



ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

# BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Jarðfræði- og grunnvatns-  
rannsóknir 1979

Skýrsla tekin saman af starfshópi  
á Raforkudeild Orkustofnunar

OS80019/ROD09  
Reykjavík, júní 1980

Unnið fyrir  
Landsvirkjun

# **BÚÐARHÁLSVIRKJUN**

## **Jarðfræði- og grunnvatns- rannsóknir 1979**

### **Verkefnisstjórn:**

**Davíð Egilsson  
Björn Jónasson**

### **Aðrir höfundar:**

**Bjarni Kristinsson  
Freyr Þórarinsson  
Halína Bogadóttir  
Hlöðver Bergmundsson  
Jón Ingimarsson  
Jónas Elíasson  
Sveinn Þorgrímsson**

**OS80019/ROD09**

**Reykjavík, júní 1980**

**Unnið fyrir  
Landsvirkjun**

ÁGRIP

Fjallað er um undirbúningsrannsóknir vegna fyrirhugaðrar virkjunar á falli Tungnaár og Þjórsár við mót þeirra. Jarðlög þar greinast í tvo meginflokka: Grunnbergsmýndun annars vegar og síðjökultíma- og nútímamýndun hinsvegar. Grunnbergsmýndunin sést í Búðarhálsi, Vaðöldu og Sandafelli en þar stendur hún upp úr jafnsléttunni. Þessi mýndun hlóðst upp fyrir 2,0-0,8 milljónum ára. Síðjökultíma- og nútímamýndunin hefur verið að hlaðast upp síðastliðin 15.000 ár. Hún er að mestu gerð úr nútímahraunum sem hafa runnið eftir að jökla leysti. Hraunin hafa fyllt upp í lögðir í grunnbergsmýnduninni og lagst upp að hliðum hæða og fjalla.

Hraunin eru yfirleitt mun lekari en grunnbergið og berst grunnvatnið aðallega eftir þeim. Samkvæmt hita og hæðarmælingum á grunnvatni kemur það eftir 3-4 straumum inn á hraunasvæðið. Tveir þeirra renna saman og mynda meginstraum sem kemur að austan og fer milli Búðarháls og Valafells. Viðaminni er straumur milli Fitjaskóga og Búðarháls. Grunnvatnið af hraunasvæðinu hefur aðalafrennsli milli Búrfells og Sauðafells.

Tunga úr Búrfellshrauni (THi) nær inn í dalinn milli Fitjaskóga og Búðarháls. Ekki er vitað nákvæmlega hvar jaðar Kvíslarhrauns (THf) er austan við Vaðöldu en grunur leikur á að hann liggi sunnan við Tungnaá.

Allar tillögur ráðgjafaverkfræðinga Landsvirkjunar um virkjun á þessum stað gera ráð fyrir að stíflan standi á Búrfellshrauni (THi), frárennslisskurðurinn liggi um sama hraun hjá Hafi og stöðvarhús og fráveitugöng verði grafin í gegnum grunnbergsmýndunina í Sandafelli. Það gera tvær tillagnanna ráð fyrir að veitugöng verði í gegnum grunnbergsmýndunina í Búðarhálsi.

Ein tillagan gerir ráð fyrir 50 m hárrí stíflu í dalnum milli Búðarháls og Fitjaskóga. Búrfellshraun, Thi, er þar 30 m þykkt í miðjum dalnum en þynnist til jaðranna. Komið hefur í ljós við dæluprófanir að lekt þess reiknast um  $2-3 \times 10^{-3}$  m/s. Á jöðrunum er hún þó meiri eða  $2-3 \times 10^{-2}$  m/s. Undir hrauninu er efst ósamliamt set, að mestu sandur. Boranir gefa til kynna að þykkt þess sé um 50 m í miðjum dalnum en þynnist til jaðranna. Þar fyrir neðan er síðjökultímamýndin. Hún ásamt lausa setinu er um 70 m í miðjum dalnum. Loks er súrt og ísúrt grunnberg. Líklegt er talið að lausa setið sígi nokkuð á byggingartímanum. Þá þarf að gera sérstakar ráðstafanir til að verjast leka með hraunjöðrunum, verði þessi tillaga fyrir

valinu.

Fyrri hugmyndir um jarðfræði Búðarháls breyttust fremur lítið við boranir í hálsinum sumarið 1979. Uppbygging hans ofan við Nefjadeild virðist afar regluleg. Nokkur hætta er talin á að göng í Búðarhálsi þar sem þeim er nú ætlaður staður komi til með að liggja í gegnum líparít norðan megin á hálsinum en líparít er talið fremur óheppilegt berg fyrir jarðgöng. Hvar það liggur verður ekki ljóst fyrr en búið verður að bora kjarnaholur þar. Hljóðhraðamælingar frá sumrinu 1979 og Borróboranir frá 1967 gefa til kynna að hæð á yfirborði Búrfellshrauns (THi) á fyrirhugaðri skurðleið um Haf sé 245-256 m y.s. Þykkt lausra jarðlaga er 4-12 m mikinn hluta leiðarinnar. Botnhæð frárennslisskurðarins við Sandafell er áætluð 244,2 m y.s. Efri hluta skurðarins er því hægt að grafa, en yfirleitt þarf að sprengja neðstu metrana.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP .....	3
TÖFLUSKRÁ .....	7
MYNDASKRÁ .....	9
1 INNGANGUR (DE) .....	11
1.1 Markmið .....	11
1.2 Framkvæmd rannsókna .....	12
2 ÁRMÓT ÞJÓRSÁR/TUNGNAÁR - YFIRLIT YFIR JARÐFRÆÐI- OG GRUNNVATNS- RANNSÓKNIR .....	13
2.1 Markmið (DE) .....	13
2.2 Boranir (BjJ) .....	14
2.2.1 Almennt .....	14
2.2.2 Borholusnið og jarðlagaskipan .....	14
2.3 Viðnámsmælingar (FÞ) .....	15
2.4 Segulmælingar (DE) .....	16
2.5 Grunnvatn (BK/BjJ/DE) .....	17
2.5.1 Almennt .....	17
2.5.2 Mæling á grunnvatnshæð .....	18
2.5.3 Hitamæling á grunnvatni .....	19
2.6 Samantekt .....	20
3 STÍFLUSVÆÐIÐ - RANNSÓKN Á JARÐTEKNILEGUM ÞÁTTUM .....	21
3.1 Markmið (DE) .....	21
3.1.1 Fyrri hugmyndir .....	21
3.1.2 Tilgangur rannsókna .....	21
3.2 Laus jarðlög (HB) .....	22
3.3 Hljóðhraðamælingar (HaG/DE) .....	23
3.3.1 Inngangur .....	23
3.3.2 Hljóðspeglunarmælingar .....	23
3.3.3 Hljóðhraði í THi .....	24
3.3.4 Yfirfallið .....	24
3.3.5 Stífluendinn við Fitjaskóga .....	25
3.4 Borun (BjJ) .....	26
3.4.1 Almennt .....	26
3.4.2 Framkvæmd borunar og greining .....	26
3.4.3 Borholu- og jarðlagasnið .....	27
3.4.4 Jarðlagaskipan og jarðsaga .....	29

	Bls.
3.5 Könnun á lausum jarðmyndunum, undir THi (Sv.Þ) .....	31
3.5.1 Almennt .....	31
3.5.2 Markmið .....	32
3.5.3 Sýnataka .....	33
3.5.4 Greining sýna .....	34
3.5.5 Lokaorð .....	36
3.6 Dæluprófanir (JI/JE) .....	37
3.6.1 Inngangur og markmið .....	37
3.6.2 Framkvæmd prófana .....	37
3.6.3 Úrvinnsla mælinga .....	39
3.6.4 Framhald athugana .....	44
3.6.5 Niðurstöður og ályktanir .....	45
3.7 Niðurstöður .....	45
4 VEITULEIÐIR Í BÚÐARHÁLSI OG Á HAFI .....	47
4.1 Inngangur (DE) .....	47
4.2 Gangaleið í gegnum Búðarháls (DE/BjJ) .....	47
4.2.1 Markmið rannsókna .....	47
4.2.2 Almennt yfirlit .....	47
4.2.3 Niðurstöður borana 1979 .....	48
4.2.4 Jarðfræðisnið og mannvirki .....	48
4.2.5 Samantekt .....	50
4.3 Frárennslisskurður um Haf (DE) .....	50
4.3.1 Markmið rannsókna .....	50
4.3.2 Hljóðbrotsmælingar .....	50
4.3.3 Segulmælingar .....	51
4.3.4 Borróboranir .....	51
4.3.5 Samantekt .....	51
HEIMILDASKRÁ .....	53
TÖFLUR .....	55
MYNDIR .....	79
VIÐAUKAR:	
A Hljóðhraðamælingar .....	143
B Segulmælingar .....	155
C Viðnámsmælingar .....	159
D Borróboranir á Hafi .....	165

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Staðsetning og niðurstöður viðnámsmælinga .....	57
2 Jarðvatnsmælingar í borholum (blað 1 - 6) .....	58-60
3 Vatn og hiti í borholum .....	61
4 Staðsetning, hæð og dýpi gryfja á Sultartangasvæði .....	62
5 Staðsetning, hæð og dýpi písaþola á Sultartanga .....	63
6 Hljóðspeglun á stíflustæði (blað 1 - 2) .....	64-65
7 Hljóðspeglun við yfirfall .....	66
8 Hljóðspeglun við Fitjaskóga .....	67
9 Staðsetning, hæð og dýpi kjarnahola á Sultartanga- og Búðar- hálssvæði .....	68
10 Staðsetning, hæð og dýpi kjarnahola við Búðarháls .....	69
11 ST - 19, helstu eiginleikar setsýna .....	70
12 ST - 20, helstu eiginleikar setsýna .....	71
13 Efnisflokkar og helstu eiginleikar sets úr ST - 19 og ST - 15 ..	72
14 Niðurstöður dæluþrófana í ST-17 .....	73
15 Niðurstöður dæluþrófana í ST-18 .....	74
16 Niðurstöður dæluþrófana í ST-20 .....	75
17 Meðalleiðni samkvæmt mælingum úr dælu- og athugunarholum (í texta) .....	43
18 Hljóðhraðamælingar við Haf (blað 1 - 2) .....	76-77





MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Búðarhálsvirkjun, afstöðumynd .....	81
2 Mismunandi tilhögun virkjunar .....	82
3 Tungnaárhraun - jarðfræðikort .....	83
4 Yfirlits- og staðsetningarkort .....	85
5 Borholusnið, loftborsholur (blað 1 - 2) .....	87
6 Jarðlagasnið A - A' til E - E' (blað 1 - 2) .....	88-89
7 Staðsetning viðnámsmælinga .....	90
8 Segulkort .....	91
9 Grunnvatnskort af Búðarháls- og Búrfellssvæði .....	93
10 Grunnvatnskort af Sultartangasvæði .....	95
11 Grunnvatnshitakort af Búðarháls - Búrfellssvæði .....	97
12 Grunnvatnshitamælingar, Sultartangi - Búðarháls (blað 1 - 4) .....	99-100
13 Hugsanleg staðsetning hraunkants THf .....	101
14 Þykkt lausra jarðlaga - staðsetning mælinga .....	102
15 Gryfjulýsingar (blað 1 - 4) .....	103-104
16 Laus jarðlög á stíflustæði og Sultartanga, þversnið I - V .....	105
17 Laus jarðlög á stíflustæði og Sultartanga, þversnið VI og VII .....	106
18 Þykkt THi samkvæmt hljóðspeglun .....	107
19 Hljóðhraði í THi samkvæmt hljóðspeglun .....	108
20 Yfirfall í Búðarhálsi. Staðsetning hljóðbrotsmælinga .....	109
21 Stíflustæði við Fitjaskóga. Staðsetning hljóðhraðamælinga ...	110
22 Skýringar og skammstafanir .....	111
23 Snið af borholum ST - 17 og ST - 18 .....	112
24 Snið af borholum ST - 16, 19, 20A, 20B og 21 .....	113
25 Jarðlagasnið F - F' .....	114
26 Jarðlagaskipan í ST - 15 og ST - 19 .....	115
27 Greining sýna á borstað, ST - 20 A og B .....	116

28	Greining sýna á borstað, ST - 19 .....	117
29	Flokkun sýna eftir kornadreifingu, ST - 19 .....	118
30	Flokkun sýna eftir kornadreifingu, samanburður á kornastærðum sýna úr ST - 15 og ST - 19 .....	119
31	Þurr rúmpýngd sem fall af rakastigi í ST - 19 .....	120
32	Dæluprófanir - afstöðumynd .....	121
33	Rennslisprófun (í texta) .....	38
34	Þrepadæling - langtímadæling (í texta) .....	38
35	Þrepadæling, skýringarmynd (í texta) .....	40
36	Þrepadælingar .....	122
37	ST - 18, þrepadæling 79-08-24 .....	123
38	Dæling í ST - 18 79-09-04. Vatnsborðshækkun í ST - 14 .....	124
39	Dæling í ST - 18 79-09-04. Vatnsborðshækkun í holu A .....	125
40	ST - 18, ádæling, mælt í ST - 14, 79-09-04 .....	126
41	ST - 18, mælt í "A", 79-09-04 .....	127
42	ST - 18 við jöfnun í ST - 14 79-09-04 .....	128
43	Jöfnun vatnsborðs í ST - 14 að lokinni 15,8 m <sup>3</sup> /s dælingu .....	129
44	Flatarmál og rúmmál lóna .....	130
45	Vatnshæð og leki í "2000" m <sup>2</sup> lóni .....	131
46	Vatnshæð og leki í "100" m <sup>2</sup> lóni .....	132
47	Þrepadæling á ST - 18 79-08-24, vatnsborð í ST - 14 .....	133
48	Jarðfræðikort, Búðarháls .....	135
49	Snið af borholum BH - 1, BH - 2 og BH - 3 .....	137
50	Þversnið milli BH - 2 og BH - 3 .....	138
51	Þversnið á fyrirhugaðri jarðgangaleið .....	139
52	Haf, I og II, borróholur, hljóðhraða- og segulmælingar (blað 1 - 2) .....	140-141

## 1 INNGANGUR

### 1.1 Markmið

Þegar virkjun Tungnaár við Hrauneyjafoss lýkur verður óvirkjað 92 m fall milli Hrauneyjafoss- og Búrfellsvirkjunar. Mynd 1 sýnir afstöðu virkjana á Þjórsár - Tungnaárvæði. Margs konar hugmyndir hafa verið uppi um það hvernig mætti nýta þetta fall eða þann hluta þess sem hagkvæmast er að virkja. Skýrsla ráðgjafarverkfræðinga Landsvirkjunar: "Þjórsárvirkjanir. Samanburðaráætlanir um orkunýtingu á vatnasviðum Þjórsár og Tungnaár ofan Þjórsárdals. Áfangaskýrsla", útg. maí 1979, rekur helstu virkjunarkosti. Þær hugmyndir sem taldar voru álitlegastar ásamt nýrri tilhögun, er síðar kom fram sbr. "Þjórsárvirkjanir. Samanburðaráætlanir. Framvinduskýrsla", útg. des. 1979, eru sýndar á mynd 2. Nánari lýsingu á mismunandi tilhögun er að finna í áður nefndum ráðgjafarskýrslum.

Skýrsla þessi fjallar um frumrannsókn á mismunandi tilhögun virkjunar við Sultartanga og Búðarháls er framkvæmd var sumarið 1979. Verkið var unnið að beiðni Landsvirkjunar og samkvæmt verklýsingu í samningi milli hennar og Orkustofnunar (september 1979). Rannsóknin var að mestu jarðfræðileg könnun með jarðborun, könnun á lausum jarðlögum, jarðeðlisfræðilegar mælingar og dæluþrófun. Ennfremur var unnið við almenna jarðfræðikortlagningu, en henni verða gerð skil í sérstakri skýrslu.

Rannsóknin beindist að nokkrum vel afmörkuðum þáttum og hefur verið tekið mið af því í kaflaskiptingu. Sökum þessa er gerð grein fyrir markmiði rannsókna í upphafi hvers kafla og niðurstöður dregnar saman í lok hans. Ekki þótti því ástæða til að endurtaka þær í sérstöku lokakafla.

