C}$ og heildarvatnsmagn á að giska 10 l/s. Gljúfrið ofan linda er all gróið og vaxið mosa í lækjarbotni. Utan við gilkjaftinn er stórgrytt urðarkeila, kafloðin af grasi. Ljóst er að flóð eru sjaldgæf í gilinu og aurburður lítill nema í fátiðum vatnshlaupum. Inn af dalnum er dálítill hvilst og í hanni lítið stöðuvatn í 430 m hæð. Lækjargilið teygir sig upp að vatninu.

Lækurinn rennur niður með grónu skriðunni og tapar nokkru vatni í hana sem skilar sér aftur í lindum neðar. Mikill lindarennslissvipur er á læknum og botn hans þétt vaxinn dökkum mosa og slyi.

Um miðjan dal kemur geysi mikil og gróf urðarkeila úr gilkjafti í vesturhlíð. Þar er

greinilega árlegur vatnagangur og órói. Ekkert vatn rann þó um þessa urðarkeilu þegar hún var skoðuð en hins vegar komu lindir upp undan gömlu vatnsveitustiflunni sem þarna er við neðanverða keiluna og ærið óheppilega staðsett með tilliti til skriðuhættu. 12" tréstokkar hafa legið frá henni til bæjarins. Lindahiti er $5,6^{\circ}\text{C}$ og rennsli 5-6 l/s.

Úr skriðunni neðam við urðarkeiluna eru smálindir sem nýttar eru af vatnsveitu Patreksfjarðar. Hitinn í heim er $2,7^{\circ}\text{C}$.

2.2.11 Fjósdalur

Fjósdalur heitir dalskora upp af Vatneyri. Brött og stórgrýtt skriða gengur úr mynni hans og í sjó, en sjálfur er dalurinn brattur urðardalur. Sorpbrennsla er í dalkjaftinum. Litlu ofar kemur upp lækur úr urðinni, 10 l/s og $2,4^{\circ}\text{C}$. Hæðin er um 100 m skv. korti.

Þótt lindir séu hvergi stórar á þessum slóðum virðist ekkert vatn renna á yfirborði í yfir 200 m hæð í fjöllum í venjulegu árferði.

2.3 ARNARFJÖRÐUR

2.3.1 Hrísdalur

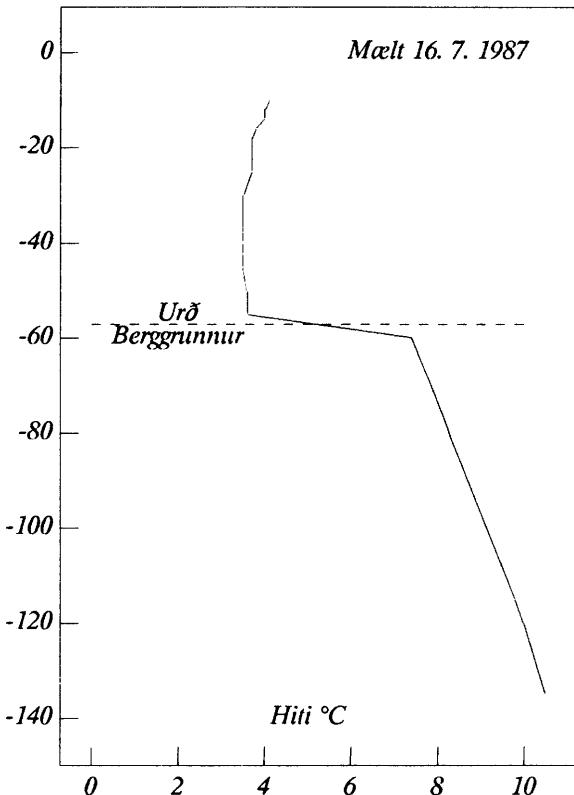
Hrísdalur er þakinn jökulurð í botni og í hlíðum eru skriður og klettar. Í dalkjaftinum er framhlaupsurð sem komin er úr fjallinu austan megin dals. Brotsárið er mjög greinilegt í klettunum, nær lóðrétt og 200 m hátt. Berghlaupið er gamalt því sjá má að jökull hefur gengið yfir það í ísaldarlok.

Áin í dalnum hefur kláran lindasvip. Sá ljóður er þó á ráði hennar að lindirnar eru dreifðar og engin þeirra stór. Þær stærstu koma upp í um 100 m hæð. Þær eru þrjár lindir. Sú í miðið er í árfarveginum 20 l/s, vestan við hana er jafn stór lind en austan við koma upp 10 l/s.

Í dalkjaftinum er áin 100-200 l/s en vatnsvið hennar er um 4 km^2 .

2.3.2 Bíldudalur

Niður frá Búðargili sem skerst upp í utanvert Bíldudalsfjall, ofan við byggðina, er mikil skriðukeila. Lækur sem úr gilinu kemur hverfur að jafnaði í skriðuna en í vatnavöxtum nær hann þó til sjávar. Í skriðunni neðan undir gilinu er elsta vatnsból staðarins og þar er gamall vatnsgeymir í um 40 m y.s. Lindir koma upp í skriðunni skammt ofan hans og er veitt í tankinn. Þegar staðurinn var skoðaður 16. júlí 1987 var innrennslið í hann um 10 l/s. Vatnshítinn í lindunum var $4,8^{\circ}\text{C}$. Í skriðunni er borhola sem ekki er notuð.



Mynd 2.4. Vatnshiti í borholu við gamalt vatnsból neðan við Búðagil. Mót urðar og berggrunns á 57 m dýpi koma skýrt fram í grunnvatnshitanum.

Á Hnjúksdal eru víða fallegar lindir og þangað inn eftir hafa Bílddælingar sótt vatn sitt frá 1965. Flest lindasvæðin virðast koma fram á lagamótum í blágrytisstaflanum á skilum milli gropinna og lítt holufylltra hraunlaga ofar og þéttari hraunlaga með holufyllingum neðar.

Tafla 2.1: Rennslismælingar á Hnúksdal

	170587	020687	160787
Lind I	30 l/s 2,6°C	40 l/s	55 l/s 2,3°C
Lind II	40 l/s 2,7°C	10 l/s	8 l/s 2,3°C
Lind III	40 l/s	40 l/s	35 l/s 2,4°C
Lind IV	12 l/s		10 l/s 2,5°C
Lind V	20 l/s		10 l/s 2,5°C
Lind VI	15 l/s 3,4°C		10 l/s 2,9°C

Lindasvæði I er innst á dalnum undir Hnúknum í um 220 m y.s.

Lindasvæði II og III undir Brunnhorni er í raun ein samfelld lindalína, 70-80 m löng, í grófri skriðu í um 200 m hæð. Vatnið fellur frá henni í tveimur lækjum til Hnúksár.

Lindasvæði IV er upp af gömlu rafstöðvarstíflunni í Hnúksá. Það er um 50 m langt. Lindirnar koma undan grófri skriðu í um 200 m hæð.

Lindasvæði V er það svæði sem nota átti sem vatnsból þegar ráðist var í vatnslögnina inn á Hnúksdal. Lindirnar eru í um 200 m hæð og raða sér á um 100 m langa línu neðanundir grófri skriðu. Lindir þessar gætu verið ágætis vatnsból en ófullnægjandi frágangur gerði það að verkum að þær nýttust vatnsveitunni ekki. Þá var vatnslögnin fram lengd inn í Hnúksá og vatn tekið úr henni.

Lindasvæði VI er við slóð upp að stíflunni austan Hnúksár yst á dalnum. Lindirnar eru í um 60 m hæð.

Alls eru þarna 100-150 l/s af lindarvatni við venjulegar veðurfarsaðstæður (sjá töflu 2).

Í Hnúksá var byggð virkjun á fyrri hluta aldarið fyrir 50 kW. Fallið frá lóni niður að stöð er um 40 m. Til að ná hámarksafköstum hefur virkjunin því þurft hátt í 200 l/s. Að sögn Halldórs Jónssonar, sem var rafstöðvarstjóri til 1948, bjó virkjunin að jafnaði við vatnsskort á sumrum og fór orkuframleiðslan þá a.m.k. niður í 30 kW, en það samsvarar um 110 l/s rennsli. Halldór taldi að lindasvæðin undir Hnúknum og Brunn-

Tafla 2.2: Rennslismælingar í Bíldudal

Mælistarður	Dags.	Rennsli
Hnúksá ofan rafstöðvarlóns	300152 280952 011052	130 l/s 178 - 530 -
Seljadalsá, 200 m y.s.	140951 300152 070251 011052	190 40 43 4000
Fossá, Fossfirði	140951 010252 060652 250952 290952	660 280 1010 680 550

horni hefðu verið uppistaðan í ánni í þurrkatíð (Kristján Sæmundsson 1987).

Þegar ekið er sem leið liggur frá Bíldudal á Hálfðán er farið fram hjá litlum kofa í tungunni milli Langár og Seljadalsár. Seljadalsá klofnar nokkru ofar og á stallinum þar sem ármótin eru er lindasvæði sem sést vel frá þjóðveginum. Aðallindirnar eru vestan ánnar. Þar bullar vatn undan kletthjalla, mest á um 20 m kafla. Vatnsmagnið er 40-50 l/s en vatnshiti 6,7°C.

Par við hliðina er árgljúfur og foss. Undan honum bunar vatn úr nokkrum augum í bergeninu á að giska 20 l/s, hiti 7,3°C.

Upp á stallinum fyrir ofan fossinn og austan eystri árinnar er lind 4 l/s og 6,4°C.

Bergið þarna er óholufyllt þóleit en undir fossinum sér í rauð millilag. Lindahitinn vekur við fyrstu sýn grun um jarðhita en efnagreining á vatninu bendir til þess að það sé ættað beint úr ánum og leki úr þeim um yfirborðssprungur til lindanna (sjá töflu 4.4). Líklegt er því að rennsli lindanna og hitastig sé sveiflukennt og breytilegt eftir árstíðum og ástandi ánnar.

2.3.3 Otradalur

Í Otradal eru engar umtalsverðar lindir. Dalsáin er lítil, var um 100 l/s þann 16. júlí 1987. Áin rennur um eyrar en líklega eru þær þunnar og vatnsöflun úr þeim kynni að vera erfið. Í ánni sér í klöppina rétt inn af brúnni og einnig 500 m innar.

2.3.4 Fossfjörður

Dufansdalsáin var 100-200 l/s þann 16. júlí. Hún rennur á klöppum gegn um jökulgarð og malarhjalla í dalsmynninu. Þar innan við eru víðáttumiklar eyrar og malarkeila frá Bæjarlæknum í Dufansdal. Vatnsvinnsla væri auðveld með brunngerð og dælingu svo langt sem takmarkað vatnsmagn árinnar leyfir. Engar umtalsverðar lindir eru þekktar við hana.

Fossá hefur verið rennslismæld nokkrum sinnum og hefur rennslíð þ.á leikið á bilinu 0,3 - 1,0 m³/s. Hún er dragá.

2.3.5 Reykjafjörður

Möguleikar á öflun kalds vatns í Reykjafirði eru af fremur skornum skammti. Berggrunnur er til-tölulega þéttur, laus jarðlög efnislítill, áreyrar umfangslitlar og áin sjálf smá. Í vesturhlíð dalsins eru smáar lindir. Sú stærsta þeirra er vestan ár í rúmlega 100 m hæð 2 km frá fjarðarbotni. 16. júlí 1987 var hún um 15 l/s.

Hugsanlega má ná nokkru grunnvatni úr safnlögnum sem lagðar yrðu í eyrar meðfram Reykjafjarðará inn af brú. Vatnsvið árinnar er þó aðeins um 12 km² og rennslíð eftir því bæði lítið og sveiflukennt. Þann 16. júlí 1987 var það 0,1-0,2 m³/s.

3. JARÐHITI OG BORANIR

Þar sem hiti í uppsprettum er til jafnaðar hærri en meðalárshiti á sama stað er strangt til tekið um jarðhita að ræða. Meðalárshiti á Suðurfjörðum og Barðaströnd síðustu 30 árin er um 4°C . Margt af því sem kallast kaldavermsl myndi samkvæmt því teljast jarðhiti. Almennt er þó fyrst talað um jarðhita, þegar hitinn er kominn í $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$.

Á síðustu árum hafa jarðfræðingar oft sett 10°C sem neðri mörk jarðhita og svo er gert á meðfylgjandi jarðhitakorti. Þeim uppsprettum sem kaldari eru en 15° hefur verið fremur lítt gaumur gefinn, og um útbreiðslu þeirra er hvergi nærri jafnmikið vit-að og hinn eiginlega jarðhita. Suðurfirðirnir eru dæmi um þetta. Í skýrslu sem út kom 1982 er gerð grein fyrir jarðhita í Barðastrandarsýslum (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson 1982) og taldir allir jarðhitastaðir sem jarðhitadeild var þá kunnugt um. Síðan gerðist það að áhugi spratt upp á seiðaeldi. Þá kom í ljós að staðkunnugir vissu um jarðhita á miklu fleiri stöðum, þannig að 10 nýir a.m.k. hafa bæst við, sumir harla óvæntir svo sem inn af Bíldudal. Vafalaust eiga enn fleiri eftir að koma í leitirnar þegar tímar líða.

3.1 Jarðhiti

Jarðhitinn er mest bundinn við sprungur og bergganga. Fyrir nokkrum árum var gert jarðfræðilegt yfirlitskort af sunnanverðum Vestfjörðum þar sem þessi atriði voru dregin fram. Að kortlagningunni unnu þeir Jóhann Helgason og Halldór G. Pétursson, en Jóhann teiknaði frumgerð kortsins. Síðan hefur höfundur þessa kafla endurskoðað kortið með tilliti til jarðhita og bætt ýmsu við ganga- og sprungukortlagninguna, einkum í Tálknafirði og á Barðaströnd þar sem mest drift hefur verið í borunum og rannsóknum hin síðari árin. Kort þetta er birt með þessari skýrslu (md.). Eins og sjá má er jarðhitinn útbreiddur. Mestur er hann í Tálknafirði og Reykjafirði en minnstur í Rauðasandshreppi. Þar fer reyndar engum

sögum af jarðhita. Smáverslur eru þó til og er hæstur hiti sem kunnugt er um í þeim um 8° (Vesturbotn í Patreksfirði, mælt um hávetur í frostakafla af K.S.). Hæsti hiti á yfirborði hefur mælst í Reykjafjarðarlaug $55,8^{\circ}\text{C}$. Aðeins í Reykjafirði og í Laugardal í Tálknafirði hefur mælst hærri hiti en 50°C .

Í töflu 3 er að finna nánari upplýsingar um jarðhita á rannsóknarsvæðinu. Í töflunni eru skráð helstu einkenni jarðhitastaðanna, svo sem hiti og rennsli auk djúphita kerfanna, þar sem hann er þekktur úr frá efnagreiningum og borholumælingum. Fyrir kemur reiknaður djúphiti sem er svo tortryggilegur að ekkert mark er á honum takandi. Það er gefið til kynna í töflunni. Um suma staðina hefur lítt eða enginn þekkingarauki orðið síðan jarðhitaskýrslur Jóns Benjamínssonar (1979 og 1982) komu út. Á það einkum við um jarðhitann í Reykjafirði og upp af Fossfirði. Hins vegar hefur þó nokkuð bæst við um Tálknafjörð, Bíldudal, Patreksfirð og Barðaströnd þökk sé áhuga og framtaki hér-aðsbúa í rannsóknum og borunum.

Hitastigull á þessu svæði er allvel þekktur úr frá 100-300 m djúpum holum í þéttum berglögum (Otradalur í Arnarfirði, Bíldudalur, Vesturbotn í Patreksfirði, Bær á Rauðasandi). Stigullinn í þessum holum reiknast um og innan við $50^{\circ}\text{C}/\text{km}$ sem er með því lægsta á landinu. Það er í sammræmi við háan aldur berglaganna og mikla fjarlægð frá hinum virku gliðnunarbeltum landsins þar sem varmaflæðið er mest.