Verk þetta byggir að verulegu leyti á hugmyndum sem áflað hefur verið með fyrri rannsóknum Orkustofnunar á svæðinu og gerð hefur verið grein fyrir í eldri skýrslum. Varðandi jarðfræðina er helst að nefna skýrslurnar, "Borróboranir við Sultartanga 1967 og 1968", frá 1969 eftir Pál Ingólfsson, "Langalda - Hald. Jarðfræðiskýrsla" frá 1971, eftir Bessa Aðalsteinsson, "Sultartangi. Jarðfræðiskýrsla" og "Búðarháls. Jarðfræðiskýrsla" báðar eftir Ingibjörgu Kaldal og Skúla Víkingsson (1972 og 1973) og yfirlitsskýrslu Elsu G. Vilmundardóttur (1978) "Tungnaárhraun. Jarðfræðiskýrsla". Um grunnvatnsrennsli og þéttingaráhrif aurburðar er m.a. fjallað í skýrslunni "Langölduveita. Rannsókn á tilraunalóni við Tungnaá" eftir Hauk Tómasson o.fl. (1976) og um jarðfræði með sérstöku tilliti til

áætlaðrar mannvirkjagerðar í þrem skýrslum "Sultartangi Hydroelectric Project. Geological report" eftir Björn Jónasson (1976) og "Búðarháls-  
virkjun. Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir" og "Búðarhálsvirkjun.  
Jarðfræðirannsóknir 1978" báðar eftir Björn Jónasson o.fl. (1978 og 1979).

## 1.2 Framkvæmd rannsóknanna

Fyrri hluta sumars 1979 beindist rannsóknin að mestu að tilhögun 1 (mynd 2) ásamt yfirlitsrannsóknum. Helstu þættir voru könnun á þykkt lausra jarðlaga við fyrirhugaðan frárennslisskurð, borun níu loftborshola (PH-1 til 9), og kjarnaholu (ST-16), auk almennra grunnvatnsathugana.

Síðari hluta sumarsins var lögð megináhersla á tilhögun 2. Þar voru helstu þættirnir:

- a) Könnun á fyrirhuguðu stíflu- og lónstæði, sem fól í sér athugun á þykkt og gerð lausra jarðlaga, kjarnaholurnar ST-17 - ST-21 og BH-1, hljóðhraðamælingar og umfangsmikla dæluprófun og
- b) könnun á fyrirhugaðri jarðgangaleið í gegnum Búðarháls með kjarnaholunum BH-2 og BH-3.

Undir lok verksins kom fram tillaga um að nýta áður nefnt fall í tveim virkjunum, sjá tilhögun 3. Eins og sést á mynd 2 falla flestir rannsóknarþættirnir sem gerðir voru sumarið 1979 nokkuð vel að þessari hugmynd. Frárennslisskurðurinn er sá sami; göngin í gegnum Búðarháls verða á svipuðum stað en liggja dýpra.

Þá kemur könnunin á yfirborðslögum og dæluprófunin að beinum notum við mat á leka úr fyrirhuguðu lóni. Sýnatakan undir hrauninu og rannsókn þeirra sýna kemur til með að hjálpa við að meta lekt undir hrauninu. Hún hefur ennfremur aukið almennan skilning manna á jarðfræði svæðisins.

## 2.1 Markmið

Sameiginlegt markmið þeirra rannsókna sem hér verða raktar var að fá sem nákvæmasta mynd af grunnvatni á svæðinu. Sú mynd innifelur m.a. grunnvatnshæð, grunnvatnsstrauma og þverskurðarflatarmál þeirra jarðlaga sem grunnvatnið rennur um. Við Straumfræðistöð Orkustofnunar er nú unnið að gerð reiknilíkans sem lýsir grunnvatnshæð og rennsli á svæðinu. Borholurnar sem hér verður fjallað um voru gerðar beinlínis til að afla gagna til þess.

Eftir rannsóknir sumarsins 1978 var vitað að undir hrauninu í dalbotninum milli Fitjaskóga og Búðarháls væri setfyllt lægð. Set þetta ber þess merki að þar hafi staðið vatn. Ennfremur var útbreiðsla hraunsins THi í þessum dal orðin ljós. Fyrir utan dalinn er hins vegar þykkur hraunlagastafli (Björn Jónasson o.fl. 1979). Hraunið er talið mun betur vatnsleiðandi en setið og rennur grunnvatnið aðallega eftir kargalögum á mótum einstakra hraunlaga. Mikilvægt er að vita hvar mörkin milli hraunlagastafans og setsins eru þegar meta á hve mikið lekavatn getur runnið í burtu sökum þess að mestur hluti þess kemur til með að renna eftir hinum tiltölulega vel vatnsleiðandi hraunlögum. Þá er á sama hátt gagnlegt að vita hvernig þessi mörk eru, þ.e. hvort hraunið liggur beint upp að setinu eða að vel þéttur grunnbergshryggur skilur það frá.

Við upphaf rannsóknanna síðastliðið sumar voru settar fram tvær tilgátur. Önnur var sú að grunnbergið í Vaðöldu og Búðarhálsi tengdist með neðanjarðarhrygg og hann hafi hindrað hraunin í að renna inn eftir dalnum milli Fitjaskóga og Búðarháls (mynd 3). Tungnaárhraunin hefðu runnið fyrir endann á hryggnum u.þ.b. við Vaðöldu, lagst upp að Sandafelli þar og lokað fyrir rennsli "Þjórsár". Hryggurinn væri þá einnig hluti af þeirri fyrirstöðu sem olli því að hið forna stöðuvatn milli Fitjaskóga og Búðarháls myndaðist. Hin tilgátan var að Tungnaárhraunin hefðu runnið milli Búðarháls og Vaðöldu upp að Sandafelli og stíflað þannig fyrir "Þjórsá". Stöðuvatnið sem við það myndaðist hefði síðan staðið í vegi fyrir hraunrennsli út í það og inn eftir dalnum svipað og gerðist í Tungnaárkróki við Sigöldu (Elsa G. Vilmundardóttir 1978). Borholan ST-16 var sett niður gagnert til að varpa ljósi á hvor tilgátan væri líklegri.

Sökum þess hve dýrt er að bora kjarnaholur var reynt með jarðeðlisfræðilegum

mælingum að tengja milli borhola þar sem vitað var að eingöngu er hraun (ST-16) þangað sem þykkt set er undir hrauninu (ST-14). Mynd 3 sýnir hvernig afstaðan er.

## 2.2 Boranir

### 2.2.1 Almennt

Á svæðinu voru boraðar 9 loftborsholur, PH-1-9, og ein kjarnahola ST-16, (sjá mynd 4 og töflur 5 og 9). Dýpi PH-holanna er á bilinu 19,5 - 31 m, en alls voru boraðir 228,5 m. Dýri ST-16 er 57,8 m.

Tilgangurinn með loftborsholunum var fyrst og fremst að kanna grunnvatn á svæðinu, en jafnframt fengust jarðfræðilegar upplýsingar. Í öllum tilvikum var borað í gegnum efsta hraunið THi (Búrfellshraun), en vegna erfiðleika við borun í millilaginu undir því tókst aðeins í tveimur tilvikum (PH-6 og 7) að þreifa á undirliggjandi bergi, sem er líklegast Tungnaárhraunið THf oft nefnt Kvíslahraun (Elsa G. Vilmundardóttir munnl. upplýsingar).

Kjarnaholan ST-16 var boruð í því skyni að fá fyllri mynd af jarðfræði svæðisins. Þar kom í ljós að a.m.k. þrjú nútímahraun (Tungnaárhraun) eru til staðar. Er komið var í gegnum þriðja hraunið á 60 m dýpi festist kjarnarör ásamt borstöngum vegna hruns í holunni og reyndist þannig ókleyft að ganga úr skugga um hvort fjórða hraunið eða grunnberg tæki þar við. Mun dýpra er þó á grunnberg en búast mætti við ef grunnbergshryggur milli Vaðöldu og Búðarháls hefur hindrað eldri hraunin í að renna inn dalinn milli Fitjaskóga og Búðarháls.

### 2.2.2 Borholusnið og jarðlagaskipan

Borholusnið PH-holanna eru teiknuð með hliðsjón af borhraða og svarfsýnagreiningu (mynd 5). Þau eru túlkuð í tengslum við almenna þekkingu á jarðfræði svæðisins, sem byggir á kortlagningu og kjarnaborun fyrri ára. Snið kjarnaholunnar ST-16 er gert á hefðbundinn hátt (mynd 24).

Þessar holur eru tengdar eldri kjarnaholum á svæðinu (mynd 6). Sniðin sýna að nyrst á svæðinu er hraunið THi þykkast eða 24 - 26,5 m í PH 3-5 og ST-16, en þynnist er sunnar dregur (10,5 - 19,2 m). Vestast, í áttina að Búrfelli, í holum PH-8 og 9 er hraunþykktin 15 og 16 m. Hallastefna hraunsins THi er norðlæg, sbr. botn hraunsins THi og er það í samræmi við rennslisstefnu

þess. Ljóst er að jaðrar þeirra hrauna sem liggja næst undir THi (THf og THd) eru einhvers staðar á svæðinu milli TH-3 og ST-16 annars vegar og ST-17 - ST-21 hins vegar, sjá myndir 4 og 6. Hæð á neðra borði hraunsins THi á mismunandi stöðum gefur vísbendingu um hvernig landslag var þegar það rann. Hafi það runnið fram af misfellum eins og t.d. hraunjaðri og út á sléttan flöt myndi slíkt sjást. Nánar er fjallað um það í kafla 2.6 og mynd 13.

### 2.3 Viðnámsmælingar

Dagana 3.-7. júlí 1979 voru gerðar 12 viðnámsmælingar með Schlumberger-uppsetningu umhverfis Vaðöldu milli Sandafells og Búðarháls (mynd 7). Markmið mælinganna var að kanna útbreiðslu Tungnaárhrauna þarna og kortleggja dýpi á berggrunn. Sams konar mælingar voru gerðar árið 1978 fyrir norðaustan þessar, eða milli Búðarháls og Þjórsár (Björn Jónasson o.fl. 1979). Viðnámsmælingar voru túlkaðar með aðstoð tölvuforrits sem finnur bestu samsvörun við mæligögnin miðað við gefin skilyrði. Skilyrðin eru lagafjöldi og stundum tilteknar þykktir eða eðlisviðnám laga. Fyrst var leitast við að fá sem best samræmi milli viðnámsgilda sömu laga í mælingunum (t.d. svipuð botnviðnámsgildi) án þess að setja skilyrði um þykktir. Niðurstöður þeirrar túlkunar, byggðar á 2-4 tölvukeyrslum hvernar mælingar er að finna í töflu 1 ásamt kortahnitum mælimiðjanna (nákvæm hnit mælimiðja SV-3, SV-9 og SV-12 eru að vísu ekki til). Niðurstöðurnar reyndust í litlu samræmi við það sem vitað er um jarðlög á svæðinu. Vegna þess var reynt að setja fleiri skilyrði í tölvutúlkun mæligagnanna í von um betri árangur. Þessi skilyrði voru einkum að fram kæmi rétt jarðvatnshæð (en hún er þekkt á mælisvæðinu) og að hraun neðan jarðvatnsborðs hefðu svipað viðnámsgildi í öllum mælingunum. Ekki tókst þó að lesa neinar frekari upplýsingar út úr niðurstöðum tölvutúlkunar með þessum skilyrðum og eru þær því ekki birtar hér og það sem hér er neðan er sagt um niðurstöður mælinganna byggist á fyrri tölvutúlkuninni (tafla 1).

Hraunlagastaflinn sem vitað er um austan til á svæðinu (mynd 3) kemur ekki fram sem viðnámslag af réttri eða sennilegri þykkt. Ekkert verður því fullyrt með vissu um útbreiðslu og þykkt hraunanna. Í hluta mælinganna kemur þó fram auðkennilegt viðnámslag, 25 - 40 m þykkt og með eðlisviðnám 3800 - 5500  $\Omega$ m, á dýpi sem ætti að svara til efsta hluta hraunlagastaflans. Sé nú gert ráð fyrir að útbreiðsla þessa lags endurspegli þykkt hraunlagastaflans liggur jaðar hans u.þ.b. þar sem viðnámskil eru sýnd á mynd 7.

Ekki reyndist heldur unnt að ákvarða dýpi á berggrunn með viðnámsmælingum þar sem efsti hluti hans hefur sama viðnám og setið sem mun liggja ofan á honum undir hraununum. Nánar er fjallað um mæliaðferðina í Viðauka C.

Að lokum nokkur orð um viðnámsgildin í neðsta viðnámslaginu. Í fyrrnefndri skýrslu um mælingarnar frá 1978 var talið að botnviðnám milli Búðarháls og Þjórsár væri 10 - 30 Ωm og gæti það bent til einhvers jarðhita. Mælingarnar í þessari skýrslu gefa einnig þessar vísendingar.

#### 2.4 Segulmælingar

Tilgangur. Valdir voru staðir þar sem vitað var að hraunlagastaflinn var a.m.k. 50 m þykkur og rétt segulmagnaður (TH-2 og ST-16). Þaðan var segulmælt að ST-15 en þar er vitað að einungis var 30 m þykkt hraun á yfirborði en 70 m þykkt set undir (mynd 3). Þegar vitað er um segulmögnunina í hrauninu má reikna út það segulfrávik sem verður á mótum hrauns með hátt segulsvið og sets með lægra segulsvið. Mæliferillinn ætti að sýna slík frávik. Samanburður mæliferla og reikniferla gæti því sýnt hvar hraunjaðarinn liggur.

Mæling og úrvinnsla. Til verksins var notaður prótrónumælir frá Geometrics. Mældar voru 7 línur 4 - 5 km langar. Bilið milli lína var 500 m en mælt var á 20 m bili eftir hverri línu. Mæliúnurnar slitna allar um Tungnaá (mynd 8).

Við mælingu kom í ljós að veruleg óregla var í segulsviðinu. Slíkt er algengt á hraunum, sérstaklega ef þau eru brotin. Mikil hætta er á að segulfrávik sem stafa frá dýpri myndunum sjáist ekki vegna þessarar óreglu. Það þarf því að meðhöndla mæligögnin sérstaklega til að draga fram slík frávik. Sú gagnavinnsla getur verið ýmiss konar síun á mæliferlinum t.d. með því að reikna hlaupandi meðaltöl og krossfylgni við útreiknaða ferla. Við gagnavinnslu er nokkur hætta á að ýmsar upplýsingar tapist og menn leiðist afvega í túlkunum. Öll gagnavinnsla stýttir þann hluta ferilsins sem er marktækur. Því veldur það talsverðum truflunum að ferlarnir slitna um Tungnaá. Ennfremur er rétt að benda á að þegar krossfylgnin var metin var mæliferillinn borinn saman við útreiknaða ferla. Þessir útreiknuðu ferlar byggja á gefnum forsendum, en þær styðjast við tiltækar jarðfræðilegar upplýsingar sem eru langt frá því að vera tæmandi. Forsendurnar þurfa því ekki að vera réttar. Krossfylgnin stenst ekki séu þær ekki réttar, þ.e. segulfráviknið sem verið er að leita í mæliferlinum væri þá ekki fólgið í honum.



Staðsetning á hraunjaðri THi. Endanleg úrvinnsla byggðist á því að bera saman útreiknaða ferla af mótum hrauns og sets og mæliferla (krossfylgni). Þeir staðir sem sýna skástan samanburð eru sýndir á mynd 8. Nokkuð er það tilviljunarkennt hvar slíkir staðir eru. Margir þeirra eru á svæði sem sannanlega er inni á hraunlagastaflanum (þ.e. fyrir sunnan ST-16). Það að svo margir staðir á hverri línu komi til greina bendir til þess að forsendur líkansins standist ekki fullkomlega. Þá er rétt að minnst á að góður samanburður kemur fram í enda hvers mæliferils við Tungnaá. Gallinn er að ferlarnir eru allir slitnir í sundur við ána. Þannig er aðeins hægt að meta hluta af mæliferlinum við ána. Hvort hin góða samsvörun þar stafar af ánni sem slíkri, bjögunar vegna gagnavinnslu eða að þar liggi hraunjaðarinn er erfitt að dæma um. Nánar er fjallað um segulmælingar í Viðauka B.

Niðurstaða. Þrátt fyrir mikla vinnu við meðhöndlun segulmæligagna hefur enn ekki verið skorið úr um legu hraunjaðarsins THf með neinni vissu. Líkanið sem var notað virðist ekki vera nægilega trúverðug lýsing á raunveruleikanum. Það að mæliferlarnir slitna um Tungnaá getur einnig haft sitt að segja. Hið eina sem virðist hægt að segja er að mjög ólíklegt er að hraunjaðarinn liggi fyrir norðan Tungnaá á því svæði sem mælt var á.

Boranir á sumrinu 1980 munu vonandi skera úr um hvort sú túlkun sem hér birtist á mynd 8 er rétt. Meðan engin staðfesting liggur fyrir er hafður fyrirvari á þeirri túlkun.

## 2.5 Grunnvatn

### 2.5.1 Almennt

Á tímabilinu júní til nóvember 1979 fóru fram allitarlegar jarðvatnsmælingar á svæðinu. Mæld var grunnvatnshæð í flestum holum nýjum og gömlum. Þá voru grafnar gryfjur til grunnvatnsrannsókna, PH-10 til 15. Auk þess var mæld grunnvatnshæð í stöku gryfjum GR en þær voru annars gerðar til að kanna laus jarðlög (kafli 3.2). Síritandi grunnvatnsmælar voru settir í borholurnar TH-2 og ST-15. Það var gert í samvinnu við Straumfræðistöð Orkustofnunar. Síritinn í ST-15 gaf mikilvægar upplýsingar á meðan dæluþrófun stóð (kafli 3.6) en vegna flóðahattu var hann fluttur í ST-18 um miðjan nóvember. Sem stendur eru síritandi grunnvatnshæðarmælar í ST-18, TH-2 og ST-5. Síritinn í ST-5 mælir einnig hitastig.

### 2.5.2 Mæling á grunnvatnshæð

Þess hefur áður verið getið að berggrunnur á svæðinu er frá ísöld. Hann kemur fram í fjöllum og hæðum er standa upp úr jafnsléttunni. Tungnaárhraunin hafa síðar runnið og fyllt að hluta upp lægðir milli þessara eldri myndana. Mynd 9 sýnir jarðvatnshæð á svæðinu samkvæmt mælingum á rannsóknatímabilinu 1979. Hún styrkir mjög fyrri hugmyndir að aðalrennslisleið jarðvatnsins sé í Tungnaárhraununum. Eldra bergið er yfirleitt mun verr vatnsleiðandi en Tungnaárhraunin. Mynd 9 gefur til kynna að víðast sé tiltölulega lítið innstreymi úr því og inn í hraunið, þó er nokkur vísbending um slíkt innstreymi hjá ST-5. Gögn eru þó af nokkuð skornum skammti til að fullyrða um þetta. Af mynd 9 má ennfremur lesa að aðalinnstreymissvæði inn á hraunsléttuna séu tvö: Annars vegar frá Búðarhálsi og inn að Tagli og hins vegar milli Fitjaskóga og Búðarháls. Auk þess lekur efalítið eitthvað vatn niður í hraunin úr ánum. Aðalafrennsli af hraunsléttunni er síðan milli Búrfells og Sauðafells og að einhverju leyti milli Skeljafells og Stangarfjalls um Gjána.

Mynd 10 sýnir nákvæma grunnvatnshæð milli Sandafells og Búðarháls. Þar kemur fram grunnvatnsstraumur út á sléttuna í gegnum þversnið er liggur milli Fitjaskóga og Búðarháls. Grunnvatnshalli sunnan við Tungnaá í grennd við PH-4 og PH-5 er meiri en í dalnum milli Búðarháls og Fitjaskóga. Það er trúlegast vísbending um að hraunið sé þar þéttara auk þess sem gera má ráð fyrir einhverjum leka úr Tungnaá. Í nágrenni Blautukvíslar allt suður að Tungnaá er staðbundin fölsk jarðvatnslinsa. Vatn þetta rennur úr vestanverðum Búðarhálsi og Tungnaá eftir vatnsleiðandi malarlagi sem hvílir á afar leir- og siltfylltum hraunkarga (mynd 10).

Eins og áður er getið er á vegum Straumfræðistöðvar Orkustofnunar verið að vinna úr eldri mælingum á svæðinu. Þar kemur fram sem og í töflu 2 að mjög góð samsvörun er í breytingu á grunnvatnshæð á milli einstakra staða í Tungnaárhraununum frá Búrfelli upp að Langöldu. Hraunin virðast því vera tiltölulega vel vatnsleiðandi (Straumfræðistöð óbirt gögn). Síritarnir sem getið var um í 2.5 eru liður í rannsókn fyrir líkansgerðina. Þeir eiga m.a. að hjálpa til við að meta hvort verulegur grunnvatnsstraumur sé í hrauninu milli Fitjaskóga og Búðarháls. Sem stendur bendir fátt til að svo sé.

### 2.5.3 Hitamæling á grunnvatni

Jarðvatnshitamælingar í borholum eru mjög fljótvirkar og því heppilegar til að fá grófa hugmynd um jarðvatnsstrauma og kerfi. Varast ber þó að draga of víðtækar ályktanir af þeim þar sem margs konar mengun getur skemmt mælinguna. Má þar nefna ef borað er í staðbundna jarðvatnslinsu svo og breytingar á hita yfirborðsvatns t.d. leysingar og árvatn. Hætta er á að slíkt yrði túlkað sem sjálfstætt grunnvatnskerfi ef aðgát er ekki höfð. Mynd 11 sýnir að greina má allt að 4 grunnvatnsstrauma á svæðinu, þó með þeim fyrirvara er að ofan getur. Myndin er byggð á hitamælingum, sjá hitaferla mynd 12 og töflu 3.

Straumur I kemur úr SA, á milli Dyngna og Stóra-Melfells, sveigir svo fyrir Valafellið til SV í átt til Búrfells. Hiti hans er 5,5 til 5,7°C. Það er sammerkt með borholunum í þessum straumi, að hitinn er nær eins í þeim öllum, nær sama hitameðaltal og hiti breytist lítt með dýpi og tíma.

Straumur II klofnar líklegast um Langöldu og er með vestlæga stefnu. Hiti vatnsins er 4,2 - 4,6°C. Í þessum straumi eru fáar holur, en hiti vatnsins er mjög svipaður og í straumi I.

Þessir tveir straumar mynda saman meginstraum sem kemur inn milli Búðarháls og Valafells sbr. kafla 2.5.2.

Straumur III kemur úr lögðinni milli Fitjaskóga og Búðarháls. Þessi straumur í síðjökultíma- og nútímamyndun svæðisins á rætur að rekja til jarðvatns úr grunnberginu og leysingavatns frá Fitjaskógum og Búðarhálsi, einkum þeim síðarnefnda. Þá getur hann verið að hluta leki úr Þjórsá. Hiti vatnsins er 4,0 - 5,0°C. Mikil óregla er í hitaferlum hans. Það stafar af blönduðum uppruna. Hitinn í grunnberginu vex með dýpi. Holurnar næstar Þjórsá (ST-17, 18 og 19) eru óreglulegastar.

Nokkur spurning er hvort það sem kallað er straumur IV sé í rauninni sérstakur straumur sökum þess að svæðið þar sem talið er að hann hafi áhrif hefur ákaflega breytilega grunnvatnshæð og hita. Sé hann til þá á hann líklegast fyrst og fremst rætur að rekja til Sandafells og Skúmstungna. Hiti vatnsins er 2,5 - 4,0°C. Meiri breytileiki er í hita milli borhola þar en í straumi III. Jarðfræðilegar aðstæður valda sennilegast meiri og óreglulegri blöndun á grunnvatni berggrunnsins við grunnvatn hraunanna. Þá má ekki gleyma þeim

áhrifum sem breytilegur hiti í árvatninu gæti haft á hitastig grunnvatnsins. Nú sem stendur er síritandi hitamælir í ST-5. Ætlunin er að fá staðfest með honum hvort árstíðasveiflur á hitastigi eru í grunnvatninu og hvort leki úr ánni valdi því.

Samkvæmt hitamælingum sameinast straumar I og II á hraunasvæðinu milli Búðarháls og Valafells. Hluti af straumi III rennur einnig inn á þau hraun. Trúlegast sameinast það sem eftir er að straumi III og straumur IV og renna milli Sandafells og Vaðöldu.

## 2.6 Samantekt

Niðurstöður rannsókna má draga saman í eftirfarandi þætti:

- 1 THi er þykkast nyrst eða 24 - 26,5 m en þynnist er sunnar dregur. Suðvestar, nær Búrfelli, er hraunið um 15 - 16 m á þykkt.
- 2 Kjarninn úr ST -16 gefur til kynna að fremur ósennilegt sé að grunnbergshryggur milli Vaðöldu og Búðarháls hafi varnað hraununum THf og THd að renna inn dalinn milli Fitjaskóga og Búðarháls.
- 3 Kjarnaholurnar staðfesta að jaðar hraunsins THf liggur einhvers staðar á milli ST-3 og ST-16 annars vegar og ST-17 til ST-21 hins vegar. Ennfremur að jaðar hraunsins THd er fyrir norðan ST-16.
- 4 Segul- og viðnámsmælingar reyndust fremur illa til þess að finna hve langt norður eldri hraunin ná. Túlkun þeirra beggja gefur þó til kynna að hraunjaðar THf nái ekki norður fyrir Tungnaá. Botnhæð á THi (mynd 13) og grunnvatnshallinn við Tungnaá (mynd 10) gefa sams konar vísbendingu. Þessa túlkun verður þó að taka með fyrirvara uns gengið hefur verið úr skugga um réttmæti hennar með borun.
- 5 Greina má allt að 4 mismunandi grunnvatnsstrauma með hæðar- og hitamælingum á grunnvatni í borholum. Meginhluti vatnsins kemur inn á svæðið í þversniðinu milli Búðarháls og Valafells. Vatnið rennur eftir Tungnaárhraununum og hefur aðalafrennsli út á milli Sauðafells og Búrfells og að einhverju leyti milli Skeljafells og Stangarfjalls. Grunnvatnssveifla er mjög svipuð yfir allt hraunasvæðið sem bendir til þess að hraunin séu vel vatnsleiðandi. Hitamælingarnar gefa samskonar vísbendingu.

### 3 STÍFLUSVÆÐIÐ - RANNSÓKN Á JARÐTÆKNILEGUM ÞÁTTUM

---

#### 3.1 Markmið

##### 3.1.1 Fyrri hugmyndir

Ein tilhögun í tillögum ráðgjafaverkfræðinga Landsvirkjunar frá maí 1979 (AV h/f, Virkir h/f og VST h/f 1979a) um fyrirhugaða Búðarhálsvirkjun gerði ráð fyrir að stíflað yrði fyrir dalinn milli Búðarháls og Fitjaskóga (tilhögun 2 mynd 2). Þessar hugmyndir hafa nú vikið fyrir öðrum nýrri (AV h/f, Virkir h/f og VST h/f 1979b). Samt þykir rétt að gera grein fyrir þeim rannsóknum er gerðar voru þar sem fyrirhugað var að hafa stíflusvæðið, enda koma þar flestar beint eða óbeint að notum við rannsókn þeirrar tilhögunar sem nú er stefnt að. Rannsóknir fyrir 1979 höfðu leitt í ljós að tunga úr Búrfellshrauni (THi) hafði runnið inn eftir dalnum. Hraunið er 30 m þykkt í miðjum dalnum en þynnist til jaðrana. Það er sprungið og nokkuð lekt samkvæmt lektarprófunum (Björn Jónasson o.fl. 1978). Ljóst var eftir borun og sýnatöku í ST-15 að þykkt set er undir hrauninu. Efst er mest af ósamliðum fínkorna sandi um 50 m á þykkt. Þar fyrir neðan er harðara set um 20 m þykkt (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1979).

Dalurinn er grafinn af jökli og hefur að hluta til fyllst af seti. Hraunið THi hefur síðan runnið yfir. Gervigígar í hrauninu benda til þess að þar hafi verið votlent.

##### 3.1.2. Tilgangur rannsókna

Gert er ráð fyrir 50 m hárrí stíflu í frumáætlun verkfræðiráðgjafa í maí 1979. Hækkun á vatnsborði við stífluna yrði um 45 m frá núverandi stöðu. Helstu spurningar sem þarf að fá svar við vegna endanlegrar hönnunar stíflunnar eru:

- Þolir setið þetta viðbótarálag, hvað verður mikið missig undir stíflunni og
- er hætta á verulegum leka undir stífluna, jafnvel flóðlekt?

Rannsóknir hafa beinst að því að finna svör við þessum spurningum og hvar fyrirbyggjandi aðgerða væri þörf. Hver rannsóknarþáttur er liður í þeirri viðleitni og verður hér stuttlega gerð grein fyrir markmiði hvers og eins.

Tilgangur rannsókna var að afla frumgagna fyrir útreikninga á lekt og

sigi en ekki að framkvæma þá reikninga.

Hætta á missigi. Til að meta þá hættu var aflað upplýsinga um þykkt og gerð hraunsins og setsins undir. Þykkt og gerð hraunsins var könnuð með kjarna-borun og hljóðhraðamælingum. Við könnun setsins var reynt að ná sýnunum sem mest óhreyfðum og mældur poruhluti, rúmþyngd (þurr og vot) o.fl. Meginmarkmiðið með sýnatöku var þó að afla upplýsinga til að hægt yrði að meta hegðun setsins undir álagi, þ.e. sig, skerspennuþætti, lekt og annað er varðar hönnun mannvirkisins. Sýnin eru nú í höndum Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen og mun hún væntanlega gera grein fyrir þeim sérstaklega.

Lekahætta. Leki undir stífluna ræðst af samverkandi áhrifum lóðréttrar lektar í yfirborðslögum og lóðréttrar og láréttrar lektar í hrauninu THi. Til að meta hvort þörf væri þéttinga í hrauninu voru gerðar umfangsmiklar dæluprófanir í borholum. Ennfremur var lekt yfirborðslaga könnuð með lektarprófunum og gryfjum víðs vegar á fyrirhuguðu lónsvæði og utan. Samkvæmt reynslu geta gervigígar, hraunjaðrar og lóðsprungur orðið opnar lekaleiðir eftir að hafa farið undir vatn (Pálmi Jóhannesson o.fl. 1978). Hljóðspeglunarmælingar voru því notaðar í leit að veikleikasvæðum, sem síðar yrðu könnuð nánar með borunum eða öðrum beinum mælingum.

### 3.2 Laus jarðlög

Til að fá vitneskju um gerð lausra jarðlaga á svæðinu voru grafnar 38 gryfjur (GR 1-23 og GR 30-44). Þær eru flestar í grennd við fyrirhugað stíflustæði milli Fitjaskóga og Búðarháls en ná þó allt suður að Tungnaá (mynd 14 og tafla 4). Dýpi þeirra er yfirleitt 1-4 m. Þá voru grafnar 11 gryfjur sem voru ætlaðar til grunnvatnsmælinga (PH-10A til 18). Dýpi þeirra var 2-6 m (tafla 5). Lýsingar voru gerðar af öllum gryfjum og sýni víða tekin (mynd 15). Myndir 16 og 17 eru þversnið sem tengja saman gryfjurnar. Þær sýna að frekar þunnt laust yfirborðslag 0,5-3 m liggur ofan á tiltölulega sléttum hraunkarga. Hraunkarginn er yfirleitt 0,5-5 m þykkur og fylltur af silti og leir. Gervigígar eru á svæðinu og kemur einn slíkur greinilega fram í þversniði II (GR-7 á mynd 16).

Lausu jarðlögin sem hvíla ofan á hraunkarganum eru að mestum hluta árframburður, þó er einnig nokkuð um fokjaróveg. Framburðurinn hefur breytilega kornastærð, frá leir og upp í grófa ármöl. Fína efnið (leir og siltur) er aðallega að finna nærri Þjórsá (sjá þversnið II, III, V, VII á myndum 16 og 17). Þetta

fína efni liggur beint ofan á hraunkarganum. Það hefur þó litla útbreiðslu. Grófara efni hefur síðan lagst þar ofan á, en víðast beint á hraunkargann.

Grófasta efnið, næst Þjórsá og við fyrirhugað stíflustæði, er sandur. Hann verður malarkenndari er nær dregur Búðarhálsi (snið I og II, mynd 16). Hlutur grófara efnis verður meiri er sunnar dregur, við Blautukvísl og Tungnaá (snið III, IV, V og neðri hluta VII, myndir 16 og 17). Ýmist skiptast þar á þunn sand- og malarlög eða að efnið er meira samblandað. Stærð þessa svæðis er 1,0 til 1,5 km<sup>2</sup> og þykktin er 1 - 2 m.

Ofan á öllu svæðinu liggur svo víðast þunnt lag (10 - 50 cm) af siltríkum foksandi aðallega af áraurum Þjórsár ofan fyrirhugaðs stíflustæðis.

Niðri á Sultartanga er hlutur foksands mestur eins og kemur fram í sniðum PH-15A, PH-17 og PH-18 (mynd 15).

### 3.3 Hljóðhraðamælingar

#### 3.3.1 Inngangur

Sumarið 1979 voru framkvæmdar hljóðspeglunarmælingar á línunum R, S og T (mynd 18). Er þar um að ræða beint framhald á þeim mælingum sem framkvæmdar voru sumarið 1978 (Björn Jónasson o.fl. 1979).