Það kemur nokkuð á óvart, hversu útbreiddur jarðhitinn þó er á þessu svæði þegar ein meginforsandan, varmaflæðið í skorpunni, er svo bág. Hiti í flestum jarðhitakerfunum er lágor, víðast hvar lægri en 50°C , en vatnsflæði úr mörgum þeirra er mikið, víða $10\text{-}20 \text{l/s}$, og er þá átt við rennsli fyrir boranir.

Tafla 3.1. Jarðhitaskrá

	Hæsti hiti °C	Rennsli 1/s fyrir borun	Djúphiti °C	Fjöldi borhola
Reykjafjörður/Vöðslur	31,9	10-15	60-63	
Reykjafjörður/heima	55,8	12,5-15	markleysa	
Reykjafjörður/Skeleyri	39	2,5-3	39-44	
Foss/Tungur	27,7	~ 10	markleysa	
Foss/Þernudalur	22	~ 0,3	105-110	
Dufansdalur/Leitismýri	22	0,1-0,2	122-129	
Dufansdalur/Laugarholt	46	2,5-3	130-137	
Dufansdalur/Bæjargil	15,2	0,2-0,4	29-40	
Otradalur/inni á dal	~ 9	< 0,1		1 hola
Bíldudalur/Litlaeyri	15,2	~ 15		
Norðurbotn/Botnsgil	30	~ 7	28-36	5 holur
Norðurbotn/Reykjagil	21,6	> 6	37-39	
Norðurbotn/hlíðin	14,7			1 hola
Norðurbotn/eldisprær				2 holur
Norðurbotn/Hádegisgil	14,8	14-15	18-27	
Norðurbotn/Keldeyrarholt	9,3	4-5	12(borh)	3 holur
Höfðadalur/Búðeyri	11,5	~ 14		1 hola
Eysteinseyri/Sleiphella	14	> 10	markleysa	7 holur
Eysteinseyri/fjaran	10	3-4		2 holur
Tunguhlíð/fjaran	5-6	sytrur	5-7(borh)	13 holur
Sveinseyri (og Eyrarhús)	27	~ 17	38	4 holur
Sveinseyri/steypustöð	7,5	~ 1		2 holur
Litli Laugárdalur/hlíðin	46	~ 20	markleysa	2 holur
Stóri-Litli Laugard./Laugardalsá	53	~ 5	51-54	5 holur
Stóri Laugardalur/Háanes	42	> 1	51	
Kvígindisfell	31,6	~ 1,5	40	
Patreksfjörður/Ásbúð	12,5	< 0,1	markleysa	2 holur
Patreksfjörður/Miklidalur	11,0	0,1-0,2	markleysa	1 hola
Patreksfjörður/Vesturbotn	~ 8			
Hnjótur/Örygshöfn	5,3	~ 20	5-10	1 hola
Hagi/Hagamúli	21,8	1-1,5	23	
Tungumúli	18,8	7-14	19-32	1 hola
Kross/innst í Mórudal	43	5-10	~ 40	
Kross/Mórudalur	13			
Kross(Birkimelur)/Krosslaug	31	0,4	37-44	2 holur
Vaðall/Laugamýrarhr.	35	0,1-0,2	40-(48)	
Vaðall/Stekkur	36	1	44-(52)	
Vaðall/Stórabrekka	21,2	~ 0,1	20-25	
Vaðall/Vaðalsdalur	~ 30			
Rauðsdalur	25	0,5-1	markleysa	
Brjánslækur/Þverá	21,2	3-4	markleysa	6 holur
Brjánslækur/Penna	24	2-3		
Brjánslækur/Partahjallar	18,3	~ 1	38(borh)	2 holur
Flókalundur/Hella	31,7	~ 0,1	41(borh)	1 hola
Brjánslækur/Eiðishlíð	17			
Brjánslækur/Smiðjukleifar	33,4	1-2	markleysa	
Auðnir	18	1-2		
Auðshaugur/Kjálkafjarðará	24,6	9-10	20-24	

Heitasta vatnskerfið er í Dufansdal um eða yfir 100°C. Þar hlýtur jarðhitakerfið að ná vel niður fyrir 2 km. Köldustu kerfin, þar sem jarðhitaáhrifa verður vart, eru innan við Tálknafjörð (þorpið) og í Örlygshöfn 5-7°C heit. Borholur sýna að þau ná a.m.k. 100-200 m niður í berggrunninn. Hugsanlega er þar um að ræða vatnskerfi sem eru fædd af írennslí hátt til fjalla nærlendis. Berglögini þar sem þessi vatnskerfi koma fyrir eru lítt holufyllt, og upprunaleg lekt því enn fyrir hendi að nokkru leyti.

Jarðhitinn dreifist einkum á fjögur svæði eftir útbreiðslu og hita að nokkru. Þau eru 1) á Barðaströnd, 2) í Tálknafirði, 3) í Fossfirði og 4) í Reykjafirði. Á hverju þessara svæða er fjöldi lauga og volgra. Ýms sam-eiginleg einkenni sjást á jarðhitananum innan hvers svæðis. Utan þessara jarðhitasvæða eru stakir jarðhitastaðir í Mikladal í Patreksfirði og inn af Bíldudal. Oft er erfitt að koma auga á hvor og hvernig sprungur og gangar liggja sem ráða uppstreymi í jarðhitakerfunum. Þekking á því skiptir miklu þegar kemur að því að ákveða borholur til að ná upp meira vatni. Þetta hefur verið rannsakað á nokkrum stöðum en leitt til misjafnlega öruggar niðurstöðu.

Í *Dufansdal* þar sem von er um >100° heitt vatn fylgir uppstreymið berggangi. Hann sést við efstu laugarnar og hefur verið rakinn með segulmælingum niður í dalbotn þar sem einnig eru laugar.

Á *Bíldudal* virðast volgrurnar einnig fylgja berggangi, strengnum í Strengfelli. Gangurinn er óvenju þykkur. Segulmælingar sýna að efstu og heitustu volgrurnar koma upp í ganginum, en þær neðstu 200 m fjær nokkuð til hliðar.

Í *Reykjagili í Tálknafirði* er um að ræða NV-SA-lægar sprungur. Sama gildir um jarðhitann viðar í Tálknafirði, svo sem í Norðurbotni (fjarðarbotninn og hliðin inn af bænum) og í Litla Laugardal (Gvendarlaugar á hliðinni).

Á *Mikladal í Patreksfirði* fylgja volgrurnar sennilega misgengjum með NA-SV stefnu. Þrátt fyrir mikla leit og boranir hefur ekki tekist að finna hvað ræður uppstreymi heita vatnsins við *Laugardalsá* og við *Botnsgil* í

Tálknafirði.

Á tveimur stöðum í Tálknafirði hefur mikjöld vatnsmagn, svo skiptir hundruðum 1/s sjálfrennandi, fengist úr grunnum borholum í lítt holufylltum berglögum. Þetta er á *Sveinseyri* og innan við Tálknafjörð (þorpið). Visbending er um NV-SA-læga sprungu yst á Sveinseyrarsvæðinu (utan við steypustöð) og slík sprunga sést innst á Tungusvæðinu, þar sem komið er inn í Eysteinseyrarland (Sleiphella). Þótt holufylling sé lítil á þessum svæðum háðum eru þau ólík að því leyti að fátt er um bergganga á Sveinseyrarsvæðinu, en á Tungusvæðinu eru þeir margir. Á þessum slóðum virðist vatnið fylgja karga-lögum og sprungum.

Á Barðaströnd hafa komið fram nokkuð skýr tengsl milli ganga og jarðhita á *Birkimel* (Krosslaug) í *Tungumúlafjalli*, í *Smiðjukleifum* upp af botni Vatnsfjarðar og í *Partahjóllum* vestan við Pennu. Óljóst er hvað ræður uppstreymi volga vatnsins á *Pverá* í Vatnsfirði þrátt fyrir boranir þar. Gangar liggja um jarðhitasvæðið, en megin vatnsleiðarinn virðist vera norð-suðlæg sprunga. Berglög á Barðaströnd eru mjög holufyllt og jarðhitakerfin fyrst og fremst háð sprungulekt.

3.2 Boranir á Suðurfjörðum

Árangur borana hefur verið misjafn á Suðurfjörðunum og á Barðaströnd, eins og tafla 3.2 sýnir. Öll vatnsvinnsla á þessu svæði byggist á sjálfrennsli og engar prófanir eða forðafræðilegar rannsóknir hafa verið gerðar á jarðhitakerfunum.

Í *Amarfirði* hefur aðeins verið borað á eindum stað eftir heitu vatni, þ.e. í Otradal. Sú hola var að hluta greidd af fjárveitingu til þess rannsóknarverks sem greint er frá í þessari skýrslu. Holan var staðsett við volgrur innarlega á dalnum. Hún er 352 m djúp og hitti ekki á neinar vatnsæðar utan smá-písl í 120 m. Mynd ??? sýnir hitamælingu sem gerð var rúmum 1/2 mánuði eftir borun. Hiti í holunni allt til botns er hærri en svarar til hitastiguls þarna nærlendis, þannig að ætla verður að jarðhitakerfi, vel yfir 20°

heitt sé þarna undir.

Á *Tálknafirði* hafa verið boraðar um 50 holur allt frá Laugardalsá inn að Botnsgili, en þar á milli eru 11-12 km. Lakastur árangur miðað við boraða metra er 1) við Laugardalsá, 2) frá Eysteinseyri innfyrir Keldeyri og 3) við Botnsgil. Annars staðar hefur árangur reynst viðunandi eða góður (Litla Laugardalur, Sveinseyri, Tunga, Eysteinsseyri/Sleiphella, Norðurbotn og Höfðadalur/Búðeyri). Þar sem sjálfrennsli er mikið (tugir 1/s) hefur hiti vatnsins úr holunum lækkað með tímanum, t.d. í Litla Laugardal við frjálst rennsli úr rúnum 50° í tæpar 40° og á Búðeyri úr 14° í 10° , en með því að minnka rennslið hefur tekist að ná hitanum upp aftur.

Á *Patreksfirði* eru tvær djúpar holur (450 og 630 m) á neðra volgrusvæðinu við Mikladalsá. Báðar eru lélegar, en gefa rúmlega 20° heit vatn. Dýpri holan gefur 1,5 l/s af 20°C heitu vatni, sjálfrennandi. Hún var boruð vegna könnunar á jarðhitalíkum á Patreksfirði. Neðan 300 m komu ekki fram neinar umtalsverðar vatnsæðar og hiti í botni (á 630 m) reyndist einungis vera um 35°C . Hætt var frekari jarðhitaleit, þar sem vatnskerfið er sýnilega of kalt til húshitunar og bundið við efstu 300 m berggrunnsins eða þar um bil. Samkvæmt hita í botni holunnar má vænta um 50°C hita í 1000 m dýpi sem er nærrí meðalgildi hitastiguls vestantil á Vestfjörðum. Efnagreining á vatni úr borholunni bendir til $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$ heits vatnskerfis.

Grynnri holan er 450 m djúp. Smáæðar eru í henni frá 40 m niður í 370 m. Hiti í neðstu og heitustu æðinni er $32\text{-}33^{\circ}\text{C}$. Sjálfrennsli úr holunni er 0,6 l/s af 25° heitu vatni. Gróf prófun á afköstum holunnar bendir til að úr henni megi fá um 5 l/s við 20-30 m niðurdrátt á vatnsborði.

Á innra volgrusvæðinu er ein hola 267 m djúp. Hún gefur um 20 l/s sjálfrennandi úr mörgum æðum frá 70 m til botns. Hiti er um 6° . Volga vatnið efst, 12° , kemur ekki fram í holunni. Það virðist vera aðrunnið frá uppstreymi nokkru innar í dalnum eða undir múlanum sunnan við Mikladal.

3.3 Barðaströnd

Á Barðaströnd hefur verið borað eftir heitu og volgu vatni á fimm stöðum, alls staðar með góðum árangri. Sjálfrennsli úr borholum á hverju þessara svæða er á bilinu 20-30 l/s nema á Hellu (Flókalundi) í Vatnsfirði þar sem rennslið er tæpir 4 l/s. Hiti vatnsins er alls staðar lágur, eða frá $\sim 20^{\circ}$ (Þverá í Vatnsfirði) upp í rúmlega 40° (Birkimelur). Hiti í borholum og efnagreiningar sýna að ekki er að vænta heitara vatns á þessum stöðum.

Hluti af fjárvéitingu til fiskeldisverkefnisins gekk sem framlag til borunar holu 5 á Þverá. Þar höfðu áður verið boraðar nokkrar holur og gáfu tvær þeirra (nr. 2 og 4) rúmlega 10 l/s til samans. Óvissa var mikil um hvað réði uppstreymi heita vatnsins og rannsóknarþátturinn í borun holu 5 því stór. Borunin heppnaðist vonum framar og holan gaf mun meira vatn en fyrri holurnar. Við staðsetningu holunnar var ætlunin að skera sprungu neðan 300 m og gekk sú fyrirætlun eftir.

Eins og fram kemur í töflu 3 og á jarðhitakortinu - verður jarðhita víða vart á Barðaströnd. Auk þeirra staða sem borað hefur verið á hafa nokkrir staðir verið rannsakaðir með tilliti til borunar. Miklu fleiri eru þó órannsakaðir nema hvað varðar almennustu atriði (hiti, rennsli, efnainnihald). Hæpið er að gefa jarðhitastöðunum nokkra einkunn út frá lískum á árangursríkum borunum. Þeir staðir, þar sem þegar hefur verið borað eftir volgu eða heitu vatni, voru býsna misleitir, en árangur á þeim öllum varð viðunandi eða góður. Önnur atriði hljóta því að ráða fremur hvaða staðir verða fyrir valinu til fiskeldis, svo sem möguleikar á öflun kalds vatns, aðgengileiki eða náttúruvernd.

Tafla 3.2. Borholur í V-Barðastrandarsýslu^{x)}

	Holu-nr.	Tilg.	Dýpi (m)	Hiti °C	Sjálf-rennсли	Árangur	Hita-stigull	Hita-mæl.	Jarðl.-greining
Otradalur/Haganes	1	r	102				50°/km	+	
Otradalur/heima	2	r	130				40°/km	+	
Otradalur/á dalnum	3	vv	352	12	seytl	-		+	
Bíldudalur	2	kv	130			-	45°/km	+	
Patreksfj/Drengjaholt	1	r	631	20	1,8			+	(+)
Geirseyri/Ásbúð	1	vv	451	25	0,6	-		+	
Patreksfj./Míklidalur	2	vv	267	6,5	15-20	?		(+)	
Vesturbotn	1	r	104				51°/km	+	
Hagi/árós	1	vv	418	36	3			+	
Hagi/Tungumúlafjall	2	vv	424	26	32	+		+	
Birkimelur/Krosslaug	1	hv	404	43,6	20-25	+		+	
Birkimelur/Krosslaug	2	hv	78	38,5	~10	+		+	
Þverá	1	r	60	16,6	<1			+	
Þverá	2	vv	358	22	7	+		+	
Þverá	3	vv	327	21	0,5	-		+	
Þverá	4	vv	280	21	4	+		+	
Þverá	5	vv	465	22,6	~20	+			
Þverá	6	vv	457	21	3,5	+		(+)	
Partur	1	r	60	22	< 1			+	
Partur	2	hv	508	37	22	+		+	
Hella	1	hv	394	38	3,7	+		+	
Hnjótur	1	vv	122	5,3	20-30	?		+	
Saurbær	1	vv	300			-	49°/km	+	

x) Unnið er að sérstakri úttekt á borholum í Tálknasírði og er þeim sleppt í töflunni.