Markmiðið með hljóðspeglunarmælingunum var að finna þykkt hraunsins THi og tengja þannig á milli borhola á fremur ódýran hátt. Ennfremur er reynt að meta mælingarnar í tengslum við eldri hljóðbrotsmælingar til að finna veikleikasvæði í hrauninu, t.d. hvar gervigígasvæði gætu verið. Eldri mælingarnar voru endurtúlkaðar í ljósi breyttra aðferða (sjá neðar).

Þá var þykkt á lausum jarðlögum við fyrirhugað yfirfall í Búðarhálsi og stífluenda við Fitjaskóga könnuð með hljóðbrotsmælingum.

#### 3.3.2 Hljóðspeglunarmælingar

Úrvinnsla við fyrri mælingar hefur verið rakin í skýrslu Orkustofnunar frá 1979 (Björn Jónasson o.fl. 1979). Aðferðum við úrvinnslu var hins vegar breytt nokkuð frá því sem tíðkast hefur. Þar sem borholur sýndu nokkur frávik á þykkt hraunsins miðað við það sem hljóðspeglunarmælingarnar gáfu

til kynna, var gripið til einfaldra leiðréttinga til að stilla niðurstöður mælinganna af. Fyrst og fremst var leiðrétt fyrir mismunandi þykkt og hljóðhraða í yfirborðslagi. Hljóðbrotsmælingarnar frá árunum 1977 og 1978 (OS-ROD-7819 og OS79008/ROD05) voru lagðar til grundvallar þeirri leiðréttingu. Túlkun mælinganna hefur nú stuðning af þeim borunum sem voru gerðar síðastliðið sumar (kafli 3.4). Aðferðum við úrvinnslu er lýst í sérstakri greinargerð (Halína Bogadóttir & Davíð Egilson 1980).

Hinar nýju túlkunaraðferðir hafa breytt nokkuð fyrri hugmyndum um þykkt hraunsins. Hefur tímaleiðréttingin þar mest að segja.

Útreiknað dýpi á lagamót hraun - set er sýnt á mynd 18 og í töflu 6. Þar kemur berlega í ljós að hraunið þynnist inn eftir dalnum og til hliðanna. Á nokkrum stöðum orkaði tvímælis hvernig átti að túlka mælingarnar. Þar eru fleiri en ein lausn sýnd.

### 3.3.3 Hljóðhraði í THi

Nokkur áhugi var að kanna hvort mældur hljóðhraði gæti gefið einhverja vísbendingu hvar veikleikasvæði væru í hrauninu. Það er mjög sennilegt að gjallríkir blettir og gervígígasvæði hafi lægri hljóðhraða en þétt hraun.

Bylgjan í hljóðspeglunar- og hljóðbrotsmælingum berst á mismunandi hátt um jarðlögin (sjá Viðauki A). Því þótti rétt að draga saman upplýsingar um báðar mæliaðferðirnar. Fyrri hljóðbrotsmælingar voru endurtúlkaðar eftir aðferð mismunálínurita (Halína Bogadóttir & Davíð Egilson, 1980). Þar kemur fram að ekki eru sjáanleg nein lághraðasvæði, þar sem stíflugarðar fyrirhugaðrar Búðarhálsvirkjunar eiga að vera nema á jöðrum Búrfellshrauns (THi).

Mynd 19 sýnir hins vegar jafnhraðalínur byggðar á hljóðspeglunarmælingum. Ástæða er til að bora í og kanna þau svæði nánar sem hafa lægstan hljóðhraða. Þar gætu verið einhvers konar veikleikasvæði.

### 3.3.4 Yfirfallið

Við fyrirhugað yfirfall í tilhögun 2 (mynd 2) voru gerðar 16 hljóðbrotsmælingar. Mynd 20 sýnir staðsetningu mælinganna. Það er nokkrum erfiðleikum háð að túlka 5 mælinganna enda eru aðstæður ekki hinar ákjósanlegustu. Breytilegur hljóðhraði á lausum yfirborðslögum og misþykkur "jökulruðningur" valda óvissu



í túlkun. Þær mælingar sem áhöld eru um hvort sýna eitt eða tvö hljóðhraðalög eru merktar sérstaklega. Dýpi á grunnberg gæti verið þar meira en túlkunin segir til um.

Borholan BH-1 er á milli hljóðhraðamælinganna BH-10 og JBH-12. Samsvörun milli hljóðhraðamælinganna og lagskiptingarinnar eins og hún sést í holunni er ekki góð (mynd 20). Sennilegast skýringin er sú að jökulruðningurinn/jökulbergið sé það þétt að hljóðhraðamunur milli þess og grunnbergsins sé of lítill til að greinast í mælingunni. Hin reiknuðu hljóðhraðaskil sýndu þá hvar jökulbergið væri orðið mjög þétt og hefði háan hljóðhraða. Það sama er líklegast víðar uppi á teningnum.

Eftirfarandi kemur fram við úrvinnslu mælinganna (mynd 20 og tafla 7):

- 1 Ýmist tvö eða þrjú hljóðhraðalög koma fram í mælingunum. Lághraðalagið 0,3 - 1,0 km/s túlkast sem laust yfirborðslag. Millihraðinn (1,0 - 1,8 km/s) er svipaður og gildir almennt um jökulruðning. Háhraðalagið er 2,8 - 4,0 km/s.
- 2 Lagskipting hljóðhraðalaganna þarf ekki að endurspeglar jarðlagaskipan. Háhraðalagið getur verið annað hvort þétt jökulberg eða grunnberg.
- 3 Mælingarnar gefa vísbendingu að bergið sé yfirleitt hart og geti þolað vel þá fergingu sem stíflan veldur.

### 3.3.5 Stífluendinn við Fitjaskóga

Hljóðbrotsmælingum var beitt til að kanna dýpi á fast þar sem tilhögun 2 (mynd 2) gerir ráð fyrir að stífluendinn tengist í hlíðina við Fitjaskóga. Alls voru mæld 17 snið. Mynd 21 sýnir afstöðu mælinganna. Þrjár þeirra, SH-14, SH-16 og SH-17, eru nokkuð erfiðar í túlkun og skal varast að byggja of mikið á þeim.

Eftirfarandi kemur fram í úrvinnslu mælinganna (tafla 8 og mynd 21):

- 1 Mælingarnar sýna nær undantekningarlaust tvær gerðir af hljóðhraðalögum: Yfirborðslög með lágan hljóðhraða og berggrunn eða jökulberg með háan hljóðhraða.
- 2 Þykkt lausra yfirborðslaga er yfirleitt á bilinu 0 - 5 m og 1 - 3 m á fyrirhuguðu stíflustæði.
- 3 Hraðinn í háhraðalaginu er 3,0 - 3,9 km/s með þremur undantekningum. Samkvæmt reynslu er berg með svo háan hraða yfirleitt vel hart.
- 4 Samanburður á mæliniðurstöðum og gögnum úr borholu BH-1 sýnir að ekki

er hægt að greina hvort háhraðalagið er grunnberg eða jökulberg. Borhola, staðsett í Fitjaskógum, verður að skera þar úr. Engir augljósir vankantar sjást sem gætu valdið erfiðleikum í byggingu mannvirkisins.

### 3.4 Borun

#### 3.4.1 Almennt

Borun á fyrirhuguðu stíflusvæði Búðarhálsvirkjunar hófst fyrri hluta ágúst og lauk um miðjan nóvember. Boraðar voru sex holur á stíflustæðinu (ST-17, 18, 19, 20A, 20B og 21) eða alls 397,6 m (mynd 4). Þess utan var boruð ein 31 m djúp kjarnahola (BH-1) á fyrirhuguðu yfirfalli í Búðarhálsi (mynd 4). Töflur 9 og 10 sýna hnit, hæðir og dýpi holanna. Holur ST-17, 19, 20A og 20B voru fóðraðar með 1" og 2" rörum til að varðveita þær til grunnvatns-mælinga.

Af heildarfjölda bormetra á stíflustæðinu voru 20% boraðar með lofthamri (downhole drill), 45% með demantskrónu eða sýnataka og 35% með hjólakrónu. Þessar holur voru boraðar í gegnum hraunið THi og eru á línu sem liggur þvert yfir hrauntunguna THi (mynd 4).

Tilgangur svo ítarlegrar borunar var að kanna jarðlög á undirstöðu fyrirhugaðrar stíflu sem nákvæmast. Megináhersla var að sjálfsögðu lögð á efstu jarðlögin þ.e. hraunið THi og setið undir. Við dæluþrófanirnar (kaflí 3.6) var notast við þessar sömu holur.

#### 3.4.2 Framkvæmd borunar og greining

Eins og áður er getið var ýmsum aðferðum beitt við borun á stíflustæðinu: Kjarnaborun í bergi og sýnatöku úr lausum jarðmyndunum, hjólakrónuborun og loftborun. Þar sem notuð var kjarnaborun og sýnataka er greining bergs og lausra jarðmyndana auðveld og ótvíræð. Sömu sögu má segja um loftborun vegna þess að hún fór eingöngu fram í hrauninu THi og út frá borhraða er augljóst hvenær farið er í gegnum það. Enga grein er þó hægt að gera fyrir innri gerð hraunsins eins og sprungum og þéttleika hraunsins þegar loftborun er beitt. Við loftborun og hjólakrónuborun voru tekin svarfsýni og þau greind á rannsóknarstofu ROD.

Samfelldur kjarni var tekinn úr ST-17 niður að 106 m dýpi frá holutoppi.

Neðsti hluti hans reyndist vera sæmilega samlímt set frá síðjökultíma. Þar fyrir neðan var borað með hjólakrónu og svarfsýni tekin. Engin áberandi skil komu fram í borhraða þegar farið var úr setinu niður í grunnbergið. Borhraðinn í efsta hluta grunnbergsins var hár eða um 0,5 m/mín. Skilin milli sets og grunnbergs varð því að greina út frá svarfsýnunum. Þau reyndust vera á 106 - 110 m dýpi eða rétt neðan við þar sem kjarnaborun hætti. Grunnbergið sem við tekur er súrt ummyndað berg (Elsa G. Vilmundardóttir munnl. uppl.).

Borhraðinn minnkaði smám saman þegar neðar dró, allt niður í 0,25 - 0,17 m/mín. Sá hraði er þó mun meiri en er í síðjökultíma mynduninni í ST-15 (Björn Jónasson o.fl. 1979) og ST-19. Borhraðinn þar reyndist vera 0,17 - 0,07 m/mín. Talið er að grunnbergið þar sé basalt og andesít. Afköst hjólakrónunnar í grunnberginu í holu ST-17 voru mjög mikil. Tók borun neðstu 94 metra aðeins 2 1/2 dag.

### 3.4.3 Borholu- og jarðlagasnið

Á borholusniðum (sjá myndir 22 - 24) er gerð nákvæm kjarnagreining og þar koma fram ýmsar aðrar upplýsingar eins og jarðvatnsdýpi, kjarnaheimta, RQD (Rock Quality Designation), hæð jarðlagaskila, lektarprófanir o.s.frv. Jarðlagagreiningin er dregin saman í einfaldað jarðlagasnið (mynd 25). Það berg sem borað var í gegnum skiptist þannig niður á eftirtaldar jarðlagamyndanir:

Laust yfirborðslag %	Hraun THi %	Laust set %	Hart set %	Grunnberg %
2,6	36,4	14,7	21,6	24,8

Laust yfirborðslag, 0 - 3 m að þykkt, þekur hraunkargann, sjá nánar kafla 3.2. Skilin milli yfirborðslags og setsins þar sem hrauni sleppir við hlíðar Búðarháls eru óljós (sjá mynd 2.5).

Hraunið THi er nokkuð vel þekkt hvað varðar innri gerð, þykkt og útbreiðslu að undanskilinni nákvæmri staðsetningu hraunjaðarsins, sem einkum var

ákvarðaður með segulmælingum 1977 og 1978 (sjá Björn Jónasson o.fl. 1979).

Hraunið er mjög jafnþykkt eða á bilinu 28,4 - 29,7 m nema í jaðarholunum ST-20A og B, Búðarhálsmegin, þar sem þykktin er 13,5 og 14,8 m. Efst er kargi, afar silt- og leirfylltur, á bilinu 2 - 4 m. Þetta á örugglega ekki við á öllu stíflustæðinu, því víða eru gervigígar á svæðinu og nær kargi og gjall í þeim tilvikum dýpra niður í hraunið, sjá mynd 16 og kafla 3.2. Þá tekur við afar blöðrótt og skápótt hraun, sem verður smám saman þéttara er neðar dregur og lang þéttast og heillegast rétt áður en botnkarginn tekur við. Hraunið er mjög sprungið, þ.e. í því eru stuðlasprungur og óreglulegur sprungustrúktúr (mikroprungur), en við borun brotnar kjarninn um þær síðarnefndu (kurlast). Kjarninn er því yfirleitt ekki sterkur, RQD innan við 50 nema þá allra neðst, í þéttasta hluta hraunsins. Ljóst er út frá gervigígum á svæðinu, setinu undir og aragónítmyndun í því (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1979) að hraunið hefur runnið yfir votlendi. Það hefur orsakað aukna sprungumyndun í hrauninu vegna hraðs samdráttar hraunsins af völdum vatnsins, (sjá t.d. RQD í borholusniðinu ST-16 og 19 á mynd 24). Neðan yfirborðskargans eru allar sprungur og holrúm laus við leir- og siltfyllingar, nema hvað vottur er af hvítri skán, líklegast kalk, er á stöku stað. Sama er að segja um botnkargann. Hann nær allt að 2,6 m þykkt við suðurjaðar hraunsins Búðarhálsmegin og er þar mjög gjallkenndur. Um miðbik hrauntungunnar og að norðurjaðri hennar nær botnkarginn mest 1,2 m þykkt.

Lausa setið, sem meginhluti hraunsins hvílir á, er aðallega sandur. Hann hefur að mestu sest til í vatni (kafla 3.5). Í borholu ST-19 voru tekin sýni með sýnataka úr efstu 13 - 14 m setsins. Þá var aðeins þreifað á setinu í ST-21 og farið í gegnum það í ST-20A og B. Þar reyndist aðallega vera gjóska, sem hefur líklegast ekki fallið í vatn. Milli hrauns og hlíðar Búðarhálsmegin, er ekki ljóst hvort setfyllingin er laus eða hörð, þ.e. hvort hún tilheyrir nútímamyndun eða sé frá síðjökultíma.

Á 41 m dýpi í borholunni ST-19 er um 3 m þykkt, þétt "hvarfleirslag" (sjá kafla 3.5.3) sem virðist hafa samfellda útbreiðslu. Til þess að reyna að ganga úr skugga um það var holan fóðruð með heilu 2" vatnsröri, sem nær niður í sandinn undir "hvarfleirslaginu". Síðan var steyppt utan með rörinu í og upp fyrir "hvarfleirinn" þannig að grunnvatn neðan við "hvarfleirinn" hefur aðeins aðgang upp í rörið. Grunnvatnsborðið reynist vera 3 m lægra en í grunnvatnskerfinu ofan "hvarfleirslagsins", sem styður að "hvarfleirs-

lagið" sé þétt, samfelld og hafi umtalsverða útbreiðslu og skilji þannig milli tveggja grunnvatnskerfa. Hér er því líklegast að leita skýringar á því að grunnvatnsborð mældist lægra í borholunni ST-15 eftir að borun hennar lauk haustið 1978, en í ST-14 sem er u.þ.b. 0,5 km utar í dalnum. Þegar þessar mælingar voru gerðar í ST-15 árið 1978 var holan fóðruð niður á um 80 m dýpi og hefur neðra kerfið því ráðið þessari afbrigðilegu niðurstöðu sem olli töluverðum heilabrotum, sjá OS79008/RODO5.

Hart set, líklegast frá síðjökultíma, kemur fram undir hrauninu í borholunni ST-17. Þykkt þess er a.m.k. 77 m og það samanstendur af siltsteins-, sandsteins- og völubergslögum, sem oft líkjast jökulbergi að gerð. Hart set, völuberg, a.m.k. 6 m þykkt, er ofan á grunnberginu í borholu ST-19. Sams konar jarðmyndun er einnig til staðar í borholunni ST-15 og er þar um 20 m þykk (Björn Jónasson o.fl. 1979). Í hlíðum Fitjaskóga og Búðarháls er líklegast um sams konar myndun að ræða (sjá borholu BH-1).

Í grunnberg ná borholurnar ST-17, 19 og 20A-B. Borholan BH-1 er að undanskildum efstu 7,2 metrunum í grunnbergi. Út frá svarfsýnagreiningu í ST-17 er allt grunnberg þar líparítmyndun (Elsa G. Vilmundardóttir munnlegar upplýsingar) sem á líklegast ratur að rekja til megineldstöðvarinnar í Þjórsárdal. Þetta berg er trúlegast eldra en Þröngubása móbergið og því talið eldra en 1,6 milljón ár. Holur ST-19 og 20A+B enda allar í þóleiítbasalti, sem liggur ofar í staflanum og yngra en líparítið (mynd 25). Í borholunni BH-1 (mynd 49) tekur grunnbergið við neðan 7,2 m setlags frá síðjökultíma. Þar koma í ljós tvö basaltlög aðskilin af 2,5 m setbergslagi. Bergið er þétt og heillegt og lekt þess hverfandi.

#### 3.4.4 Jarðlagaskipan og jarðsaga

Skipta má jarðlögum á svæðinu í tvo meginflokka (mynd 3). Annars vegar í grunnbergsmýndun og hins vegar í síðjökultíma- og nútímamyndun. Milli þessara myndana er mislægi. Grunnbergsmýndunin hlóðst upp á tímabilinu fyrir u.þ.b. 2,0-0,8 milljónum ára, en síðarnefnda myndunin á síðustu 15.000 árum. Mislægið milli þessara myndana á fyrst og fremst ratur að rekja til jökulrofs. Ekki má draga þá ályktun að samfelld upphleðsla hafi átt sér stað í grunnbergsmýnduninni og hún sé þar af leiðandi regluleg að uppbyggingu. Á nálægum svæðum eru mörg dæmi þekkt um mislægi í myndunum frá þessum tíma.

Á fyrirhuguðu stíflustæði milli Búðarháls og Fitjaskóga er um 100 m þykk

dalfylling, síðjökultíma- og nútímamyndun sem hvílir á grunnbergsmýndun, sjá mynd 25.

Grunnbergsmýndunin er aðallega byggð upp af basaltlögum. Á milli basaltlaganna eru víða setbergslög. Samkvæmt borunum eru setlöginn þunn, en ná þó 7,2 m þykkt. Rúmlega 100 m (180 m y.s.) undir dalbotninum Fitjaskógsmegin fannst líparít sem ef til vill á rætur að rekja til megineldstöðvarinnar í Þjórsárdal. Líparít a.m.k. 100 m þykkt er einnig að finna töluvert ofar í jarðlagastaflanum, sbr. Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1973. Það er afar áberandi í hliðum Fitjaskóga en finnst í rótum Búðarhálsins. Líklegast fleygast það inn í hálsinn.

Síðjökultímamyndunin er samsett úr siltsteins-, sandsteins- og völubergslögum sem oft líkjast jökulbergi að gerð. Sennilegast er þetta einhvers konar ár- eða lónset. Til þess bendir afar áberandi lagskipting í ST-17 (skálagáð) og reyndar einnig í BH-1. Líklegast er að í lok síðasta jökulskeiðs hafi jökull lokað fyrir dalsmynnið milli Búðarháls og Sandfells og jökultunga væntanlega kelft fram í lón milli Búðarháls og Fitjaskóga. Endurtekning siltsteins-, sandsteins- og völubergslaganna væri hægt að skýra með hopun og framskriði jökultungunnar. Hver vatnsstaða þessa lóns hefur verið er lítið hægt að fullyrða um enda líklegast breytileg. Hugsanleg hæstu ummerki slíks lóns gætu verið í allt að 400 m y.s., (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson, 1972). Samfara því að ísa leysti að mestu af landinu fyrir u.þ.b. 10.000 árum hefur þessi setfylling rofist vegna vatnagangs og út frá hjöllum í mismunandi hæð Fitjaskóga- og Búðarhálsmeigin má ráða að slíkt hefur átt sér stað í þrepum.

Nútímamyndunin er samsett af um 50 m þykku lausu seti sem einkum er sandur og hins vegar allt að 30 m þykku hrauni. Hraun þetta er runnið fyrir u.þ.b. 3.000 árum og er eitt af svonefndum Tungnaárhraunum, THi. Hraunið er þakið þunnu (1 - 2 m) lausu yfirborðslagi.

Þegar síðjökultímamyndunin hafði náð ákveðnum rofmörkum hófst upphleðsla á nýjan leik. Þannig er mismunandi milli síðjökultíma- og nútímamyndanna. Líklegast er að hraunaupphleðsla annars vegar milli Búðarháls-, Sandafells og hins vegar Valafells hafi skapað skilyrðin fyrir uppbyggingu setsins. Hraunin hækkuðu landið á svæðinu fyrir sunnan (neðan) og setið hlóðst jafnframt upp að ákveðnu marki á stíflusvæðinu og þannig koll af kolli en til þess bendir uppbygging setsins (sjá skýrslu Orkustofnunar OS79025/ROD05).

Eins og fyrr segir rann hraunið THi inn eftir dalnum fyrir u.þ.b. 3.000 árum og stöðvaði þar með þessa samfelldu upphleðslu lausa setsins sjá mynd 3, sem þá var orðið allt að 52 m þykkt. Líklegasta skýringin á því að hraun nær ekki að renna fyrir inn í dalinn milli Búðarháls og Fitjaskóga er sú að hraunupphleðslan á suðursvæðinu hefur ekki verið búin að hækka landið nægjanlega mikið. Þannig hafa öll eldri hraunin runnið til suðvesturs milli Sandafells og Valafells, sem er "meginfarvegur" Tungnaárhraunanna á þeim slóðum. Enn er þó ekki kleift að segja með neinni vissu hver eftirtalinna atriða hindruðu eldri hraun en THi í að renna inn eftir dalnum milli Fitjaskóga og Búðarháls:

- 1 Landslag (hér er aðeins átt við hæðarmun, þ.e. auðveldara hefur verið fyrir hraunin að renna til suðvesturs milli Sanda- og Valafells í áttina að Búrfelli).
- 2 Lón (vatnskæling stöðvar hraunrennslið), og setmyndun samfara því.
- 3 Grunnbergshryggur milli Vaðöldu og Búðarháls sem varnar því að hraun komist inn í dalinn.

### 3.5 Könnun á lausum jarðmyndunum, undir THi

#### 3.5.1 Almennt

Eitt helsta jarðtæknilega vandamálið sem búast má við vegna byggingar hárrar stíflu eins og tilhögun 2 gerir ráð fyrir (mynd 2) er sig. Á byggingarstigi stíflunnar má ætla að nokkuð sig verði vegna samþjöppunar sandsins, er hann leitar spennujafnvægis við aukið álag. Álagið byggir upp þórúprýsting í sandinum þegar "total" spennurnar vaxa. Þórufirþrýstingurinn jafnast þó fljótt vegna mikillar lektar sandsins, sem þjappast saman við hærri virkar spennur. Þess vegna er líklegt að sigtími verði fremur skammur og verði nokkuð samhliða stíflubyggingunni og sig í sandinum óverulegt að henni lokinni. Reikna má með að langtímasig verði fremur lítið en það þarf að kanna nánar. Líklegt er að sigið verði öllu mest fyrir miðri stíflunni, og styðja það m.a. boranir á stíflustæðinu (mynd 25). Þannig gæti orðið talsvert mismunasig í stíflunni.

Af öðrum jarðtæknilegum vandamálum má minna á næmni mettaðs fínsands fyrir floti, sem kann að verða vegna jarðskjálfta. Almennt má ætla að eftir samþjöppun sandsins í lok byggingar stíflunnar myndi flothættan minnka, þar sem samþjöppunin ætti að auka skerstyrk sandsins. Rannsókn á sandinum er

þó það skammt á veg komin að um þetta verður ekki fullyrt að sinni og benda prófanir á sandi úr ST-15 til þess að slík aukning í skerstyrk verði hverfandi þar sem "dílatansinn" virðist hverfa við mjög háar spennur. Samþjöppunin og hugsanleg aukning í skerstyrk minnkar hins vegar líkur á skriði í sandinum og minnkar lekt hans.

Lekt sandsins verður þó alltaf talsverð og má áætla hana í grófum dráttum út frá líkingu Hazens, sem byggir á sambandi kornastærðar ( $d_{10}$ ) eða holrýmdar og lektar:

$$k = 100 (d_{10})^2 \text{ sm/s}$$

Samkvæmt þessu er lekt fíns sands með 10% mélu ( $d_{10} = 0,06 \text{ mm}$ )

$k \approx 4 \times 10^{-3} \text{ sm/s}$  og lekt grófs sands með  $d_{10} = 0,2 \text{ mm}$ ,

$k \approx 4 \times 10^{-2} \text{ sm/s}$ .

Þessi áætluðu gildi gætu átt við sandinn niður að "hvarfleurinum" á um 42 m dýpi. "Hvarfleurinn" sem að mestu er méla, kom fram í ST-15 og ST-19 og má álíta hann myndi allsamfellt þétt lag á stóru svæði.

### 3.5.2 Markmið

Tilgangur með rannsóknunum á lausu jarðmyndunum var að kanna gerð og efniseiginleika þeirra með tilliti til áhrifa stíflugerðarinnar á þau. Rannsóknunum er skipt í tvennt. Annars vegar er sýnataka, greining sýna og athugun á nokkrum efniseiginleikum þeirra. Þeim þáttum eru gerð skil í þessari skýrslu. Hins vegar eru rannsóknir á sandinum þar sem kannaðir eru m.a. sigeiginleikar, skerspennuþættir, lekt og aðrir jarðtæknilegir þættir sem taka þarf tillit til við hönnun stíflunnar. Þessir þættir rannsóknanna eru ekki unnir af Orkustofnun og verða þeim ekki gerð skil hér.

Á grundvelli fenginnar reynslu við borun ST-15 haustið 1978 var staðið nokkuð öðru vísi að sýnatöku og meðferð sýna nú. Sýnatakinn var bættur og sett upp aðstaða til mælinga á helstu efniseiginleikum sýna á svæðinu. Upphaflega var áætlað að tekin yrðu sýni úr þremur borholum til ýtarlegri könnunar á gerð lausra jarðmyndana undir hrauninu (THi) en af ýmsum ástæðum varð ekki veruleg sýnataka nema úr einni holu, ST-19. Vegna þessa gafst ekki tækifæri til að framkvæma allar þær prófanir sem til stóð að gera jafnhliða sýnatökunni. Í þessu sambandi ber helst að geta jarðeðlisfræðilegra



mælinga sem vinna átti í samráði við Jarðhitadeild Orkustofnunar. Hér er um að ræða gamma - gamma og neutron - neutron mælingar sem gefa afstæð gildi fyrir rúmpýngð og holrýmð. Samhliða átti að gera próf á stöðluðum sýnum sem breyttu afstæðu gildunum í raungildi. Einnig stóð til að gera svo kallað "standard penetration" próf sem gefur samband á milli viðnáms efnisins gegn niðurrekstri sýnataka og afstæðrar rúmpýngdar ("relative density") og hugmyndir um viðnámshorn þess. Í þriðja lagi stóð til að kanna betur flæði sandsins inn í holuna en bæði í ST - 15 og ST - 19 "kom holan upp" um nokkra metra þegar farið var í gegnum sandinn á 30 - 40 m dýpi.

### 3.5.3 Sýnataka

Einn viðkvæmasti þáttur rannsóknanna er sjálf sýnatakan en hún byggist að verulegu leyti á gæðum sýnatakans og almennt á eftirfarandi þáttum:

- 1 Aðferðinni sem notuð er við að koma sýnataka niður.
- 2 Röskun jarðvegsins með sýnatakanum.
- 3 Viðnámi við innri vegg sýnataka.
- 4 Missi hliðarþrýstings á sýnið.
- 5 Missi óraskaðs þórurþrýstings ("in situ").
- 6 Sogkrafti sem myndast við upptöku sýnis.
- 7 Meðhöndlun sýnis frá sýnatöku þar til það er prófað.

Í mettuðum einkorna sandi skiptir aðferðin við að koma sýnatakanum niður meginmáli. Sandurinn er mjög viðkvæmur fyrir síbreytilegu álagi eins og verður þegar sýnatakinn er rekinn niður. Til þess að halda þessum áhrifum í lágmarki voru notuð mjög þung högg og því færri en ella þyrfti. Nú er í athugun hvernig best sé að tjakka sýnatakann niður og þannig útiloka áhrif síbreytilega álagsins.

Taka verður tillit til röskunar setsins við alla sýnatöku. Sýnatakinn ýtir setinu til hliðar og upp á við. Til þess að meta röskunina er oft stuðst við hlutfallið  $A_r$ :

$$A_r = \frac{D_o^2 - D_s^2}{D_o^2} \cdot 100\%$$

þar sem

$D_o$  = ytra þvermál sýnataka

$D_s$  = þvermál sýnis

Fyrir sýnataka Orkustofnunar sem notaður var við sýnatöku úr ST-19 er  $A_r = 58\%$ . Fyrir 2" klofin spón ("split spoon") er  $A_r = 71\%$ . Þessi gildi eru bæði nokkuð há en almennt er talið að fyrsta flokks sýni fáist ef  $A_r \sim 15\%$ . Orkustofnun á sýnataka þar sem  $A_r \approx 15\%$  og má eflaust nota hann með tjakki í fínkorna sandi og mélu.

Ekki verður komist hjá viðnámi við innveggi sýnatakans en það má minnka með því að hafa skóinn aðeins þrengri en kjarnarörið en þar með aukast breytingar hliðarspenna. Þess verður þó að gæta að sýnið þenjst ekki út er það kemur í rörið. Skórinn á sýnataka Orkustofnunar er 53 mm að innanmáli eða 1 mm þrengri en kjarnarörið.

Missir hliðarþrýstings og þórþrýstings við sýnatökuna eru alvarlegustu vandamálin sem við er að glíma. Þetta gerir það að verkum að spennuástandið í jörðinni endurspeglast ekki í sýninu. Engin viðunandi lausn er tiltæk til þess að draga úr áhrifum þessa skekkjuvalds.

Þegar sýnatakinn er dreginn upp myndast sog undir honum svo sýnið vill dragast niður úr kjarnarörinu og holan fellur einatt saman. Kjarnarýrnun af þessum sökum hefur aldrei verið umtalsverð en hrunið skapar talsvert umstang samfara hreinsun holunnar auk þess sem það raskar jarðlögum umhverfis hana.

Strax og sýnin koma upp úr holunni voru þau tekin til rannsóknar á borstað. Þetta útilokar að mestu breytingar sem á þeim kynnu að verða vegna geymslu og flutnings. Rúmþyngd, rakastig og poruhlutfall eru þeir efniseiginleikar sem ákvarðaðir voru. Það verður því að álíta að ástand sýnanna, eins og þau voru þegar þau komu upp, sé allvel þekkt.

#### 3.5.4 Greining sýna

Við borholu ST-19 er 1,4 m þykkt laust yfirborðslag sem að mestu er fok-sandur. Þykkt yfirborðskarga hraunsins THi er u.þ.b. 2,5 m. Þétti hluti hraunsins nær niður á 28,3 m dýpi (mynd 26). Út frá sýnum sem tekin voru þar fyrir neðan má ætla að frá 28,5 til 29,7 m sé gjall. Undir gjallinu er þunnt lag af sendinni fínmöl sem verður sandur með steinvölum og síðan finnsandur í 31,8 m. Fínsandinum má skipta í tvo hluta, einkorna máluríkan fínsand með þunnum ljósum vikurlögum, sem einnig er fínsandur, og fínsand með þunnum málulögum neðan 36,5 m. Líkur benda til að efnið hafi allt sest

til í vatni og er máluríki fínsandurinn sennilega upprunalega foksandur. Athyglisvert er að fínsandurinn líkist mjög þeim foksandi sem í dag fýkur yfir svæðið og virðist hlutfall ljósu vikurkornanna í honum svipað og er í setinu. Í um 41,0 m dýpi byrjar "hvarfleir" sem að mestu er lagskipt méla. Áætlað er að hvarfleirinn sé 2 - 3 m á þykkt. Þessi uppbygging setsins er mjög svipuð og í ST-15 (mynd 26).

Neðan hvarfleirsins var sýnatöku hætt en borað áfram með hjólakrónu og borleðju. Öllum gangi við borun svipaði mjög til þess sem var við ST-15 og virðist uppbygging setsins á þessum tveim stöðum mjög svipuð. Borhraði fór mjög hægt vaxandi niður á við, en samkvæmt honum var komið í völuberg á um 80 m dýpi og í fasta klöpp á 86 m dýpi. Frá 86,9 - 88,1 m dýpis var tekinn kjarni sem reyndist vera fínkornótt basalt með grænum holufyllingum og samgrónum sprungum með Kalsíti. Hrun, sem lá ofan á þessum kjarna var völubergsmolar.