Tákn merkja: r = rannsóknarborun, vv = borun eftir volgu vatni,

kv = kaldavatnsborun, hv = heitavatnsborun.

Hiti sem gefinn er upp í töflunni er hiti á sjálfrennandi vatni við holustút.

4. EFNAGREININGAR Á HEITU OG KÖLDU VATNI

4.1 Kalt vatn

4.1.1 Barðastrandarhreppur

Tafla 4.1. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður	Hagi Barðaströnd, lind undan hjalla	Hlaðhólar Kjálkafirði, berghlaupslind
Dagsetning	870708	870709
Númer	879063	879064
Hiti (°C)	3.8	2.9
Sýrustig (pH/°C)	7.26/20	7.40/20
Kísill (SiO_2)	13.2	10.3
Natríum (Na)	9.9	9.7
Kalíum (K)	0.9	0.2
Kalsíum (Ca)	2.5	7.0
Magnesíum (Mg)	1.9	1.0
Karbónat (CO_2)	11.9	20.9
Súlfat (SO_4)	2.4	2.3
Brennist.vetni (H_2S)	0.00	0.00
Klóríð (Cl)	14.1	12.4
Flúoríð (F)	0.03	0.03
Járn (Fe)	<0.025	0.05
Mangan (Mn)	<0.05	<0.05
Nítrat (NO_3)	0.28	0.37
Uppleyst efni	50	49
$\delta^{18}O$ (o/oo)	-7.88	-9.06

Tvö sýni voru tekin úr lindum í Barðastrandarhreppi, bæði úr lindum og er efnasamsetning vatnsins sýnd í töflu 4.1.

Styrkur uppleystra efna er lágor og sýrustig sömuleiðis. Mangan er neðan greiningarmarka og einnig járn í öðru sýninu, en í sýninu frá Hlaðhólum í Kjálkafirði mælist 0.05 mg/kg af járni.

Efnainnihaldið er dæmigert fyrir grunnvatn á blágrytissvæðunum sem aldrei hefur farið djúpt í jörðu en er ættad úr grunnum veitum. Hafrænn þáttur er glöggur í efnainnihaldi sýnanna ($Cl^- > 10 \text{ ppm}$).

4.1.2 Rauðasandshreppur

Tafla 4.2. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður Dagsetning Númer	Hnjótur Örlygshöfn, uppsprett I 870309 879025	Vatnsdalur Patreksfirði, lind 870708 879062	Hnjótur, Borhola í uppspr. I 870725 879070	Hnjótur, uppsprett II 870725 879071	Tunga Örlygshöfn lind 870725 879072	Saurbær, lind undan framhláupi 870725 879073
Hiti (°C) Sýrustig (pH/°C)	5.4 6.92/22	4.2 8.62/20	6.2 8.78/18	4.9 8.02/18	6.0 6.80/18	6.0 7.23/18
Kíssill (SiO_2)	14.6	16.5	16.3	15.0	11.2	9.8
Natríum (Na)	14.2	12.1	16.5	14.6	10.1	12.2
Kalíum (K)	0.7	0.7	0.4	1.1	0.6	0.4
Kalsíum (Ca)	3.0	2.2	2.1	1.8	2.5	4.0
Magnesíum (Mg)	1.3	0.8	0.4	1.2	1.4	1.6
Karbónat (CO_2)	16.6	6.8	6.0	12.2	10.9	12.7
Súlfat (SO_4)	3.0	2.7	3.2	3.0	2.7	3.2
Brennist.vetni (H_2S)	<0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Klóríð (Cl)	18.7	16.3	20.4	17.8	15.7	16.7
Flúoríð (F)	0.03	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03
Járn (Fe)	-	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Mangan (Mn)	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Nítrat (NO_3)	0.94	0.42	0.45	0.44	<0.05	0.30
Uppleyst efni	71	55	69	64	59	48
$\delta^{18}O$ (o/oo)	-	-8.46	-	-8.52	-8.34	-8.41

- ekki mælt

Sex sýni voru tekin af köldu vatni í Rauðasandshreppi, þar af fjögur í Örlygshöfn og eitt í Vatnsdal. Eitt sýnanna var tekið úr lind undan framhláupi skammt vestan bæjar að Saurbæ á Rauðasandi.

Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 4.2. Sýni var tekið úr uppsprettu að Hnjóti og síðan boruð hola þar, og er sýni nr 879070 tekið úr þeirri holu. Þessi sýni hafa heldur meira af uppleystum eftum en lindavatnið í kring. Járn og manganstyrkur er neðan greiningarmarka. Hafræns þáttar gætir verulega í efnsamsetningu sýnanna ($Cl^- > 15-20$ ppm). Lindavatnið er sennilega grunnt að komið og hitastig þess breytilegt eftir árstíðum.

4.1.3 Patreksfjörður

Tafla 4.3. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

<i>Staður</i>	<i>Miklidalur Borholu</i>	<i>Miklidalur Vatnsból</i>
<i>Dagsetning Númer</i>	870708 879061	870726 879076
<i>Hiti (°C)</i>	6.1	3.4
<i>Sýrustig (pH/°C)</i>	9.07/12	7.25/19
<i>Kísill (SiO₂)</i>	16.4	14.1
<i>Natríum (Na)</i>	10.6	7.1
<i>Kalíum (K)</i>	0.6	0.6
<i>Kalsíum (Ca)</i>	3.1	2.5
<i>Magnesíum (Mg)</i>	0.5	1.0
<i>Karbónat (CO₂)</i>	7.3	7.8
<i>Súlfat (SO₄)</i>	2.3	2.0
<i>Brennist.vetri (H₂S)</i>	0.00	0.00
<i>Klóríð (Cl)</i>	13.9	11.3
<i>Flúoríð (F)</i>	0.03	0.03
<i>Járn (Fe)</i>	<0.025	<0.025
<i>Mangan (Mn)</i>	<0.05	<0.05
<i>Nítrat (NO₃)</i>	0.34	0.26
<i>Uppleyst efni</i>	51	41
<i>δ¹⁸O (o/oo)</i>	-	-9.56

- ekki mælt

Tvö sýni voru tekin í Mikladal við Patreksfjörð; úr nýlegri borholu niðri við ána og úr vatnsbólí kauptúnins, undir hlíðinni innar í dalnum. Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 4.3. Borholuvatnið sýnir merki þess að vera dýpra að komið. Helsti munur á þessu vatni er að sýrustig er hærra í borholuvatninu en í vatnsbólínú. Annars er vatnið svipað og styrkur uppleystra efna lágur. Hvorki járn né mangan eru greinanleg. Athyglisvert er hve klóríðið er lægra hér en utar með firðinum (sbr. töflu 4.2) sem sýnir vel hvernig hafræni þátturinn þverr þegar lengra kemur inn til landsins.

4.1.4 Bíldudalur

Tafla 4.4. Efnasamsetning vatns (mg/kg).

Staður	Bíldudalur vatnstökusvæði, lind	Hálfdan, lind úr sprungu	Hnúksdalur, Brunnhorn, uppsprettar 870727 879084
Dagsetning Númer	870708 879059	870727 879083	
Hiti (°C)	2.8	6.2	2.8
Sýrustig (pH/°C)	7.66/12	7.00/22	7.33/22
Kíssill (SiO_2)	8.1	5.3	7.9
Natríum (Na)	8.2	6.1	7.3
Kalíum (K)	0.2	0.2	0.2
Kalsíum (Ca)	2.0	1.3	2.1
Magnesíum (Mg)	0.7	0.6	0.7
Karbónat (CO_2)	9.2	7.0	7.4
Súlfat (SO_4)	1.7	2.3	1.7
Brennist.vetni (H_2S)	0.00	0.00	0.00
Klóríð (Cl)	10.5	8.0	9.3
Flúoríð (F)	0.03	0.02	0.02
Járn (Fe)	<0.025	<0.025	<0.025
Mangan (Mn)	<0.05	<0.05	<0.05
Nítrat (NO_3)	0.26	0.10	0.25
Uppleyst efni	37	38	43
$\delta^{18}O$ (o/oo)	-	-	-10.14

- ekki mælt

Þrjú sýni voru tekin í nágrenni Bíldudals. Eitt sýni var tekið af vatnstökusvæði þorpsins, sýni við Brunnhorn má segja að sé af sama lindasvæði en innar í dalnum og hærra yfir sjávarmáli. Þriðja sýnið var tekið úr lindum í 250-300 m.y.s. rétt við veginn upp á Hálfdan. Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 4.4. Vatnið er á bilinu 2.8 - 6.2 °C og efnainnihald allra sýnanna er mjög svipað, lítið er af uppleystum efnum, járn og mangan neðan greiningarmarka og sýrustig æskilegt til flestra nota. Vatnið í öllum lindunum ber með sér að hafa einungis farið grunnt í jörðu. Lind "úr sprungu" á Hálfðán hefur ekki orðið fyrir jarðhitaáhrifum þótt hitastig vatnsins gæti bent til þess. Efnainnihaldið sýnir að vatnið er yfirborðslegt og sennilega nokkuð dæmigert fyrir grunnfærið vatn í yfirborðssprungum.

4.2 Heitt vatn

4.2.1 Barðastrandarhreppur

Tafla 4.5. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður	Smiðjukleifar, dýjalind 870724	Þverá, Hola-3 870724	Þverá, Hola-1 870724	Tungumúli, Hola-2 870724	Krosslaug 870081
Dagsetning Númer	870077	870078	870079	870080	870081
Hiti (°C)	27.5	21.2	23.0	26.7	38.8
Sýrustig (pH/°C)	10.09/19	9.90/19	9.88/19	9.77/19	9.92/19
Kíssill (SiO_2)	33.1	16.3	15.7	24.2	40.0
Natríum (Na)	27.1	18.9	16.6	20.7	31.7
Kalium (K)	0.4	0.2	0.2	0.2	0.6
Kalsíum (Ca)	2.3	3.2	3.9	2.9	2.2
Magnesíum (Mg)	0.001	0.001	0.001	0.004	0.01
Karbónat (CO_2)	12.9	11.7	10.9	13.9	13.7
Súlfat (SO_4)	3.1	3.1	3.0	3.2	4.8
Brennist.vetni (H_2S)	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Klóríð (Cl)	11.0	11.9	11.6	12.0	17.3
Flúoríð (F)	0.10	0.04	0.04	0.04	0.07
Járn (Fe)	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Mangan (Mn)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Uppleyst efni	107	69	70	85	125
Nítrat (NO_3)	-	-	-	-	-
$\delta^{18}O$ (o/oo)	-9.65	-9.39	-9.48	-9.10	-9.17

- ekki mælt

Fimm sýni voru tekin af heitu vatni í Barðastrandarhreppi. Vatnið er á bilinu 21.2 - 38.8 °C heitt. Sýnið frá Smiðjukleifum er úr dýjalind, en hin eru úr borholum. Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 4.5. Allt vatnið hefur mjög áþekka samsetningu; lítið af uppleystum efnum, hátt sýrustig og járn, mangan og brennisteinsvetni eru neðan greiningarmarka. Hátt sýrustig spillir líklega bragði þessa vatns.

Efnainnihaldið í holunum við Þverá er áberandi lágt. Klóríðið er svipað eða jafnvel lægra en í ferskvatnssýnum úr sveitinni. Það gæti bent til uppruna ofan úr fjöllum.

4.2.2 Suðurfjarðahreppur

Tafla 4.6. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

<i>Staður</i>	<i>Skeleyri, uppsprettu</i>	<i>Dynjandi, Brunnar</i>
<i>Dagsetning Númer</i>	870727 870083	870727 870084
<i>Hiti (°C)</i>	38.1	27.5
<i>Sýrustig (pH/°C)</i>	9.86/23	10.22/23
<i>Klsill (SiO₂)</i>	38.9	43.9
<i>Natríum (Na)</i>	24.8	33.9
<i>Kalíum (K)</i>	0.4	0.3
<i>Kalsíum (Ca)</i>	1.0	1.5
<i>Magnesíum (Mg)</i>	0.06	0.02
<i>Karbónat (CO₂)</i>	9.8	10.6
<i>Súlfat (SO₄)</i>	4.2	4.8
<i>Brennist.vetni (H₂S)</i>	<0.03	<0.03
<i>Klóríð (Cl)</i>	13.9	13.9
<i>Flúoríð (F)</i>	0.07	0.25
<i>Járn (Fe)</i>	<0.025	<0.025
<i>Mangan (Mn)</i>	<0.05	<0.05
<i>Nítrat (NO₃)</i>	-	-
<i>Uppleyst efni</i>	105	130
<i>δ¹⁸O (o/oo)</i>	-9.45	-10.07

- ekki mælt

Í Suðurfjörðum voru tekin tvö sýni af heitu vatni. Sýni við Dynjanda var tekið úr dýjalind að Brunnum, og sýni að Skeleyri var tekið úr uppsprettu rétt við veginn. Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 4.6.

Vatnið á Skeleyri er 38.1 °C og snautt að uppleystum efnum. Sýrustig er hátt eins og víðar á þessu svæði, og járn og mangan neðan greiningarmarka. Vatnið að Brunnum er 27.5 °C, en með heldur meira af uppleystum efnum og sýrustig er mjög hátt. Járn og mangan eru neðan greiningarmarka. Rétt er að taka fram að mjög lítil hreyfing er á vatninu í dýjapollinum og fullt af slýi og rusli. Vatnið í kaldara sýninu er efnaríkara og með hærra sýrustig.

5. VIÐNÁMSMÆLINGAR

5.1 Tæknileg lýsing

Viðnámsmælingar eru notaðar til að reikna út eðlisviðnám jarðar. Stundum hefur jarðhiti áhrif á eðlisviðnámið og má þá nota slíkar mælingar í jarðhitaleit. Á suðvesturhluta Vestfjarðarkjálkans var beitt svokölluðum Schlumbergermælingum. Rafstraumur er sendur milli tveggja straumskauta og mæld sú spenna sem straumurinn skapar milli tveggja spennuskauta á yfirborði. Reiknað er út svonefnt sýndarviðnám út frá hlutfalli straums og mældrar spennu, og innbyrðis afstöðu straum- og spennuskauta. Sýndarviðnámið er síðan túnkað yfir í raunverulegt eðlisviðnám jarðar, en það getur verið mismunandi, bæði með dýpi og milli mælistanda.

Í Schlumbergermælingum er straum- og spennuskautum raðað á línu, spennuskaut innst og straumskaut yst. Fjarlægð milli straumskauta er aukin stig af stigi til að fá upplýsingar um viðnám á meira dýpi. Schlumbergermælingar veita því upplýsingar um eðlisviðnám jarðar á mismunandi dýpi undir mælistanda og í næsta nágrenni. Þær eru notaðar til að afmarka svæði með afbrigðilega lágu viðnámi.

Í túlkun Schlumbergermælinga frá suðvesturhluta Vestfjarðarkjálkans var einungis gert ráð fyrir að viðnám geti breyst með dýpi, jörðinni sé skipt upp í lárétt lög, og kallast það einvíð túlkun. Hún hefst á því að gert er líkan af viðnámi í jörðu eins og helst er talið að það sé. Í tölvu er svo reiknaður sá sýndarviðnámsferill sem myndi mælast ef jörðin væri í raun eins og líkanið. Tölvan breytir svo líkaninu þar til samræmi milli reiknaðs og mælds sýndarviðnámsferils er orðið viðunandi.

Sjór leiðir rafmagn mun betur en berggrunnurinn. Því truflar sjórinn niðurstöður viðnámsmælinga ef mælimiðja eða annað straumskaut er nærri sjávarströnd. Straumurinn fer ávallt auðveldustu leið. Þannig getur sjórinn skammhleypt straumn-

um og mælist þá lægri spenna en ella og þar af leiðandi lægri sýndarviðnámsgildi en ef mælimiðja eða annað straumskaut væri fjar sjávarströnd. Leiðrétt er fyrir þessum áhrifum með sérstöku forriti (Gylfi Páll Hersir 1988).