Í borholu ST-20A (mynd 27) reyndist laust yfirborðslag vera 3,0 m á þykkt en hraunið aðeins 13,5 m en þykkt þess takmarkast þarna af dýpinu niður á hliðar Búðarhálsins sem hraunið rann upp að. Neðsti 1,5 m hraunsins er botnkargi. Frá 16,5 m dýpi til 19,6 m eru vikur og öskulög. Greinilegast er þar um 10 cm þykkt ljóst vikurlag sem er strax undir gjallinu og má átla að það sé  $H_4$ . Neðan 19,6 m dýpis eru hnullungar, mól og sandur ofan á grunnberginu sem byrjar á 20,2 m dýpi. Borhola ST-20B er um 10 m frá ST-20A en þar er hraunþykktin 14,8 m undir 3 m þykku sendu yfirborðslagi. Með sýnatakanum náðust góð sýni úr botnkarganum sem er afar gjallkenndur. Gjallið er einkar frauðkennt, mjög opið og fíngert og líkist um margt vikri að uppbyggingu. Undir gjallinu er vikur og aska eins og í ST-20A en engir hnullungar. Grunnberg byrjar á 20,6 m dýpi (mynd 27).

Helstu efniseiginleikar sýnanna sem athugaðir voru á borstað eru rakastig, rúmþyngd og holrýmd. Niðurstöður athugananna eru sýndar í töflu 11 og 12 og á myndum 27 og 28. Alls voru rannsökuð 24 sýni, 15 úr ST-19, 5 úr ST-20A og 4 úr ST-20B.

Athugun á sýnum úr ST-19 leiðir í ljós sams konar breytingu á rakastigi, rúmþyngd og holrýmd og var í ST-15, þ.e. rakastig og holrýmd eru hærri í fínkornóttu setinu en í sandinum og lægst eru gildin í fínmölinni og grófa sandinum. Rúmþyngdin vex svo í öfugu hlutfalli við rakastigið og holrýmdina.

Í töflu 13 eru sýnin flokkuð eftir uppbyggingu þeirra, þ.e. kornadreifingu (sjá myndir 29 og 30) og fundin meðaltöl fyrir rakastig, rúmþyngd og holrýmd hvers flokks. Þessi flokkun er þó ekki lýtalaus, þar sem rakastigið, rúmþyngdin og holrýmdin ættu að vera háð spennuástandinu eða dýpi ekki síður en efnissamsetningunni. Sýnum úr ST-19 er skipt í fjóra flokka: Sandur og fínmöl; fínsandur með mélu, méléuríkur fínsandur; og "hvarfleir" sem að mestu er lagskipt méla. Sýni úr ST-15 eru greind í fimm flokka: Sandur og fínmöl; fínsandur með mélu; méléuríkur fínsandur, méla og fínsandur; og "hvarfleir" sem að mestu er lagskipt méla.

Við samanburð niðurstaðna prófana úr ST-15 og ST-19 kemur fram allgott samræmi á milli flokka. Öll lægri raka og holrýmdargildin svo og hærri rúmþyngdargildin eru úr ST-19. Ástæðan fyrir þessu kann að liggja í eitthvað mismunandi uppbyggingu efnisins eða mismunandi meðhöndlun efnisins. Rakastig sands og fínmalar er 21,2 og 22,3%, fínsands með mélu 27,5 og 28,5%, méléuríks fínsands 36,0 og 39,7% og "hvarfleirs" (mélu) 51,1 og 56,8%. Vot rúmþyngd fínsands með mélu er 2,07 og 2,06 t/m<sup>3</sup>, méléuríks fínsands 1,96 og 1,93 t/m<sup>3</sup>, og "hvarfleirs" (mélu) 1,82 og 1,64 t/m<sup>3</sup>. Holrýmd fínsands með mélu 46,2 og 42,1, méléuríks fínsands 50 og 51,4 og hvarfleirs, mélu 61 og 62.

Þessi samanburður miðast við 100% mettun sýna úr báðum borholunum og er mettun þar reiknuð með venjulegum reikniaðferðum. Á mynd 31 er þurr rúmþyngd sýna úr ST-19 sýnd sem fall af rakastigi, miðað við mettilínu efnis með kornarúmþyngd 2,77. Meginhluti sýnanna fellur ofan mettilínunnar sem bendir til að efnin séu "hygroskopisk", eða vatnsdræg. Vatnsdrægni sandsins virðist um eða innan við 2%, samkvæmt lauslegri athugun á þrem sýnum úr ST-15. Vatnsdrægnin ein nægir því ekki til að skýra frávikin frá mettilínunni. Athyglisvert er að flest sýnin falla á mettilínu efnis með kornarúmþyngd 3,00 sem leiðir hugann að því hvort kornarúmþyngdin kunni að vera vanmetin.

### 3.5.5 Lokaorð

Niðurstöður borana ST-15 og ST-19 benda til að uppbygging setsins sé mjög svipuð á öllu svæðinu. Frekari borun mun því tæplega bæta miklu við þá jarðfræðilegu mynd sem þegar er fengin og óvíst er hversu mikilla borana er þörf til að kanna nánar jarðtæknilega eiginleika setsins. Útbreiðsla setsins þvert á dalinn er þó óljós og verður að finna hana svo unnt sé að áætla mismunasigið.

### 3.6 Dæluprófanir

#### 3.6.1 Inngangur og markmið

Á tímabilinu 79.08.15 - 79.09.04 fóru fram umfangsmiklar dæluprófanir á holum ST-17, ST-18 og ST-20.

Einnig var dælt í tvö lón  $2000 \text{ m}^2$  og  $100 \text{ m}^2$ .

Hola ST-19 og einn útgrafinn gervigigur voru rennslismæld.

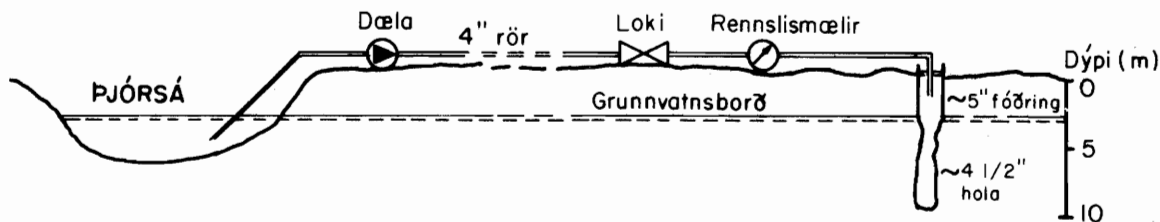
Markmiðið með þessum athugunum var að meta lekt (permeability) hraunstaflans (THi) og setsins ofan á hrauninu. Við mat á leka undir stíflu hefur lektin mjög mikla þýðingu og veitir þar af leiðandi upplýsingar um, hvort sérstakra þéttingaraðgerða er þörf undir stíflu eða á lónbotninum.

Holurnar eru á fyrirhuguðu stíflustæði, sjá mynd 32.

ST-17 og ST-20 eru staðsettar þar sem segulmælingar og jarðsveiflumælingar gefa vísbendingu um hraunjaðar (Björn Jónasson o.fl. 1979), en þar er gert ráð fyrir að hraunið sé brotið. Hola ST-18 er á miðju stíflustæðinu í um 4 m fjarlægð frá ST-14. Fyrirfram var búist við mikilli lekt (permeability) á hrauninu þannig að ákveðið var að gera ekki staðlaðar lektarprófanir (pökkunarpróf), heldur var miðað við að unnt yrði að dæla a.m.k. 20 l/s í holurnar.

#### 3.6.2 Framkvæmd prófana

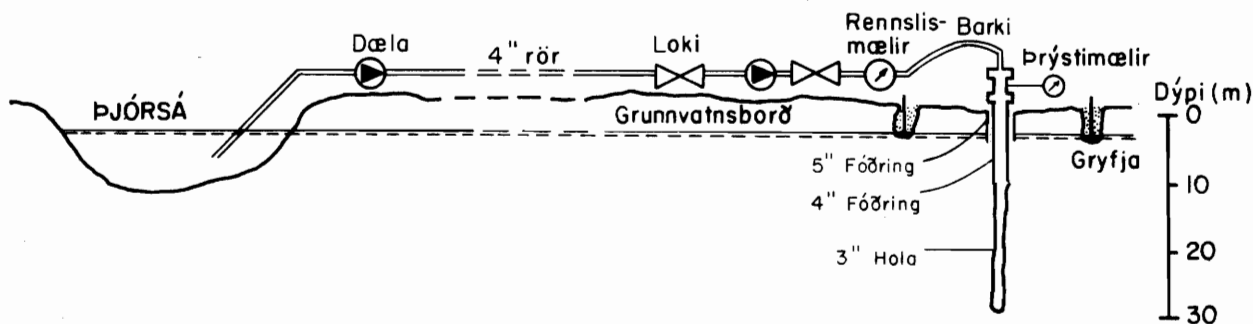
Dæluprófun holanna má í höfuðdráttum skipta í fernt. Í fyrsta lagi "Rennslisprófun" (sjá mynd 33). Þá er vatnið látið renna í holurnar þegar holurnar voru 6-10 m djúpar og mælt hversu miklu vatni holurnar taka við á tímaeiningu. Tilgangurinn með rennslisprófun var að fá lauslegt mat á leka efsta hluta hraunsins. Að rennslisprófun lokinni var steyp 4" fóðring í holurnar með flangs á holutoppi. Tilgangur með að steypa fóðringuna var að unnt yrði að byggja upp þrýsting í holunum, enda talið að lekt í efstu 10 m skipti ekki megin máli, þar eð þar væri þéttiaðgerða þörf hvort sem er.



MYND 33

Rennslisprófun

Í öðru lagi "prepadæling", en þá er vatni dælt í holurnar í þrepum, undir mismunandi þrýstingi. Tilgangur með þrepaðælingum er að fá mat á leiðni holanna miðað við mismunandi dýpi. Við þrepaðælingu er mældur þrýstingur á holutoppi sem er yfirfærður í vatnshæð og rennsli fyrir hvert þrep (sjá mynd 34). Þrepaðælingar voru gerðar þegar holurnar höfðu verið boraðar 15 - 17 m djúpar, ST - 17 og ST - 18 voru aftur prófaðar, þegar þær voru 25 - 26 m djúpar og loks eftir að borað hafði verið í gegnum hraunið.



MYND 34

Þrepaðæling - Langtímadæling

Í þriðja lagi "langtímadæling", en þá var dælt í holurnar 16 - 24 lítrum á sekúndu í 2 - 6 tíma og fylgst með vatnsborði í gryfjum umhverfis holurnar (sjá mynd 34).

Tilgangur með langtímadælingum er að meta leiðni hraunstaflans.

Í fjórða lagi "straummæling". Mældur var láréttur straumhraði í holunum

bæði með og án rennslis í holurnar. Tilgangurinn með straummælingum er að finna æðar þar sem vatn tapast úr holunni.

ST-18 var boruð í aðeins 4 m fjarlægð frá ST-14, með sérstöku tilliti til dæluprófana. Við dælingar á ST-18 var vatnsborðshæð í ST-14 sírituð. Með því móti fæst mun betra og áreiðanlegra mat á lekt hraunanna. Frumtúlkun mælinga úr ST-14 (gerð á borstað) leiddi m.a. til þess að ákveðið var að grafa gryfjur niður á vatn umhverfis ST-17 og ST-20 til mælinga á hreyfingu vatnsborðs við ádælingu og reyna með því móti að fá betra mat á lekt í grennd við þær. Til að fá samanburð voru grafnar gryfjur umhverfis ST-18 og þar niðurstöðum úr þeim vel saman við niðurstöður úr ST-14.

Prófun lónanna fór þannig fram að dælt var í lónin og fylgst með vatnsborði (og þar með rúmmáli) í lónunum og rennsli í þau, einnig var fylgst með vatnsborði í þeim meðan á tæmingu stóð. Tilgangur var að meta lekt yfirborðslaganna.

Við prófanir var vatni dælt úr Þjórsá. Aurburður getur því haft talsverð áhrif á niðurstöður prófananna. Í þessu sambandi má benda á að miðað við að aur í dældu vatni sé 100 mg/l fara um  $0,02 \text{ m}^3$  af aur í holu við dælingu á 20 lítrum á sekúndu í 6 tíma, en það svarar til þess að 76 mm hola grynnist um 4,4 m ef enginn aur kemst út í bergið. Aurinn leiðir því til þess að lægri lekt mælist í holunni. Einnig er rétt að benda á að við boranirnar var vatn úr Þjórsá notað sem skolvatn, þannig að bæði aur úr ánni og borsvarf hefur væntanlega náð að þétta bergið eitthvað. Reynt var að hamla gegn þessum áhrifum með því að blása lofti gegnum borstangir niður í holurnar og hreinsa þannig svarf úr holuveggjum fyrir dæluprófanir.

### 3.6.3 Úrvinnsla mælinga

Hér á eftir verður gerð stutt grein fyrir þeim aðferðum, sem notaðar eru við úrvinnslu dæluprófananna.

Úrvinnsla rennslisprófana. Við rennslisprófanir voru holurnar fylltar af vatni og mælt hversu miklu vatnsmagni þurfti að dæla á þær til að halda þeim fullum. Ekki tókst að fylla holu ST-20 af vatni og virtist vatnsborðið aðeins hækka um 0,3-0,4 m við  $18,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  dælingu en mjög erfitt er að mæla vatnsborð í holu sem samtímis er dælt í. Dælt var í holuna þegar borað hafði verið 10 m.

Við dælingu í ST-17 var reynt að dæla í þrepum og finna vatnsborð í holunni. Úrvinnsla var með svipuðu sniði og við úrvinnslu úr þrepadælingunum sjá 3.5.3.2. Holan tók mest við  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . Prófun fór fram þegar holan var 10 m djúp.

Við dælingu í ST-18 var fylgst með vatnsborði í ST-14. Leiðnin var metin á svipaðan hátt og í langtímadælingum, sjá 3.5.3.3. Holan tók mest við  $7,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . Prófunin fór fram þegar holan var 6,0 m djúp.

ST-19 tók við  $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  þegar hún hafði verið boruð á 9,0 m.

Við dælingu í gervigíginn hækkaði vatnsborð um ca. 0,5 m við  $12,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  dælingu.

Niðurstöður úrvinnslu úr prófunum eru í töflum 14, 15 og 16.

Úrvinnsla þrepadælinga. Við úrvinnslu þrepadælinga er gert ráð fyrir að hækun vatnsborðs sé á forminu:

$$\Delta h = B(t) \cdot Q + C \cdot Q^2 \quad (3.6.3.1)$$

sem einnig má rita:

$$\frac{\Delta h}{Q} = B(t) + C \cdot Q \quad (3.6.3.2)$$

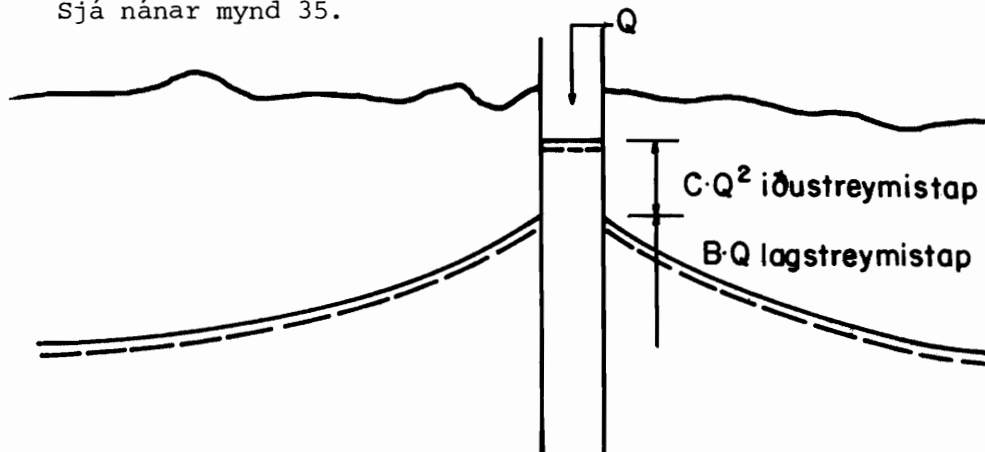
þar sem  $\Delta h$  er vatnsborðshækkun (m)

$Q$  er dælt vatnsmagn ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$B(t) \cdot Q$  langstreymistap og háð eiginleikum hraunanna

$C \cdot Q^2$  er iðustreymistap og háð holunni og næsta umhverfi hennar.