Neðan grunnvatnsborðs er allt berg vatnsmettað. Eðlisviðnám lækkar með aukinni seltu vatnsins (auknu magni uppleystra efna), hækkandi hita og auknu holrými bergs. Reynslan hefur sýnt að oft fer saman lágt eðlisviðnám í jörðu og nýtanlegur jarðhiti. Tilgangur viðnámsmælinga er að finna og afmarka slík lágvíðnámssvæði í berggrunninum.

5.2 Niðurstöður viðnámsmælinga

Staðsetning viðnámsmælinga er sýnd á mynd 5.1. Alls er um 29 mælingar að ræða. Mælingar VF-28 til VF-48 og VF-52 til VF-54 eru frá árinu 1976 en mælingar VF-62 til VF-65 ásamt mælingu VF-75 eru frá 1977. Leiðréttu þurfti mæliferla allra mælinga fyrir áhrifum sjávar. Mælingar frá 1976 hafa verið túlnaðar áður og niðurstöður birtar í skýrslu Orkustofnunar: Jarðhitaleit á Vestfjörðum 1976 (Ólafur G. Flóvenz 1977). Þá voru þær ekki leiðréttar fyrir áhrifum sjávar, þannig að niðurstöður eru nokkuð öðru vísni nú en þá. Einvíð viðnámslíkön allra mælinga eru birt í viðauka, ásamt mældum, sjávarleiðréttum og reiknuðum sýndarviðnámsferlum.

Mynd 5.2 sýnir staðbundið eðlisviðnám berggrunnsins neðan efstu jarðlaga og dýpi niður á það. Með staðbundnu eðlisviðnámi er átt við einkennandi eðlisviðnám berggrunnsins á viðkomandi stað frá 100-300 m dýpi og niður á 500-1.000 m dýpi. Jarðhiti á yfirborði og hiti mældur í laugum, er einnig merktur á myndina. Upplýsingar um jarðhitann eru fengnar úr yfirliti Jóns Benjamínssonar (1981), en Kristján Sæmundsson, jarðfræðingur yfirsórvortið og bætti við niðurstöðum úr athugunum sínum.

Nýlega komu út á vegum Orkustofnunar kort af Ströndum og Inndjúpi er sýna staðbundið viðnám og dýpi niður á það ásamt jarðhita á yfirborði (Árni Hjartarson o.fl. 1988a, Árni Hjartarson o.fl. 1988b). Við Inndjúp virðist svæðisbundið viðnám, ótruflað af jarðhita vera kringum 180 Ωm en fer þó sums staðar upp í 300 Ωm. Nærri jarðhitastöðum er viðnám hins vegar um 110 Ωm og fer niður í 75 Ωm við laugina hjá Laugalandi í Nauteyrarhreppi. Erfitt er að gera sér grein fyrir hvert er svæðisbundið viðnám á Ströndum, enda er berglagastaflinn óvenjumikið brotinn. Þær strjálu mælingar er gerðar hafa verið benda til þess að svæðisbundið viðnám, ótruflað af jarðhita sé á bilinu 150-220 Ωm. Nærri jarðhitastöðum í Bjarnarfirði er viðnám hins vegar lægra en 100 Ωm og er 32 Ωm við hverina innst í Goðdal.

Á suðvesturhluta Vestfjarðarkjálkans virðist svæðisbundið viðnám, ótruflað af jarðhita vera kringum 180-200 Ωm. Staðbundið viðnám er um 130 Ωm nálægt jarðhitastöðum og þar sem mælt hefur verið við laugar virðist það vera um 100 Ωm.

Þrjár mælingar, innarlega í Patreksfirði (VF-32, VF-33 og VF-64), sýna að þar er staðbundið viðnám 180-200 Ωm. Við Bíldudal (VF-34 og VF-62) er það rúmlega 180 Ωm og aðeins sunnar, í Otrardal (VF-35), er staðbundið viðnám örlítið lægra. Ekki er vitað af jarðhita nálægt þessum stöðum, nema skammt innan við þorpið í Patreksfirði. Þar er smávelgja. Jarðhiti er hins vegar töluberður við Fossfjörð og Reykjafjörð. Mælingar í Dufansdal (VF-31 og VF-43), í botni Fossfjarðar (VF-28) og vestanmegin í Reykjafjarðardal (VF-37) voru allar gerðar nálægt jarðhita, þó ekki alveg við hann. Þarna mældist staðbundið viðnám um 130 Ωm. Mæling VF-38, austanmegin í Reykjafjarðardal var hins vegar staðsett við laugarnar. Þar mældist staðbundið viðnám um 100 Ωm.

Mælingar VF-65 við Örlygshöfn í Patreksfirði og VF-63 í Hvestudal við Arnarfjörð

sýna tiltölulega lágt staðbundið viðnám, um og undir 100 Ωm. Þarna eru engar spurnir af jarðhita. Á háðum stöðum er hins vegar gamall sjávarbotn er hefur fyllst af söltum og velleiðandi setlögum (Kristján Sæmundsson munnlegar upplýsingar). Í því gaeti falist skýringin á lága viðnáminu.

Sjö mælingar voru gerðar norðanmegin við Tálknafjörð. Sú vestasta (VF-29) var staðsett við Djáknalaug, en þar hefur mælst hæstur hiti við Tálknafjörð (53°C). Staðbundið viðnám við laugina er rúmlega 100 Ωm. Viðnám hækkar eftir því sem dregur innar í fjörðinn, fjær Djáknalaug. Við jarðhitann undir Sveinseyrarhlíð (VF-36) er það tæpir 180 Ωm og við jarðhitann sunnan við Sveinseyri (VF-30) er staðbundið viðnám um 200 Ωm. Milli þessara tveggja mælinga (VF-53) fæst svipað viðnám. Við Sveinseyri (VF-54) og við þorpið í Tálknafirði (VF-52) er staðbundið viðnám mjög hátt, eða rúmir 300 Ωm. Skýringin er líklega sú að á þessum slóðum er óvenjumikið af berggöngum (Kristján Sæmundsson munnlegar upplýsingar). Innar í firðinum, við Gilleyri (VF-39) lækkar viðnám á nýjan leik, enda er minna um bergganga þar. Mælingarnar ná hins vegar ekki yfir borsvæðið í fjörunni innan Sveinseyrar, en vatnið í þeim er fremur kalt (7-22°C).

Staðbundið viðnám við Tálknafjörð er í góðu samræmi við svæðisbundið viðnám annars staðar á Vestfjörðum. Jarðhitinn í Tálknafirði er tengdur sprungum sem liggja samsíða norðurströnd fjarðarins (Ólafur G. Flóvenz 1977). Samkvæmt kísilinnihaldi vatnsins er heitasta vatnið í Stóra- og Litla-Laugardal, við Djáknalaug. Viðnámsmælingar benda til þess sama.

Gerðar voru nú mælingar á Barðaströnd. Þar af átta á svæðinu frá Vatnsfirði að Hagavaðli og ein undir Skálmarnesmúla-fjalli. Sérstaka athygli vekur mjög lágt viðnám, 50-70 Ωm, í mælingum VF-45 og VF-47 á nesinu milli Vatnsfjarðar og Hagavaðals. Neðan lága viðnámsins er hátt viðnám. Ekki er vitað af jarðhita á nesinu að undan-

skilinni smávelgju í Rauðsdal, um 0,5 km austan mælingar VF-47 (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson 1982). Rannsóknir á surtarbrandi á Vestfjörðum (Jóhann Helgason 1978, Freysteinn Sigurðsson og Kristján Sæmundsson 1984) sýna að syrpa af setlögum með surtarbrandi liggar frá Stálfjalli inn Barðaströnd um Brjánslæk. Syrpan sést ofan til á nesinu og er rakin niður í sjó rétt sunnan við Brjánslæk að austan og skammt austan við Váðalsdal að vestan. Þessi hluti syrpunnar er sýndur á mynd 5.2. Ef gert er ráð fyrir að jarðögum halli um 5° til suðsuðausturs (Jóhann Helgason 1978), ættu setlögin að vera á rétt rúmlega 100 m dýpi yst á nesinu. Dýpi á lágá viðnámið neðan mælinga VF-45 og VF-47 er rúmir 100 m. Það er því vel hugsanlegt að lágá viðnámið yst á nesinu svari til setsyrapunnar.

Undir Skálmaresmúlafjalli er staðbundið viðnám fremur lágt, eða um 100 Ω m (VF-75). Jarðhiti á yfirborði er þar hvergi nærri. Setsyrpan kemur fram á eiðinu milli Kerlingarfjarðar og Skálmarfjarðar (Freysteinn Sigurðsson og Kristján Sæmundsson 1984). Dýpi á setsyrpuna neðan mælingar VF-75 ætti að vera um 500 m, ef gert er ráð fyrir 6° jarðlagahalla (Ómar Bjarki Smárason munnlegar upplýsingar). Dýpi á lágá viðnámið neðan mælingarinnar er hins vegar um 100 m. Þarna eru nokkur misgengi (Kristján Sæmundson munnlegar upplýsingar). Til þess að lágá viðnámið undir Skálmaresmúlafjalli geti stafað af setlögum þyrfti heildarfall þrepamisgengja á 6 km spildu í Skálmaresmúlafjalli að nema um 400 m. Við hliðstæðar aðstæður í Bjarnarfirði í Kaldrananeshreppi á Ströndum hefur heildarfall þrepamisgengja mælst um 500 m á $5-10$ km spildu (Ómar Bjarki Smárason munnlegar upplýsingar). Ekki er þó lokað fyrir það skotið að sjórinn valdi þessu lágá viðnámi og ekki hafi tekist að leiðréttta fyllilega fyrir áhrifum hans.

Þrjár mælingar voru gerðar við vestanverðan Vatnsfjörð. Staðbundið viðnám í mælingu VF-42 við Brjánslæk er tiltölulega lágt, tæpir 120 Ω m. Ekki er vitað af jarðhita

nærri mælistað. Hins vegar er mælingin rétt við setsyrpuna og nær annað straumskautið vel inn fyrir svæðið sem hún afmarkar. Það gæti skýrt þetta afbrigðilega lágá viðnám. Mælingar VF-48 og VF-46 voru gerðar við jarðhita. Þess ber þó að geta að í báðum tilfellum er hitastig lágt (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson 1982). Boranir við Þverá (nærri mælingu VF-48) sýna rúmlega 20°C hita og rennsli úr holunum (þær eru um og yfir 400 m djúpar) er 25-30 l/s. Staðbundið viðnám neðan mælingar VF-48 er rúmir 200 Ω m og er það í góðu samræmi við svæðishundið viðnám á Vestfjörðum, ótruflað af jarðhita. Mæling VF-46 er 100 m norðan við Hellulaug. Þar er hiti 31°C og rennsli óverulegt. Skammt frá eru smáaugu um 20°C heit. Árið 1976 var horuð 394 m djúp hola við Hellulaug. Ári eftir borun mældist vatnshitinn $37,2^{\circ}\text{C}$ og rennsli um 3,5 l/s. Staðbundið viðnám neðan mælingar VF-46 við Flókalund er mjög hátt, um 350 Ω m. Hugsast getur að berggangar, sem mikið er af á þessum slóðum (Jóhann Helgason 1978), valdi þarna nokkru um. Þessar tvær viðnámsmælingar benda því til þess að ekki sé um að ræða nein umfangsmikil jarðhitakerfi með lárétt rennsli við vestanverðan Vatnsfjörð. Er það í samræmi við fyrri skoðanir og niðurstöður borana.

Nokkrar holur hafa verið boraðar í landi Tungumúla og á Krossholtum við Hagavaðal. Ein þeirra var horuð við jarðhitann í landi Tungumúla rétt ofan við þjóðveginn (þann er sýnir 19°C hita á mynd 5.2), nærri mælingu VF-41. Holan er 424 m djúp og streymdu úr henni um 32 l/s af 26°C heitu vatni 9 mánuðum eftir borun (apríl 1988) (Grímur Björnsson 1988). Tvær holur eru við Krosslaug, neðan þjóðvegar (þar sem merktur er 38°C hiti á mynd 5.2). Önnur er 403 m djúp og gaf 20-25 l/s sjálfrennsli í borlok af $43,6^{\circ}$ heitu vatni og hin er 78 m djúp með 10 l/s sjálfrennsli af $38,5^{\circ}\text{C}$ heitu vatni (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson 1982). Dýpi og þrýstingur æða í holunum bendir til þess að heita vatnið í þeim sé ættað norðan úr dalnum (Grímur Björnsson 1988).

Tvær viðnámsmælingar (VF-40 og VF-41) voru gerðar á þessu svæði og ein til viðbótar við austurenda Hagavaðals (VF-44). Sú síðastnefnda er staðsett skammt frá jarðhitum með hita um 35°C og rennsli rúmlega 1 l/s (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson 1982). Staðbundið viðnám neðan VF-44 er nokkuð lágt, tæpir 130 Ωm. Staðbundið viðnám mælingar VF-41 er um 160 Ωm og mælingar VF-40, sunnan við jarðhitann í Mórudal, er enn hærra eða tæpir 220 Ωm. Þessar niðurstöður benda til þess að heita vatnið í landi Tungumúla og á Krossholtum sé takmarkað við þróngar uppstreymisrásir.

5.3 Viðnám og hitastig

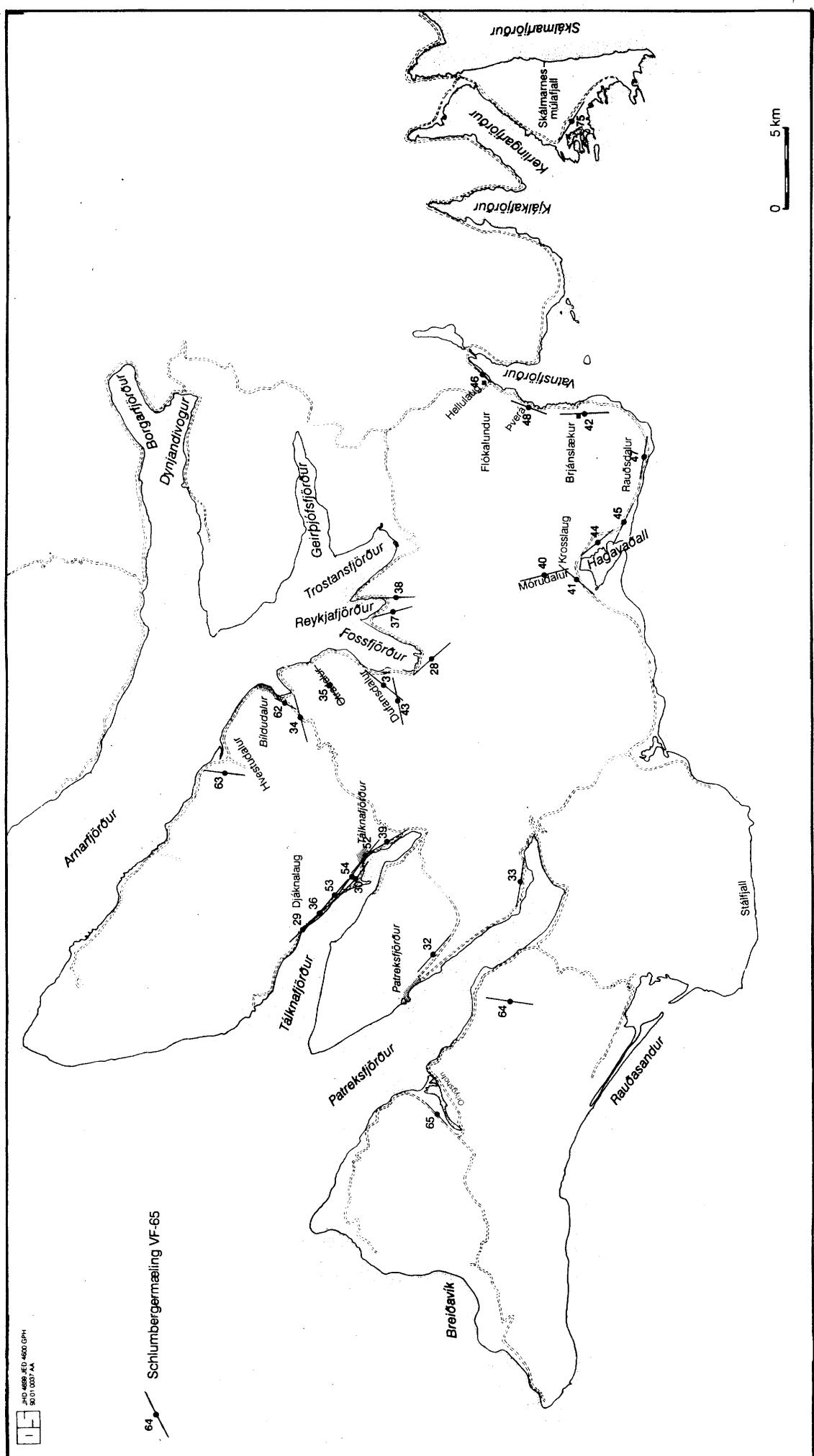
Á Vestfjörðum er berggrunnurinn gamall og yfirleitt þéttur. Heitt vatn er þar oftast bundið við tiltölulega fáar nær lóðréttar sprungur. Þar á sér stað hringrás vatns, lóðrétt hræring, sem flytur varma úr dýpri lögum til grynnri jarðlaga eða yfirborðs. Heita vatnið leitar einnig í einhverjum mæli út í lárétt jarðlög þar sem það kólnar og fellir út efni sem þéttir lögin. Það sama gerist grunnt í uppstreymisrásum jarðhitans, þær þéttast með tímanum. Því virðast lághitasvæðin skera sig úr umhverfinu að því leyti að þau hafa tiltölulega háan hita og innihalda lítið vatn nema í fáum afmörkuðum sprungum. Lóðréttar sprungur sem innihalda heitt vatn má oft afmarka með svokölluðum viðnáms-sniðsmælingum (Kínamælingum). Það var gert á Nauteyri við Ísafjarðardjúp með góðum árangri hvað varðar staðsetningu borhola (Grímur Björnsson og Gylfi Páll Hersir 1988).

Lágviðnámssvæði í berggrunninum koma yfirleitt ekki fram, nema þar sem heita vatnið hefur náð að streyma út í lárétt jarðlög og hita bergið umhverfis. Á þeim jarðhitastöðum þar sem hiti vatns er ekki yfir 40°C er vart við því að búast að fram komi marktæk lækkun í viðnámi nema mjög grunnt og þá á þeim stöðum þar sem mikil magn af 30-40°C heitu vatni er í efstu 100-200 m jarðar. Skýringin er sú að hitastigull á Vestfjörðum er víðast hvar um 60°C/km. Það þýðir að á 300-500 m dýpi er hiti í jörðu að meðaltali

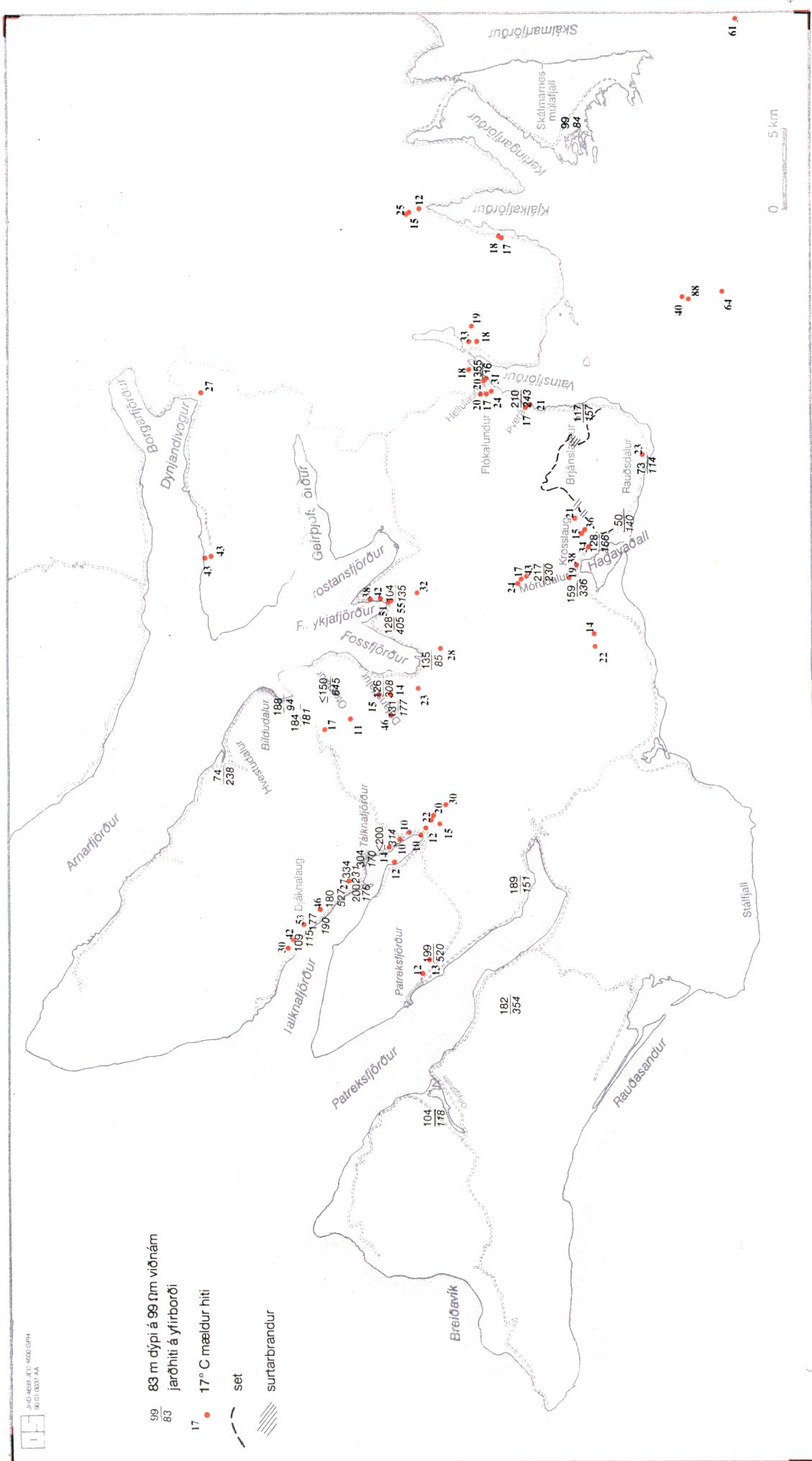
20-30°C. Til að viðnám lækki um helming frá svæðishundnu gildi þarf hitinn að vera um 40-60°C að því gefnu að aðrar aðstæður (t.d. vatnsinnihald og selta) séu eins (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1985). Þess vegna er þess ekki að vænta að viðnámsmælingar séu hentugar til að leita að volgu vatni til fiskeldis enda voru mælingarnar á Vestfjörðum gerðar fyrir 1980 til að leita að heitu vatni (yfir 60°C) til húshitunar.

5.4 Ferlar viðnámsmælinga

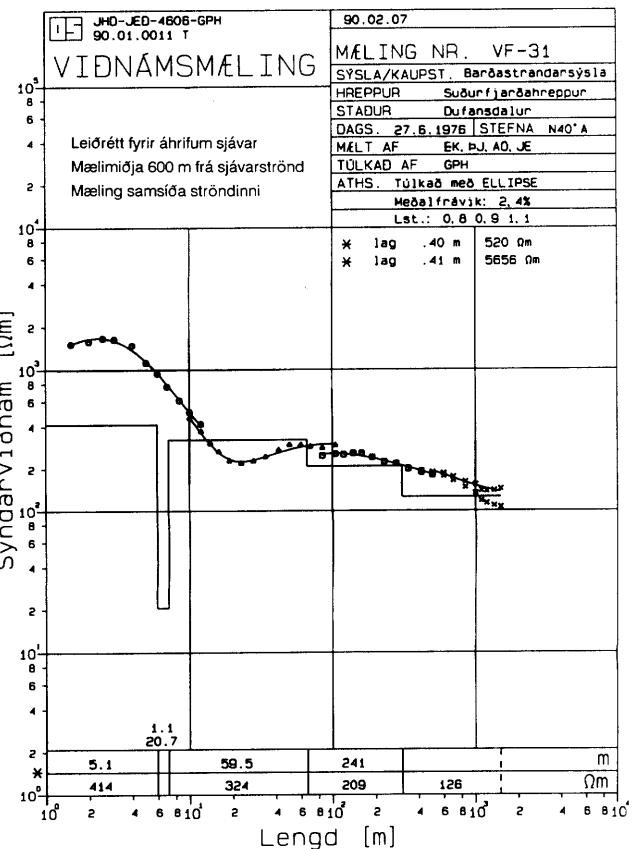
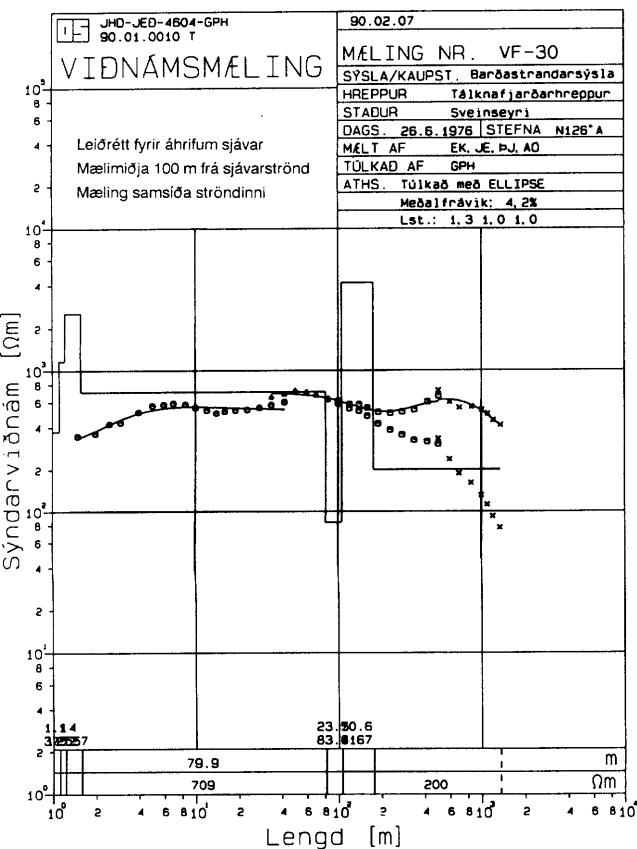
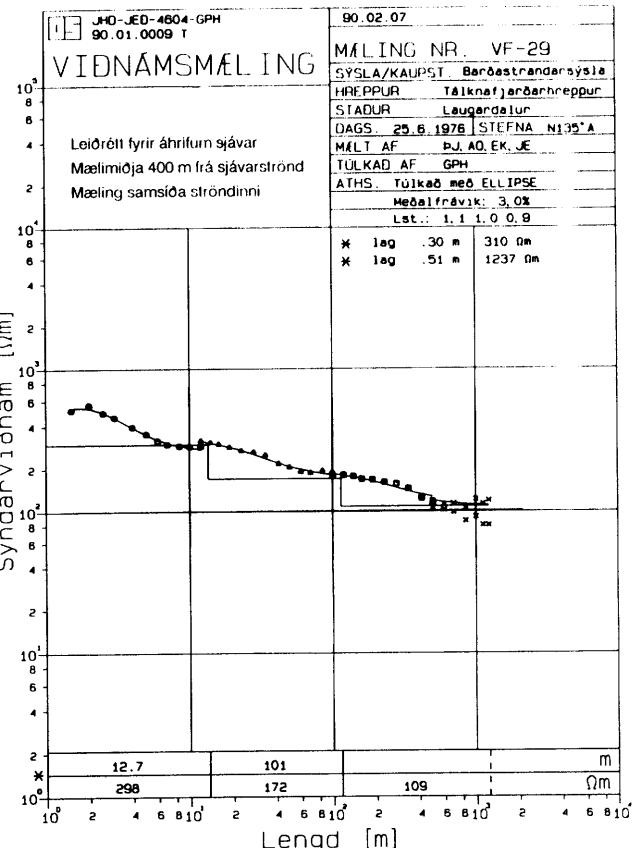
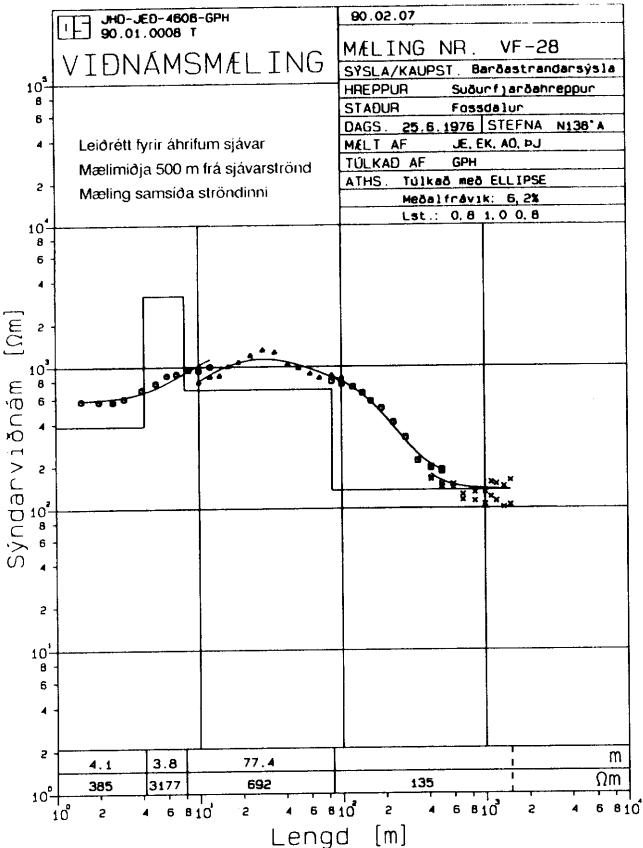
Aftast í skýrslunni (aftan við mynd 5.2) eru birtar viðnámsmælingar frá suðvesturhluta Vestfjarðarkjálkans ásamt einvíðri túlkun þeirra. Sýndir eru mældir og reiknaðir sýndarviðnámsferlar Schlumbergermælinga ásamt viðnámslíkönum. Punktar tákna mælda ferillinn en sá heildregni er reiknaði ferillinn sem fast, ef jörðin er lárétt lagskipt (einvíð) og lagskiptingin er eins og sýnt er neðst á hverri mynd. Einneig kemur fram leiðréttning á mældum sýndarviðnámsgildum vegna nálægðar mælinga við sjó. Leiðréttningin leiðir ávallt til hækkunar viðnámsgilda. Því eru lægri gildin mæld gögn og þau hærri leiðrétt gögn. Leiðrétti sýndarviðnámsferillinn er túlkaður.