Sjá nánar mynd 35.





Stuðullinn  $B(t)$  ræðst því að eiginleikum hraunanna og er gert ráð fyrir að líkan Theis gildi um áhrif dælingu í eða úr grunnvatnsgeymi (Anderson og Haman, 1970), þá fæst:

$$\Delta h = B(t) \cdot Q = \frac{Q}{4\pi \cdot T} W(u_p) \quad (3.6.3.3)$$

þar sem

$$\Delta h = \Delta h - C \cdot Q^2$$

$T$  er leiðni grunnvatnsgeymisins í ( $m^2/s$ )

$$u_p = \frac{r_w^2 S}{4 \cdot T \cdot t_p}$$

$r_w$  er radíi holunnar (m)

$S$  er geymslustuðull grunnvatnsgeymisins

$t_p$  er sá tími sem dæling hvers þreps varir (sek)

$W(u_p)$  er svokallað holufall ("well function")

Úrvinnslan er fólgin í mati á stuðlunum  $B(t)$  og  $C$  með aðferð minnstu kvaðrata út frá líkingu 3.6.3.1 besta "parabóla" og líkingu 3.6.3.2 besta "lína". Leiðnin  $T$  er síðan reiknuð samkvæmt líkingu 3.6.3.3. Á mynd 3.6 eru mælipunktar fyrir 3 þrepaðælingar í ST-17, ST-18 og ST-20 sýndir.

Fyrir  $u < 0,05$  gildir  $W(u) \approx \ln\left(\frac{0,562}{u}\right)$ . Fyrir stór  $t$  á því vatnsborðshækkunin að vaxa línulega með logaritma af tíma (Jacob-aðferð). Á mynd 3.7 eru mælipunktar fyrir vatnsborðshækkun á móti lógaritma af tíma settir út.

Niðurstöður úrvinnslu úr þrepaðælingum eru í töflum 14, 15 og 16.

Úrvinnsla langtímadælinga. Langtímadælingar fóru þannig fram að fylgst var með vatnsborðshækkun í holunni sem dælt var í, vatnsborðshækkun í gryfjum og ST-14 (við ádælingu á ST-18), við stöðuga dælingu.

Unnið var úr mælingum annars vegar með Jacob-aðferð sjá 3.5.3.2. Hins vegar með svo kallaðri einkennisferlaaðferð ("type curves"), sjá nánar Anderson og Haman (1970).

Við 36 mínútna dælingu 1979.08.24 kom í ljós að lengja þurfti dælutímann því að grunnvatnsgeymirinn er opinn og svokölluð seinkuð vatnsgjöf var ekki að fullu komin fram, en mat á lekt verður að eiga sér stað eftir tíma lengri

en u.þ.b. 100 mínútur.

Einkennisferlaaðferðin byggist á því að logaritmi á vatnsborðshækkuninni er teiknaður á móti logaritma af tíma, síðan er fundinn sá einkennisferill sem ber best saman við mælipunktana.

Við dælingu í holurnar kom fram seinkun í vatnsborðshækkun í gryfjunum, sem stafar af því að þær ná aðeins niður í yfirborð hraunsins. Á myndum 38 og 39 er sýnd notkun á Jacobs-aðferð við mat á leiðni en á myndum 40 og 41 er sýnd notkun á einkennisferils aðferðinni, fyrir ST-14 og gryfju "A".

Vegna þess að nokkrar truflanir eru í rennsli við dælingu í ST-18 var ákveðið að fylgjast með jöfnun vatnsborðsins ("recovery") í ST-14 eftir að dælingu var hætt. Niðurstöðurnar eru á myndum 42 (aðferð Jacobs) og 43 (aðferð einkennisferla).

Meðan á dælingu stóð var stöðug lækkun grunnvatnsborðs á svæðinu. Leiðrétt var fyrir lækkuninni út frá mælingum í ST-15, en þar var grunnvatnshæð sírituð.

Niðurstöður úrvinnslunnar úr langtímadælingum eru í töflum 14, 15 og 16.

Úrvinnsla straummælinga í borholum. Við upphaf dæluprófana var mældur láréttur straumhraði vatns í borholum ST-14, 17, 18, 19 og 20A. Hann reyndist innan við mælinákvæmni (~ 0,8 cm/s). Straumhraðinn var síðan mældur aftur þegar byrjað var að dæla á holurnar. Mælingarnar gáfu allar til kynna að vatnið rynni niður í gegnum borholurnar og út um botnkargann. Ekki sáust nein merki þess að láréttur leki væri mikill ofar í holunni. Hafa verður þó í huga að búið var að einangra efstu 10 m holunnar, en þar er hraunið trúlega mjög brotið og vel vatnsleiðandi.

Dæling í lón. Úrvinnsla. Við dælingu í lónin var fylgst með vatnshæð þar. Rúmmál og flatarmál lónanna miðað við vatnsborð er á mynd 44. Á myndum 45 og 46 er vatnshæð í lónum og leki úr þeim teiknað á móti tíma.

Við útreikninga á lóðréttri lekt yfirborðslaga var Darcy-lögmál notað (Terzaghi & Peck 1967).

$$k = \frac{Q_L}{i \cdot A} \quad (3.6.3.4)$$

þar sem

$k$  er lekt (m/s)

$Q_L$  er leki úr lóni ( $m^3/s$ )

$A$  er flatarmál lóns ( $m^2$ )

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$\Delta h$  er fjarlægðin frá vatnsborði í lóni og niður á grunnvatn (m)

$L$  er þykkt yfirborðslaga (m)

Niðurstöður úrvinnslu á dælingum í lón eru að lektin sé  $6,2 \cdot 10^{-6}$  m/s í yfirborðslögum undir "2000 m" lóninu en  $9,7 \cdot 10^{-6}$  m/s undir "100 m<sup>2</sup>" lóninu.

Samanburður á niðurstöðum úrvinnslu dælinga. Af töflum 14, 15 og 16 sést að mæliniðurstöður í holum sem dælt er í (dæluholur) benda til að leiðni sé 10-1000 sinnum lægri en samkvæmt mælingum í athugunarholum (ST-14 og gryfjur). Í töflu 17 er gerður samanburður á leiðni miðað við mælingar í dæluholum og athugunarholum.

#### TAFLA 17

Meðalleiðni samkvæmt mælingum úr dælu- og athugunarholum

Umhverfis	Skv. dæluholum	Skv. athugunarholum
ST-17	$1,6 \cdot 10^{-3} m^2/s$	$4,4 \cdot 10^{-2} m^2/s$
ST-18	$4,0 \cdot 10^{-3} m^2/s$	$7,3 \cdot 10^{-2} m^2/s$
ST-20		$2,3 \cdot 10^{-1} m^2/s$

Skýringar á þessum mikla mun á leiðni í dæluholum og athugunarholum er líklega að leita í því að aurinn í vatninu, sem dælt er í holurnar sest í holuna og næsta nágrenni hennar. Einnig má gera ráð fyrir að borsvarf fari eitthvað út í holuveggi. Loks er þrýstifallið við að vatnið rennur niður holuna mjög mikið eða um 1 m á hvern lengdarmetra í holu við mesta rennsli. Þéttingin ætti að hafa lítil áhrif í athugunarholum en ekki er unnt að meta þau.

Við þrepaðælingar sprengdu holurnar sig út við 28-55 m þrýsting á holutoppi.

Ekki er ljóst hvort um raunverulegt brot í berginu er að ræða, eða hvort eingöngu skolast út svarf og aur, sem sest hefur fyrir í næsta nágrenni holunnar. Fyrri rannsóknir (Haukur Tómasson 1964 og Jónas Elíasson 1969) benda þó fremur til að hins síðara. Hins vegar er ljóst að þessi áhrif koma ekki fram í athugunarholum, sjá mynd 47.

Af ofansögðu er sýnt að mælingar í dæluholum eru mjög truflaðar, þessar truflanir koma ekki fram í athugunarholum. Mat á leiðni hraunanna verður því að byggja á mælingum í athugunarholum. Sjá seinni dálk í töflu 17.

Niðurstöður útreikninga á lekt yfirborðslaga við dælingar í lónin eru svipaðar, eða að meðaltali  $6,2 \cdot 10^{-6}$  m/s við dælingu í "2000 m<sup>2</sup>" lónið, en  $9,7 \cdot 10^{-6}$  m/s við dælingu í "100 m<sup>2</sup>" lónið. Verður þetta að teljast mjög gott samræmi því mjög mismunandi efni er í yfirborðslögnum sbr. kafla 3.2. Engir svelgir mynduðust við dælingarnar, en lónhæð var mest 1,3 m eða um 1/30 af væntanlegri lónhæð. Meta verður hættu á svelgja-myndun sérstaklega. Eins og fram kom hér að framan var grafinn upp gervi-gígur og dælt í hann um 13 lítrum á sekúndu. Við dælinguna hækkaði vatnsborðið um ca. 0,5 m.

#### 3.6.4 Framhald athugana

Telja verður niðurstöður leiðni í hraunlögnum sæmilega áreiðanlegar. Benda verður þó á að mælingin á aðeins við nánasta umhverfi holanna. Sýni útreikningar að lekaþetta sé veruleg en jafnframt verði rannsóknum á stíflustæði haldið áfram er nauðsynlegt að gera frekari dæluprófanir til að fá mat á leiðninni á fleiri stöðum á stíflustæðinu.

Við frekari dæluprófanir er æskilegt að boraðar verði víðari holur og dælt upp úr þeim, þá er ekki hættu á að aur trufla mælingar. Einnig er nauðsynlegt að bora a.m.k. 2-3 loftborholur umhverfis dæluholuna til mælinga á vatnsborðsbreytingu. Með þessu móti ætti að fást mun betra mat á leiðnina. Margvíslegar aðferðir koma til greina við prófunina, t.d. svo kölluð tvíþól aðferð, en þá er dælt upp úr einni holu og niður í aðra og fylgst með vatnsborðsbreytingum, í nokkrum holum milli þeirra. Með því móti fæst mat á leiðni fyrir svæðið milli holanna.

Ef dæla á upp úr holum verður að bora víðari holur. Einkum kemur til greinar að bora 12 1/2" holur með höggbor. Samkvæmt upplýsingum á Jarðborunum ríkisins kostar borun 12 1/2", 30 m djúpar holu nú (í nóv. 1979) um 2-3 Mkr.

### 3.6.5 Niðurstöður og ályktanir

Helstu niðurstöður dæluþrófana og dælinga í lónin eru:

- 1 Leiðni hraunsins neðan yfirborðskargans umhverfis holur ST-17 og ST-18 er  $4-8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Meðlektin umhverfis þær er  $2-3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  miðað við lengd prófbils 20-25 m.
- 2 Leiðni hraunsins neðan yfirborðskargans umhverfis ST-20 er um  $2 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ . Meðallektin er  $2-3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$  miðað við 7-10 m lengd prófbils.
- 3 Lektin í yfirborðskarganum umhverfis holurnar er  $1 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ .
- 4 Við lektarþrófanir á lekum hraunasvæðum er nauðsynlegt að mæla vatnsborðsbreytingu í athugunarholum. Þrepadælingar koma tæplega til greina nema að boraðar séu víðari holur og vatni dælt upp úr þeim með djúpdælum. Ef farið verður í frekari lektarþrófanir á svæðinu er lagt til að boraðar verði víðar holur t.d. 12 1/2" og dælt upp úr þeim, jafnframt því sem umhverfis þær verði boraðar athugunarholur til mælinga á vatnsborðsbreytingu við dælingu.
- 5 Þegar byggður hafði verið upp 30-50 m þrýstingur á holutoppi sprengdu holurnar sig út. Ekki er ljóst hvort bergið gaf sig eða hvort verið var að skola burt borsvarfi og aur. Þetta þyrfti að kanna nánar.
- 6 Efra- og neðra borð hraunsins er leirfyllt. Ekki er unnt að meta á þessu stigi, hvort hætta er á að leirinn skolist burt við aukið grunnvatnsrennsli að lokinni stíflugerð.
- 7 Lekt yfirborðslaga (setlaga) mældist  $6 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  undir  $100 \text{ m}^2$  og  $2000 \text{ m}^2$  í lónum. Taka verður fram að gerð yfirborðslaga er mjög breytileg á væntanlegu lónstæði. Engir svelgir mynduðust við dælingu í lónin, enda var lónhæðin mest um 1,3 m eða innan við 1/30 af fyrirhugaðri lónhæð. Hættu á svelgjamyndun verður að skoða nánar.

### 3.7 Niðurstöður

Rétt er að áréttta að tilgangur rannsóknanna var að afla frumgagna fyrir hönnun stíflunnar þar með talin gögn fyrir útreikning á lekt og sigi.

Ákvörðun um frekari úrvinnslu er ekki í höndum Orkustofnunar. Hér verður hins vegar svarað nokkrum af þeim spurningum sem varpað var fram í kafla 3.1 og nokkrar almennar ályktanir dregnar þar af.

Á fyrirhuguðu stíflustæði við Búðarháls er um 30 m þykkt, sprungið og lekt hraunlag (THi) ofan á lítt eða ósamlímdu seti, sem að mestu er finn einkorna mettaður sandur. Fyrir miðjum dalnum er þykkt ósamlímnda setsins um 50 m, en vegna þykkar og gerðar sandsins kemur hann til með að skipta miklu máli fyrir alla stíflugerðina.

Hætta á missigi. Boranir sumarsins 1979 styðja þá skoðun að sigið verði mest fyrir miðri stíflunni enda er setið þykkast þar (mynd 25). Fyrir-sjáanlegt er því að eitthvert mismunasig verður ef stífla verður byggð þarna. Hversu mikið það verður er ekki hægt að meta fyrr en vitað er betur um útbreiðslu setsins þvert á dalinn og sýnin sem tekin voru hafa verið könnuð ítarlegar.

Lekahætta. Yfirborðslög þekja víðast hraunið milli Fitjaskóga og Búðarháls. Þykkt þeirra er yfirleitt 1 - 4 m (mynd 14). Lekt þeirra mældist, þar sem hún var prófuð,  $10^{-6}$  -  $10^{-5}$  m/s. Yfirborðslögin virðast því nokkuð þétt. Ekki er vitað um hversu mikil hætta er á svelgjamyndun á svæðinu. Slík hætta er fremur háð innri gerð og styrkleika hraunsins en gerð og þykkt yfirborðslaganna. Hljóðhraðinn í hrauninu gefur vísbendingu um styrkleika hraunsins. Samkvæmt því ætti hraunjöðrunum að vera hættast (mynd 19). Algeng meðallekt í hrauninu er áætluð  $2 - 3 \times 10^{-3}$  m/s. Botnkarginn hefur meiri lekt eða  $2 - 3 \times 10^{-2}$  m/s og oft enn meiri. Lektin virðist ekki vera mikil miðað við hraun almennt og er t.d. stærðargráðu minni en í Sigöldu (Pálmi Jóhannesson o.fl., 1978). Fram kom í kafla 3.1 að lekareikningarnir verða gerðir síðar. Þá verður magn og umfang þéttiaðgera metið. Hins vegar má telja víst að verulega þurfi að þétta þar sem hraunið liggur upp að Búðarhálsi (mynd 3).

## 4 VEITULEIÐIR Í BÚÐARHÁLSI OG Á HAFI

### 4.1 Inngangur

Sumarið 1979 var unnið að könnun á hluta mögulegra veituleiða samkvæmt tillögum ráðgjafaverkfræðinga Landsvirkjunar frá maí 1979. Þessar veituleiðir voru tvenns konar: annars vegar frárennslisskurður um Haf og hins vegar göng til að veita Tungnaá í gegnum Búðarháls. Gangaleið undir Skúmstungur og Sandafell var ekkert könnuð þetta sumar.

Rannsókn á staði fyrirhugaðs fráveituskurðar beindist mest að könnun á þykkt lausra jarðlaga ofan á yfirborði Búrfellshrauns THi og legu jaðars þess. Verkið var að mestu unnið með jarðeðlisfræðilegum mælingum. Þá var og stuðst við gögn frá Borroborun árið 1967.

Tvær kjarnaholur BH-2 (130,2 m) og BH-3 (65,7 m) voru meginuppistaða rannsóknar á fyrirhugaðri gangaleið í gegnum Búðarháls. Ennfremur var stuðst við jarðfræðikortlagningu sem Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson (1973) höfðu unnið.