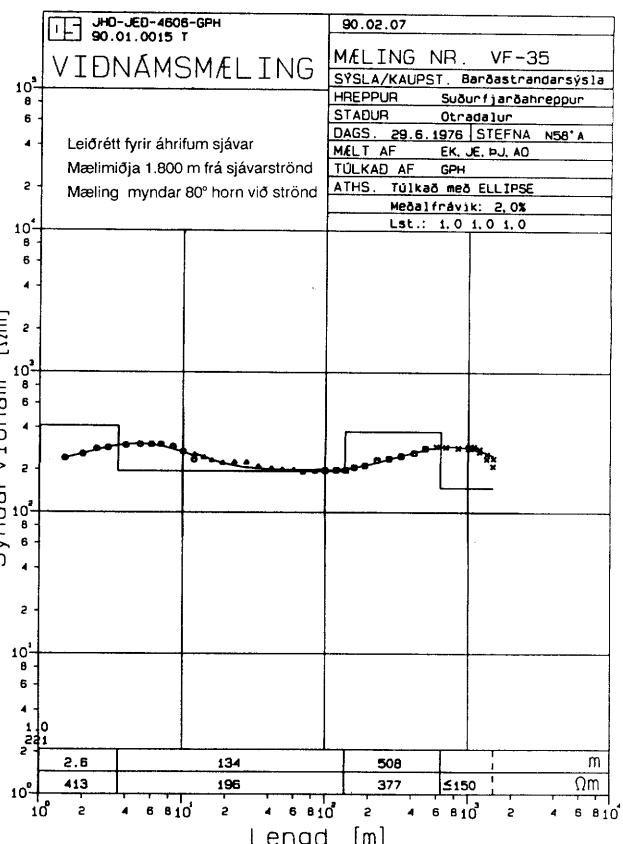
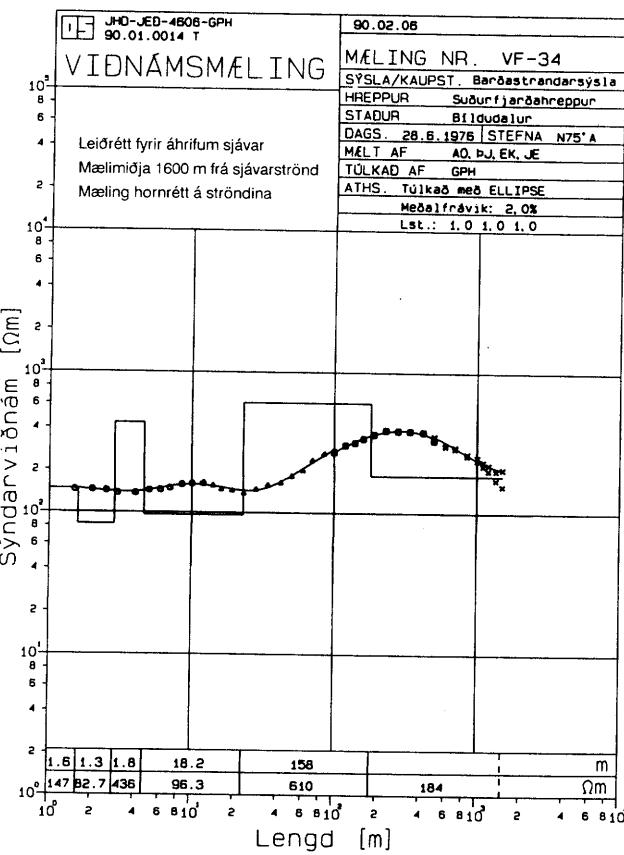
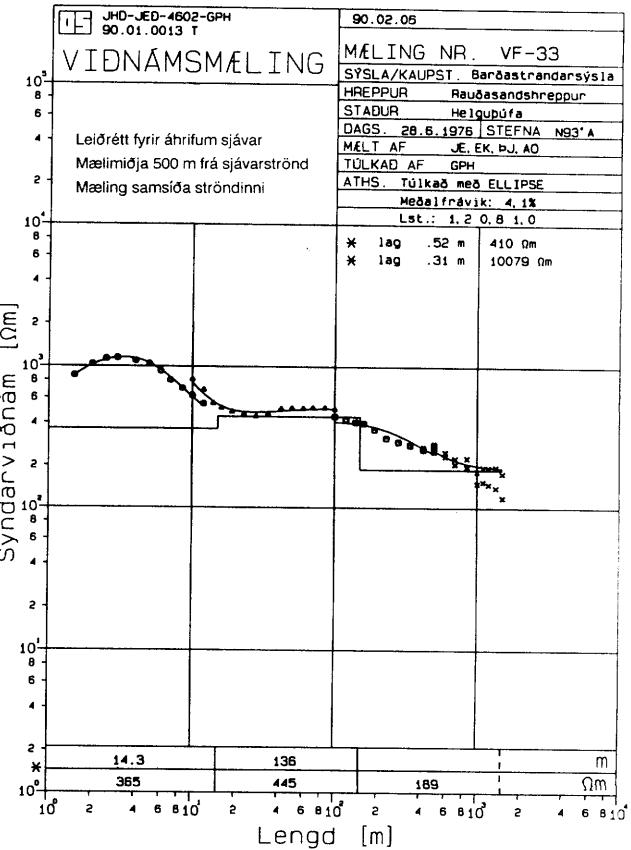
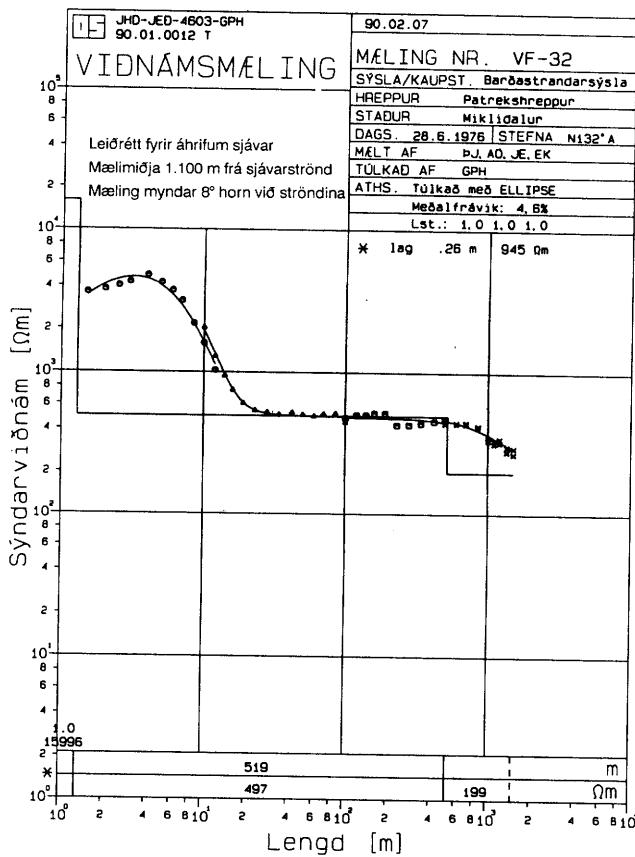


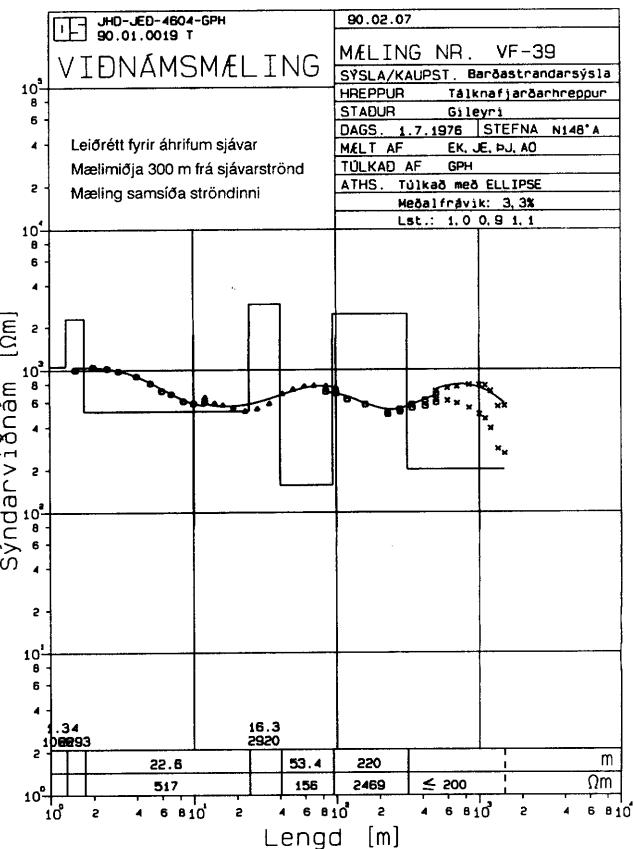
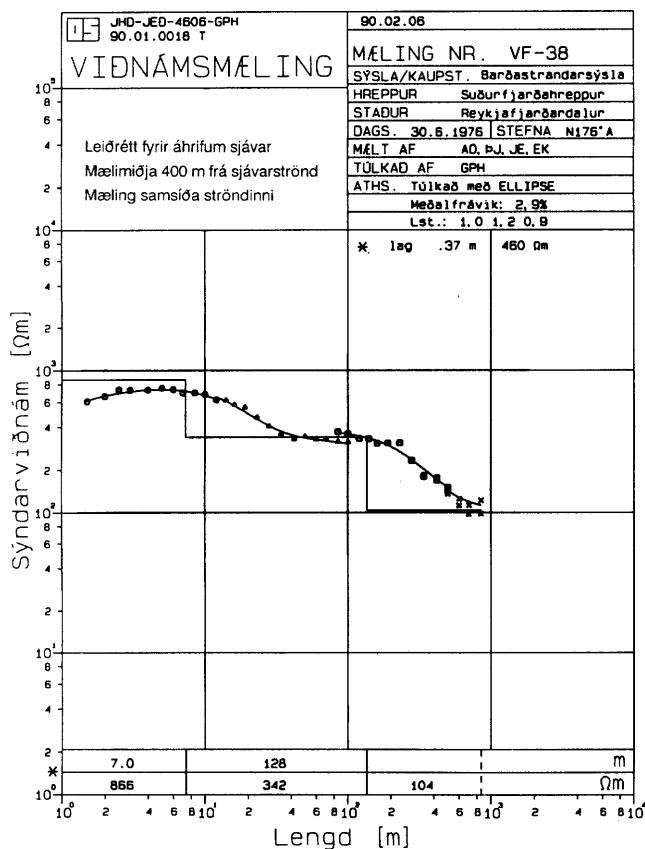
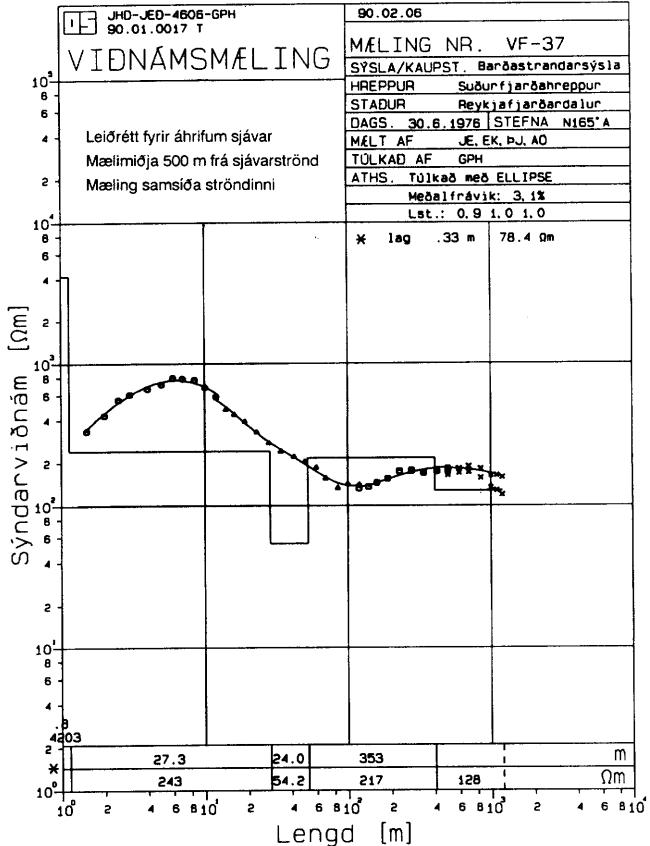
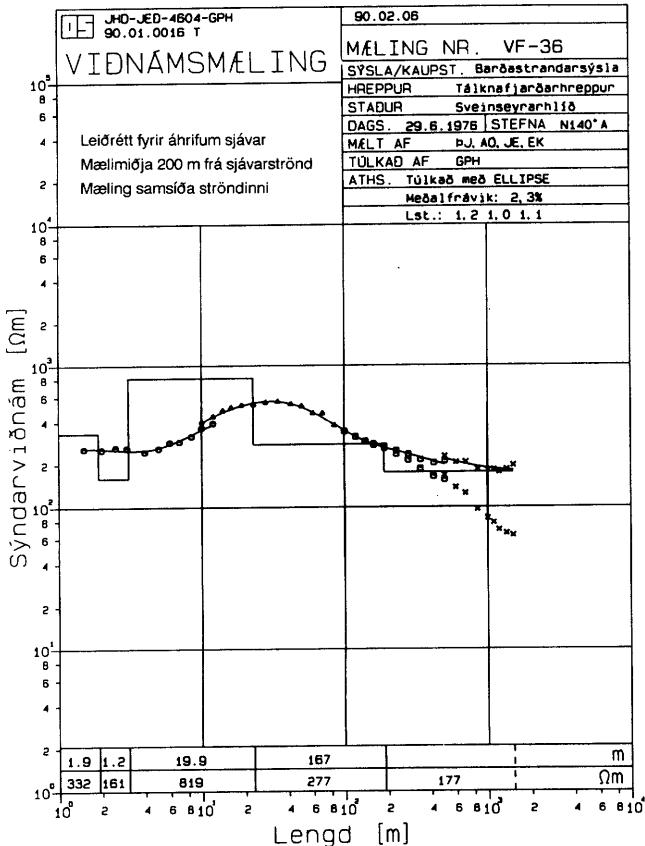
Mynd 5.1 Staðsetning viðnámsmælinga

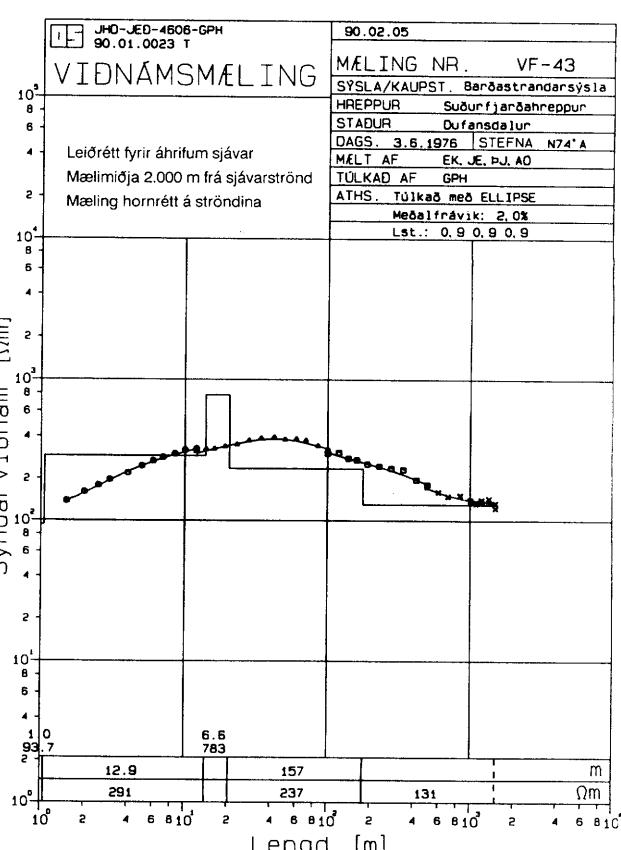
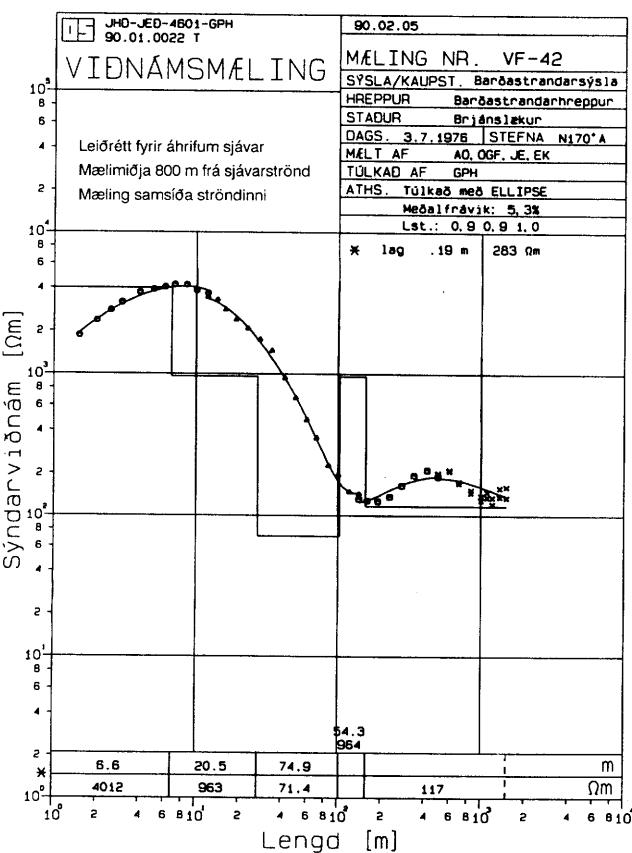
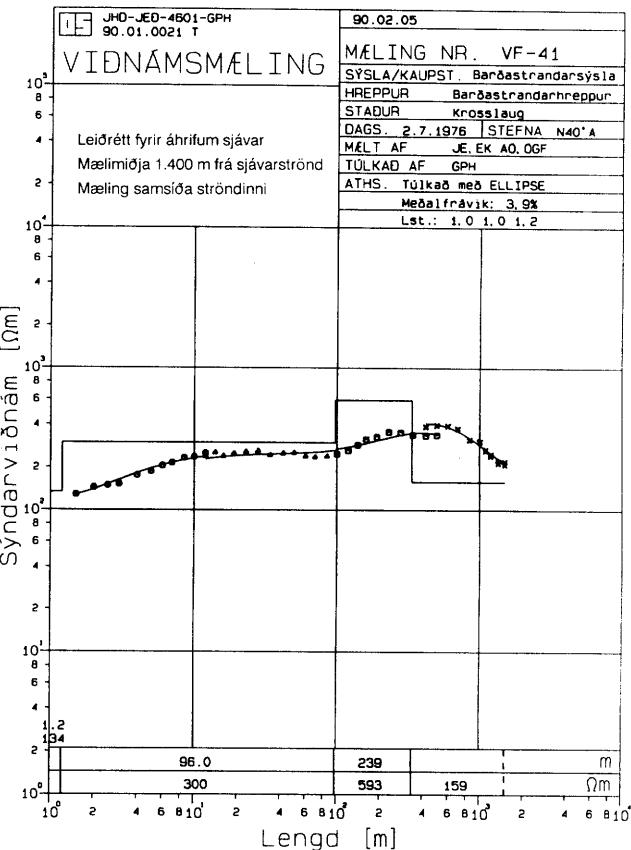
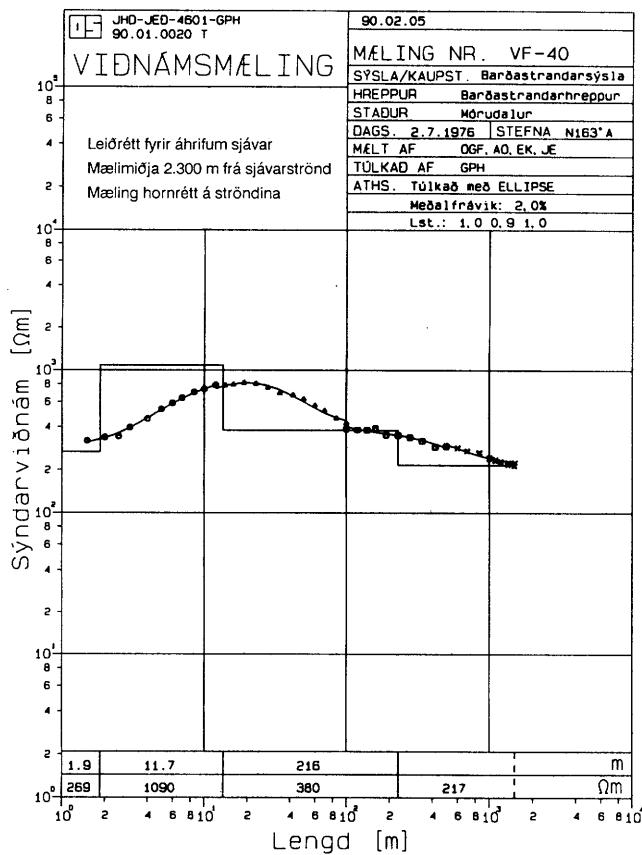


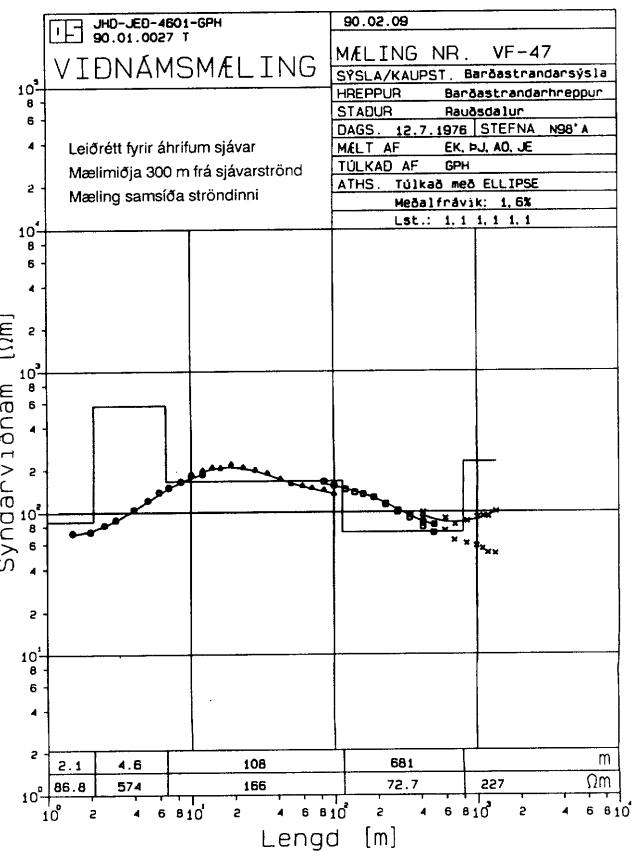
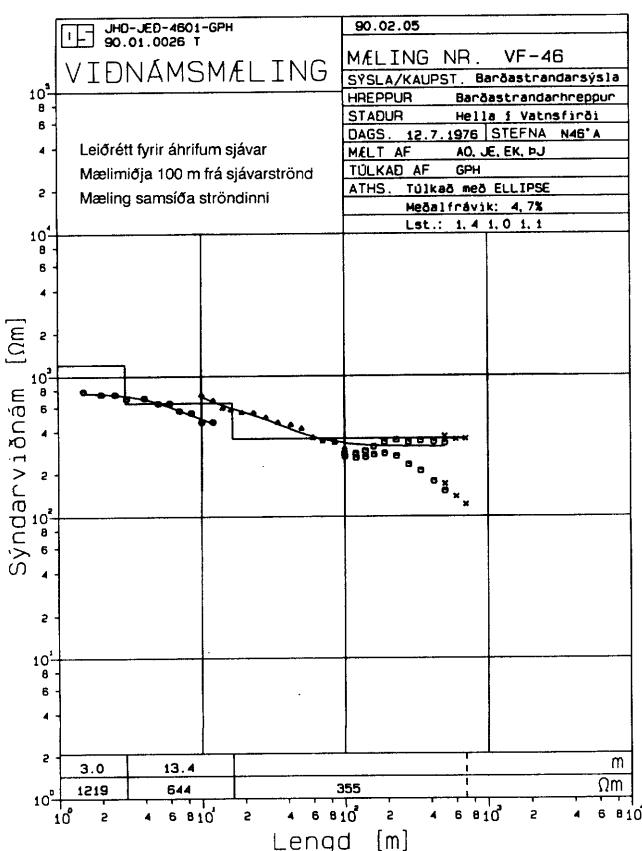
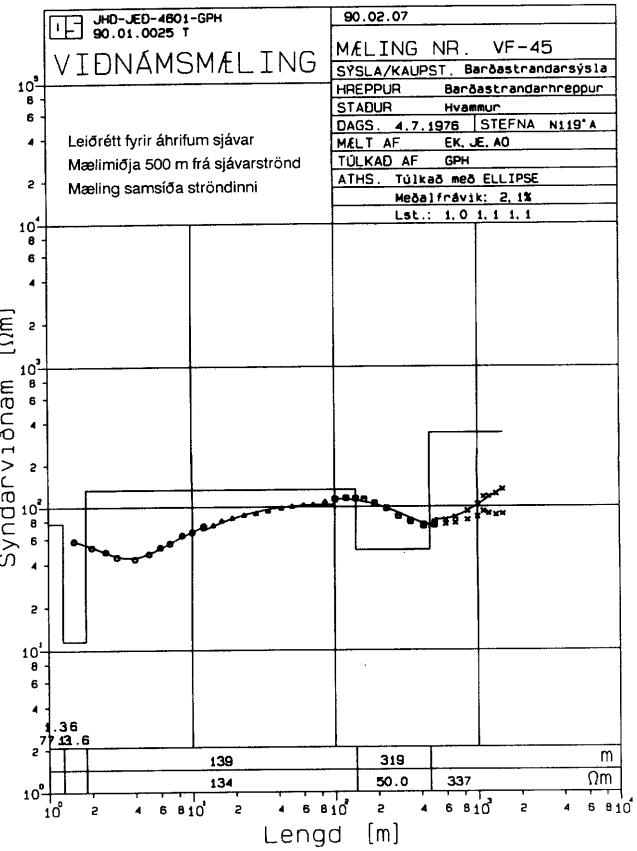
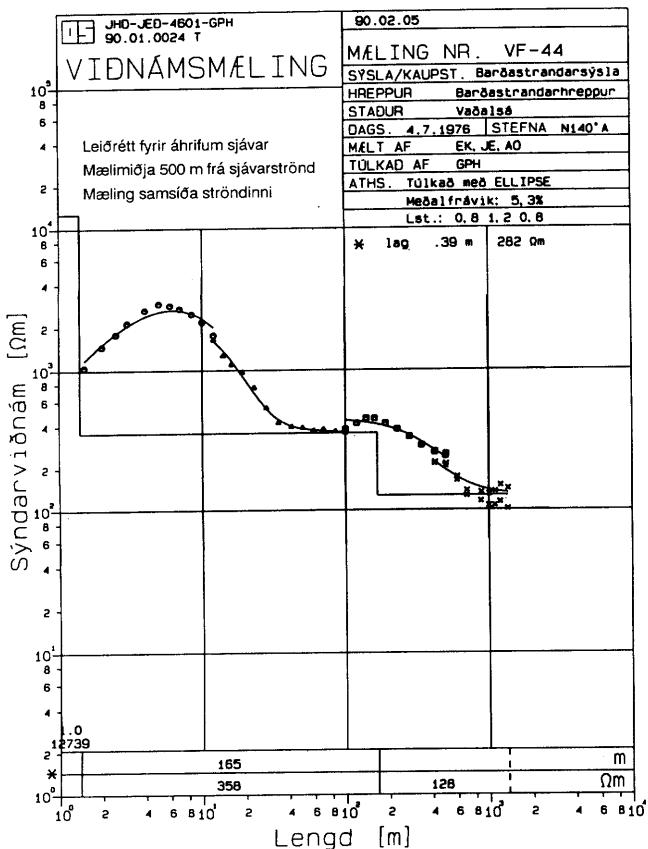
Mynd 5.2 Staðbundið viðnám og jarðhiti á yfirborði

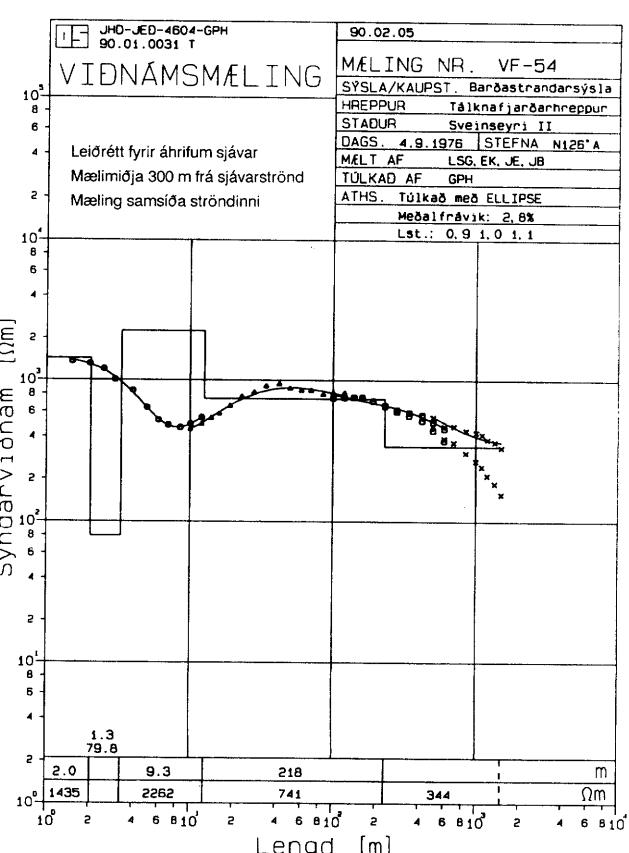
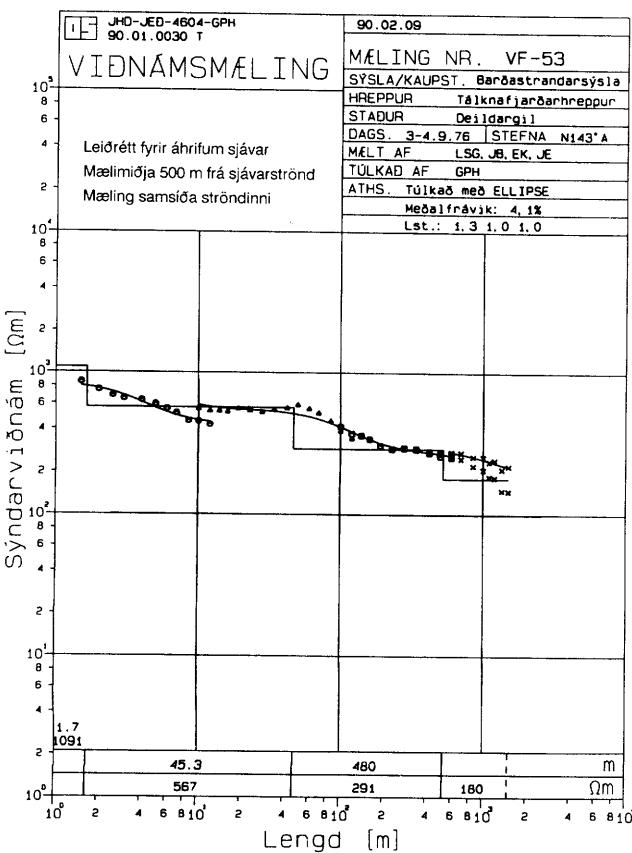
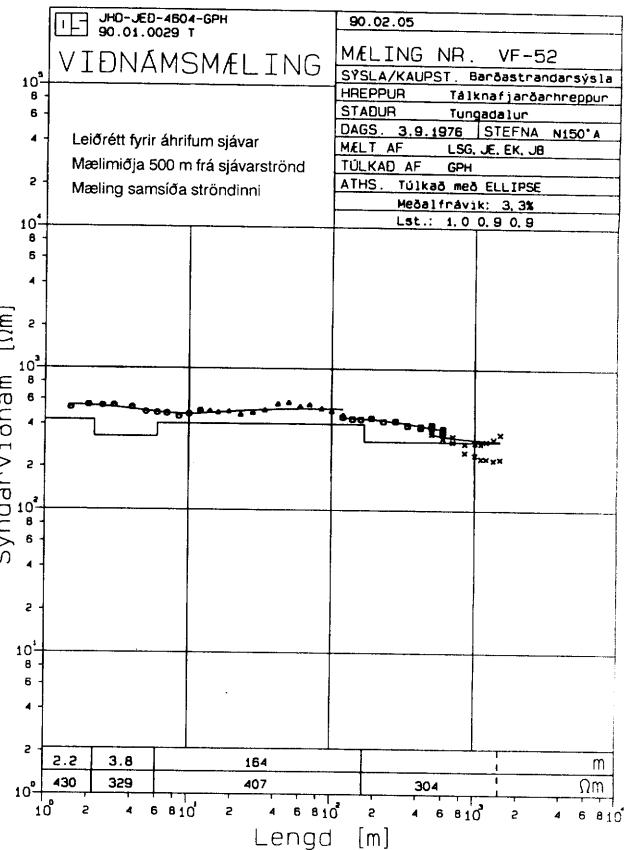
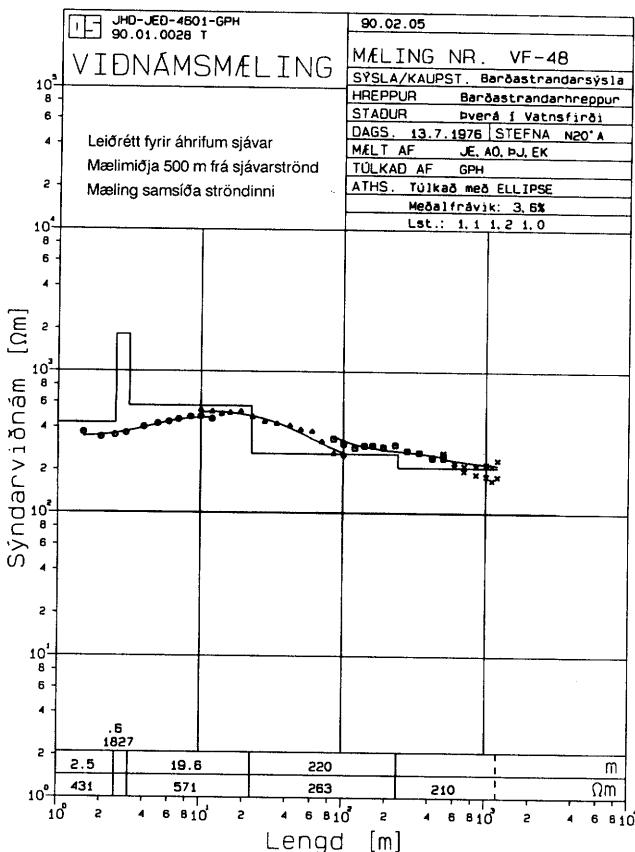


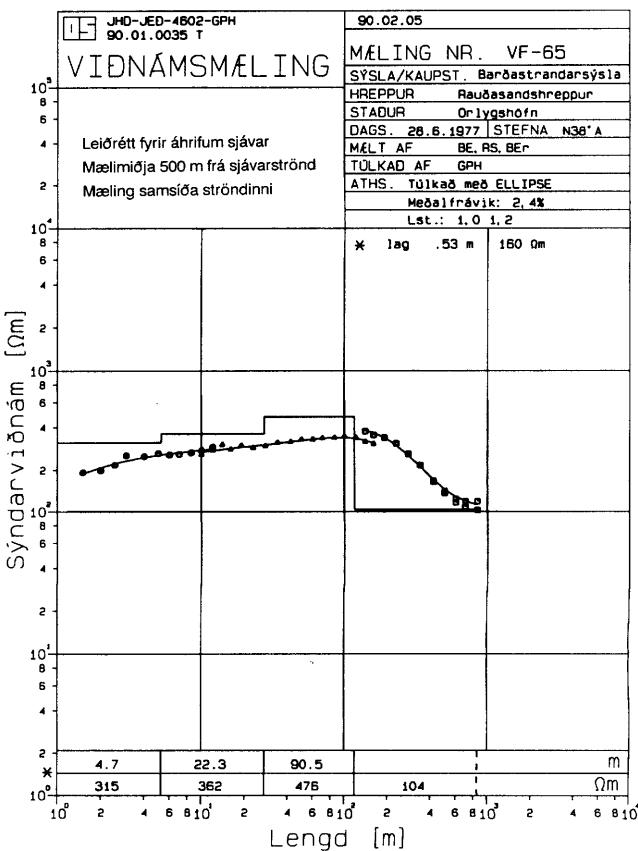
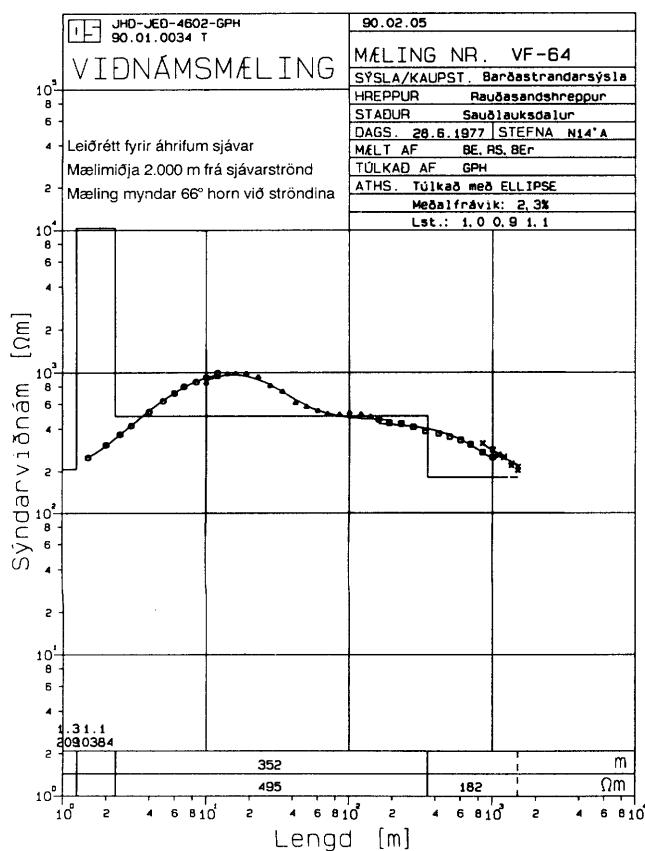
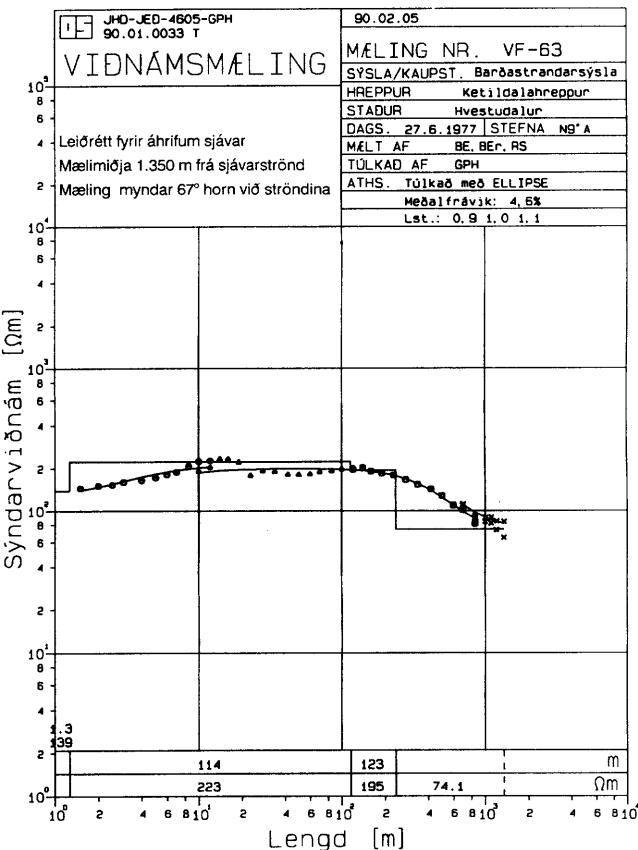
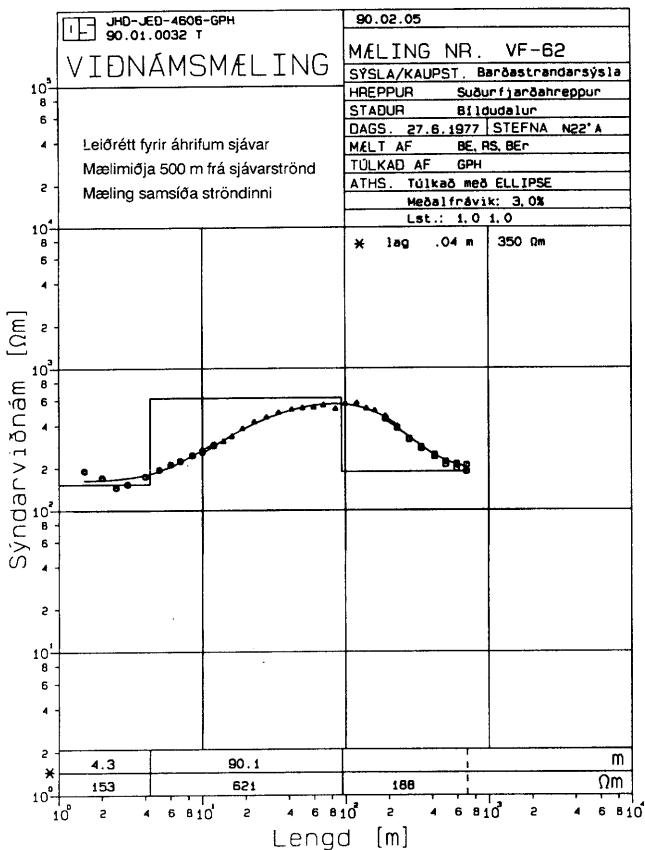


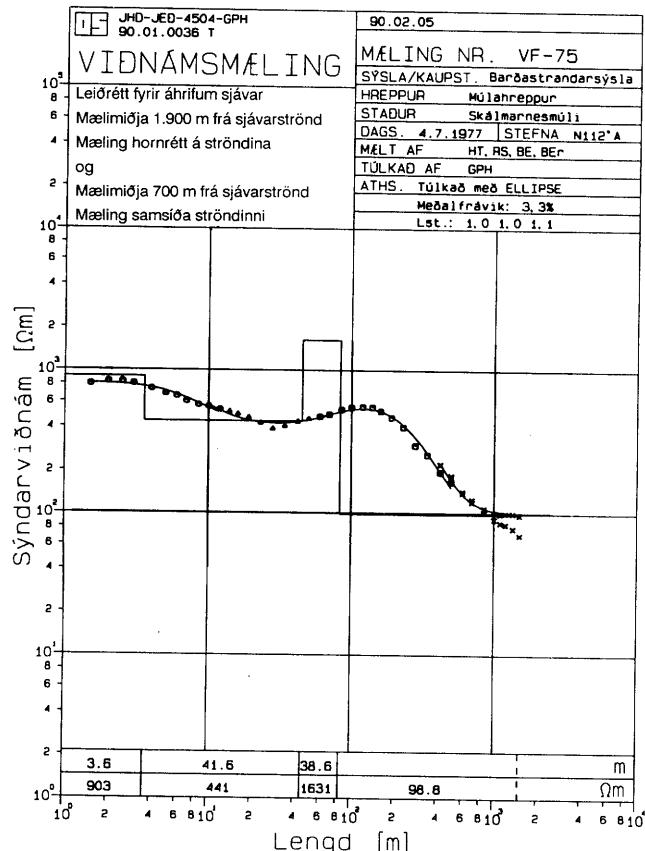












HEIMILDIR

- Árni Hjartarson, Gylfi Páll Hersir og Ómar Bjarki Smárason, 1988a: *Náttúrulegar aðstæður til fiskeldis í Kaldrananeshreppi*. Sérverkefni í fiskeldi 1987. Orkustofnun, OS-88009/VOD-03 B, 41 s.
- Árni Hjartarson, Gylfi Páll Hersir og Ómar Bjarki Smárason, 1988b: *Ísafjarðardjúp. Náttúrulegar aðstæður til fiskeldis*. Sérverkefni í fiskeldi 1987. Orkustofnun, OS-88012/VOD-05 B, 58 s.
- Eggert Lárusson, 1981: *Aspects of the glacial geomorphology of the Vestfirðir Peninsula of Northwest Iceland with particular reference to the Vestur-Ísafjarðarsýsla*. Ph.D. thesis. University of Durham, 322 s
- Freysteinn Sigurðsson og Kristján Sæmundsson, 1984: *Surtarbrandur á Vestfjörðum*. Orkustofnun, OS-84038/OBD-02, 43 s.
- Grímur Björnsson, 1988: *Jarðhitasvæðið í Mórudal á Barðaströnd. Rennsli úr holum og áhrif borana 1987*. Orkustofnun, OS-88030/JHD-15 B, 16 s.
- Grímur Björnsson, 1988: *Borholumælingar í Rauðasandshreppi í apríl 1988*. Greinargerð GrB-88/04, Orkustofnun.
- Grímur Björnsson og Gylfi Páll Hersir, 1988: *Rannsóknir, borun og prepadæling holu 4 á Nauteyri við Djúp*. Greinargerð GrB/GPH-88/02, Orkustofnun, 14 s.
- Gylfi Páll Hersir, 1988: *Correcting for the coastal effect on the apparent resistivity of Schlumberger soundings*. Orkustofnun, OS-88019/JHD-10 B, 13 s.
- Jóhann Helgason, 1978. *Gangar, brotalínur og jarðhiti á sunnanverðum Vestfjörðum*. Jarðfræðikort, Orkustofnun F.17452. - Birt hér með viðbótarupplýsingum aðallega af Barðaströnd, Tálknafirði og Bíldudal frá Kristjáni Sæmundssyni.
- Jón Benjamínsson, 1981: *Vestfirðir. Efnafræði jarðhitavatns*. OS1010/JHD06, 121 s.
- Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson, 1982: *Jarðhiti í Barðastrandarsýslum*. Orkustofnun, OS82030/JHD04, 118 s.
- Kristján Sæmundsson, 1987: *Saurbær á Rauðasandi, borun eftir vatni til fiskeldis*. Greinargerð KS-87/07, Orkustofnun, 3 s.
- Kristján Sæmundsson, 1987: *Vatnsveitumál á Bíldudal*. Greinargerð KS-87/16 Orkustofnun, 4 s.
- Ólafur G. Flóvenz, 1977: *Jarðhitaleit á Vestfjörðum 1976*. Orkustofnun, OS JHD 7701.
- Ólafur G. Flóvenz, Lúðvík S. Georgsson og Knútur Árnason 1985: *Resistivity Structure of the Upper Crust in Iceland*. J. Geophys. Res., 90: 10136-10150.
- Vatnamælingar, 1967: *Rennslismælingar 1947-1966. Vinnueintak, fyrri hluti*. Orkustofnun, Vatnamælingar.
- Vatnamælingar, 1969: *Vatnasvið Íslands*. Orkustofnun, Vatnamælingar. 93 s.