### 4.2 Gangaleið í gegnum Búðarháls

#### 4.2.1 Markmið rannsókna

Margs konar hugmyndir hafa komið fram um gangaleið í gegnum Búðarháls. Sammerkt með þeim öllum er þó að göngin eru áætluð á bilinu 280 - 330 m y.s. Rannsóknir sumarsins beindust að almennri könnun á jarðlagaskipan í Búðarhálsi, þó með ákveðna tillögu frá ráðgjafaverkfræðingum í huga (maí 1979) og mynd 2 tilhögun 3a. Borhola BH-2 veitti svör við þeim spurningum sem henni var upphaflega ætlað en er ekki nægjanlega djúp til að veita svör við hvernig jarðlagaskipan er á gangaleiðinni verði tillaga ráðgjafaverkfræðinga frá desember 1979 fyrir valinu. Hún er líka nokkuð langt fyrir utan fyrirhugaða gangaleið. Verður nánar vikið að því síðar.

#### 4.2.2 Almennt yfirlit

Fyrri rannsóknir höfðu gefið til kynna að Búðarháls væri mjög reglulegur að uppbyggingu (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1973). Mynd 48 sýnir jarðfræðikort er þau gerðu. Brotalínukort unnið af sömu höfundum er felld

saman við jarðfræðikortið. Það er gert til að fá hugmynd um hugsanleg veikleikasvæði. Ennfremur er tunga úr Búrfellshrauni THi milli Búðarháls og Fitjaskóga sýnd á myndinni eins og hún var staðsett samkvæmt segulmælingum (Björn Jónasson o.fl. 1979).

Niðurstöður þeirra er við koma mannvirkjunum eru þessar:

- 1 Jarðlöggin þar sem fyrirhuguðum mannvirkjum er ætlaður staður eru frá segultímabilinu Matuyama og heldur eldri en segulskeiðið Jaramillo. Aldur þessara laga er því 1,0 - 1,6 milljón ára.
- 2 Svæðisbundinn halli aðeins ofar í staflanum en fyrirhuguðum mannvirkjum er ætlaður staður er 1,6 - 2,1° í S13A. Austar verður hann meira austlægur.
- 3 Meginbrotalínustefnan er N35A - N60A.

#### 4.2.3 Niðurstöður borana 1979

Staðsetning þeirra borhola er boraðar voru í sumar er sýnd á myndum 4 og 48. Borholan BH-2 er 130,2 m djúp. Kjarninn úr henni er að mestu gerður úr basaltlögum (mynd 49). Nokkur setbergslög koma fram. Þau eru yfirleitt ýmiss tilbrigði af sandsteini og völubergi. Þykkasta setlagið er 7,4 m á þykkt og er botn þess í 302,1 m y.s. Það er að mestu völuberg (conglomerate og agglomerate) með sandsteins- og siltsteinslögum.

Borhola BH-3 er 65,7 m djúp. Basalt er að mestu ráðandi þar og setlöggin mun veigaminni en í BH-2 sbr. mynd 49. Þau eru yfirleitt samsett úr völubergi, sandsteini og siltsteini. Mjög lítil lekt er í báðum holunum.

#### 4.2.4 Jarðfræðisnið og mannvirki

Til að sýna jarðlagaskipan í Búðarhálsi og við hverju má búast á jarðgangaleiðinni hafa verið teiknuð tvö þversnið. Annað sýnir beina tengingu milli borhola BH-2 og 3 (mynd 50), en fyllt er upp í þá mynd skv. jarðfræðikortlagningu Ingibjargar Kaldal og Skúla Víkingssonar (1973). Hitt þversniðið er nokkuð nærri fyrirhugaðri jarðgangaleið samkvæmt tillögu ráðgjafa frá desember 1979 (mynd 51). Þar eru felldar saman niðurstöður jarðfræðikortlagningar (mynd 48) og kjarnaborunar (myndir 49 og 50). Eins og þar sést gætir góðs samræmis í efri hluta borholusniðs BH-2 og kortlagða sniðsins, en ekki er sömu sögu að segja um neðri hlutann. Hér verður að hafa í huga að borholan BH-2 er u.þ.b. 2 km vestan við sniðið.



Verður nú nánar fjallað um þetta snið, mynd 51 einkum með tilliti til væntanlegra mannvirkja, en lega þeirra í jarðlagastaflanum verður einhvers staðar á hæðarbilinu 280 - 330 m yfir sjó. Eins og sýnt er á mynd 51 munu væntanleg mannvirki Búðarhálsvirkjunar liggja í mið og efri hluta Fitjaskógadeildar. Til glöggvunar er deildinni skipt í þrennt, þ.e. F-1, 2 og 3 á mynd 51. Í norðanverðum Búðarhálsi munu mannvirki verða staðsett í F-1 en í F-2 og 3 að sunnanverðu.

F-1. Samkvæmt jarðfræðikortlagningu má búast við líparíti og seti í F-1. Uppbyggingin er talsvert frábrugðin í borholusniði BH-2 en þar skiptast á set og basaltlög enda er holan 2 km frá þversniðinu. Snið þetta er fellt inn í myndina með því að tengja beint saman skil Fitjaskóga og Nefjadeildar en í kringum þau skil virðist uppbygging jarðlagastaflans vera afar regluleg. Líklegast er að áður nefnt líparít fleygist inn í Búðarhálsinn og jarðlög sem fram koma neðst í BH-2 leggist ofan á það. Úr því verður þó að skera með kjarnaborun.

F-2. Meira samræmis gætir hér í tengingu borholusniðs BH-2 og jarðlagakortlagningar. Skv. borholusniði BH-2 liggur rúmlega 4 m þykkt setbergslag ofan á tæplega 23 m þykku þóleitu basalti, þéttu en mjög óreglulega sprungnu. Samkvæmt jarðlagakortlagningu er setið hins vegar afar þykkt ofan á fremur þunnu basalti. Þessi lög tengjast sennilega botnlögum í borholu BH-3. Þar eru basaltlögin tvö sundurskilin af millilagi. Basaltið er ekki eins þétt og þar gætir ekki óreglulegra sprungna. Ofanáliggjandi set er þynnst þar eða 2,6 m. Með undanfarandi lýsingu er reynt að sýna fram á óreglu í uppbyggingu F-1 og F-2 sbr. mynd 51 og nauðsyn þess að nákvæm kortlagning jarðlaga verði gerð samfara borunum.

F-3. Efsti hluti Fitjaskógadeildar virðist hafa umtalsverða útbreiðslu og reglulega uppbyggingu. Hér er um að ræða 3-4 dílótt basaltlög með örþunnum (0,1 - 0,2 m) millilögum nema í BH-2 en þar er sandsteinslag á einum stað um 1 m að þykkt. Þykkt á F-1 er 42 - 44 m í BH-3 og 2.

Þar sem jarðlög ofan Fitjaskógadeildar snerta ekki væntanleg mannvirki beint verður þeirra ekki getið sérstaklega, en aðeins vísað til mynda 48 og 51.

#### 4.2.5 Samantekt

Rannsóknir sumarsins staðfesta í meginatriðum fyrri hugmyndir um jarðlagaskipan í Búðarhálsi. Þar eru þó of skammt á veg komnar til að hægt sé að mæla með einhverri ákveðinni tilhögun eða útiloka aðra. Sérstaklega skortir holu vestan í Hálsinum sem nær a.m.k. niður á 260 m y.s. til að skera úr um gerð setsins þar. Mynd 51 sýnir annars hvar mestu eyðurnar eru í myndinni.

### 4.3 Frárennslisskurður um Haf

#### 4.3.1 Markmið rannsókna

Tillögur ráðgjafarverkfræðinga gera allar ráð fyrir frárennslisskurði frá Sandafelli og að Klofaey (mynd 2). Áætluð skurðleið er um 6,4 km á lengd og botnhæð um 245 m y.s. (næst Sandafelli). Markmið rannsókna var að finna dýpi á fast berg og finna þannig hvar ódýrast væri að leggja frárennslisskurðinn. Ennfremur var kannað hvernig hraunið lægi upp að Stangarfjalli, þar sem talið var að lega skurðar í kverkinni milli hrauns og hlíðar gæti haft marga kosti. Hljóðbrots- og segulmælingum var beitt í þessum tilgangi. Lýsingu á aðferðum og nákvæmni þeirra er að finna í viðaukum A og B svo og í fyrri skýrslum Orkustofnunar (t.d. OS79008/ROD05). Ennfremur eru hér birtar niðurstöður úr Borrobörnunum sem voru gerðar 1967 og hafa ekki áður komið á prenti (viðauki D).

#### 4.3.2 Hljóðbrotsmælingar

Mælingarnar voru gerðar dreift yfir það svæði sem kemur til greina að skurðurinn liggja í gegnum. Sérstök áhersla var þó lögð á skurðleiðina sem frumáætlanir sýna (mynd 2). Mælingarnar sýna yfirleitt tvö lög þ.e. yfirborðslag með lágum hljóðhraða og grunnberg eða klöpp með tiltölulega hærri hljóðhraða (tafla 18). Mynd 52 sýnir að hljóðhraðinn í Búrfellshrauni (THi) er yfirleitt frá 2,0 - 2,8 km/s með einstaka undantekningu, en grunnbergið í Stangarfjalli hefur talsvert hærri hljóðhraða eða 3,2 - 3,6 km/s. Segulmælingarnar styðja þessa túlkun yfirleitt nokkuð vel (sjá kafla 4.3.3 og mynd 52). Mynd 52 sýnir ennfremur dýpi á fast. Þar kemur fram að þykkt lausra jarðlaga er á bilinu 8 - 10 m vestan við upptök Rauðár. Austan við upptökin virðist sem grynnki á fast. Ekki er sjáanlegt nein umtalsverð lögð í kverkinni þar sem Búrfellshraun leggst upp að Stangarfjalli. Þetta þarf þó að kanna nánar verði þessi leið fyrir valinu.

#### 4.3.3 Segulmælingar

Mælingarnar voru gerðar þvert á áætlaðan hraunjaðar. Áætluð staðsetning hraunjaðarsins er sýnd á mynd 52. Rétt er að geta þess að nokkur óvissa er á ákvörðun á hraunjaðri með segulmælingum. Stafar hún m.a. af hve óregluleg myndun hraunjaðarinn er. Því hefur þótt rétt að gefa óvissumörk um 100 m. Samræmi milli hljóðhraðamælinga og segulmælinga við ákvörðun á hraunjaðrinum er gott.

#### 4.3.4 Borroboranir

Árið 1965 voru framkvæmdar Borroboranir til að kanna dýpi á fast undir fyrirhuguðum stíflugörðum. Mælingarnar eru teknar með hér, þar sem þær hafa ekki birst opinberlega áður. Borroborunum og hljóðhraðamælingum ber saman í meginráttum (mynd 52). Niðurstöður einstakra mælinga eru sýndar í viðauka D.

#### 4.3.5 Samantekt

Búrfellshraun THi leggst upp að hliðum eldri myndananna. Þykkt lausra jarðlaga sem liggja ofan á því er yfirleitt um 4-12 m en sums staðar niður í 1-2 m (mynd 52). Hæð fasts hrauns er um 245-256 m yfir sjó. Hljóðhraði í því er 2,0-2,8 km/s sem bendir til þess að hraunið sé nokkuð sprungið. Mælingarnar gefa enga vísbendingu um þykkt hraunsins, né gerð undirliggjandi jarðlaga. Til að fá einhverja vitneskju þar um þarf kjarna- eða loftborun.



HEIMILDASKRÁ

Almenna verkfræðistofan h/f, Virkir h/f & Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h/f (maí 1979): Þjórsárvirkjanir. Samanburðaráætlanir um orkunýtingu á vatnasviðum Þjórsár og Tungnaár ofan Þjórsárdals. Áfangaskýrsla. Landsvirkjun (126) s. auk fylgiskjala.

Almenna verkfræðistofan h/f, Virkir h/f & Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h/f (des. 1979): Þjórsárvirkjanir. Samanburðaráætlanir um orkunýtingu á vatnasviðum Þjórsár og Tungnaár ofan Þjórsárdals. Framvinduskýrsla. Landsvirkjun (51) s.

Almenna verkfræðistofan h/f, Virkir h/f & Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h/f (jan. 1980): Þjórsárvirkjanir. Samanburðaráætlanir um orkunýtingu á vatnasviðum Þjórsár og Tungnaár ofan Þjórsárdals. Vettvangsrannsóknir. Landsvirkjun.

Andersen, L.J. & Haman Z. 1970: Nye metoder for prøvepumpning af boringer og grundvandsreservoirer. C.A. Reizels Forlag, København.

Bessi Aðalsteinsson 1971: Langalda - Hald. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, 8 s.

Björn Jónasson, Davíð Egilson, Halína Guðmundsson & Jósef Hólmjárn 1978: Búðarhálsvirkjun. Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir. Orkustofnun, OS-ROD-7819, 18 s. auk viðauka og mynda.

Björn Jónasson, Sveinn Þorgrímsson, Halína Guðmundsson & Freyr Þórarínsson 1979: Búðarhálsvirkjun. Jarðfræðirannsóknir 1978. Orkustofnun, OS79008/ROD05, 115 s.

Elsa G. Vilmundardóttir, Svanur Pálsson & Ásgrímur Guðmundsson 1979: Búðarhálsvirkjun. Borhola ST-15: Setgreining. Orkustofnun, OS79008/ROD05, 63 s.

Elsa G. Vilmundardóttir 1977: Tungnaárhraun. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, OS-ROD-7702, 156 s.

Halína Bogadóttir & Davíð Egilson 1980: Túlkun hljóðhraðamælinga á Tungnaársvæði. Orkustofnun, óbirt greinargerð, HB-DE/80.

Haukur Tómasson 1964: Aurburður og lekahætta úr uppistöðulónum. Tímarit V.F.Í., No. 5 - 6.

Haukur Tómasson, Helgi Gunnarsson & Páll Ingólfsson 1976: Langölduveita. Rannsókn á tilraunalóni við Tungnaá. Orkustofnun OS-ROD-7642, 29 s.

Ingibjörg Kaldal & Skúli Víkingsson 1972: Sultartangi. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, 49 s.

Ingibjörg Kaldal & Skúli Víkingsson 1973: Búðarháls. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, 63 s.

Jónas Eliásson 1969: Tightening of Water Reservoirs. Í : Progress Report of Basic Research, Orkustofnun, s. 2 - 6.

Orkustofnun & Landsvirkjun 1979: Virkjunarrannsóknir við fyrirhugaða Búðarhálsvirkjun. Reykjavík, samningar.

Páll Ingólfsson 1969: Borroboranir við Sultartanga 1967 og 1968. Orkustofnun, 8 s.

Pálmi Jóhannesson, Sigurður St. Arnalds, Davíð Egilson & Björn Jónasson 1978: Sigalda Hydroelectric project. Summary of impounding data until November 1977 and the reevaluation of the hydro - geological conditions, Vol. I & II. Landsvirkjun, 78 s. auk mynda.

Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1967: Soil Mechanics in Engineering Practice (second edition). John Wiley and Sons, Inc., 729 s.

TÖFLUR





## TAFLA 1

## STABSETNING OG NIÐURSTÖÐUR VIÐNAMSMELINGA

Nafn	Dagsetn.	X-hnit	Y-hnit	°R	L	Viðnám Ω m	Þykkt m	Dýpi m	Athugasemdir
SV-1	79.07.06.	571637	708316	71	1	740.	0,81	0,81	2. viðnámsgildi extr. mín
					2	40500.	3,80	4,61	
					3	4390.	41,4	46,0	
					4	458.	174,	220,	
					5	110.			
SV-2	79.07.03.	572532	409687	63	1	3340.	1,29	1,29	
					2	754.	1,42	2,71	
					3	5280.	28,6	31,3	
					4	708.	93,3	125,	
					5	110.			
SV-3	79.07.04.			70	1	644.	0,32	0,32	
					2	2350.	2,96	3,28	
					3	4710.	25,4	28,7	
					4	226.	193,	222,	
					5	110.			
SV-4	79.07.06.	571989	410225	103	1	4510.	1,70	1,70	
					2	300.	0,88	2,57	
					3	4560.	32,7	35,3	
					4	283.	179,	215,	
					5	52.			
SV-5	79.07.05.	573792	407242	70	1	3220.	1,02	1,02	
					2	24600.	4,84	5,86	
					3	3880.	28,4	34,2	
					4	1220.	131,	165,	
					5	110.			
SV-6	70.07.05.	575568	409143	70	1	3190.	0,94	0,94	
					2	575.	1,95	2,89	
					3	8790.	4,74	7,63	
					4	847.	98,8	106,	
					5	55.			
SV-7	79.07.05.	576125	408296	70	1	746.	1,04	1,04	
					2	5130.	12,0	13,1	
					3	1470.	132,	145,	
					4	71.			
SV-8	79.07.06.	573492	410262	75	1	655.	1,19	1,19	
					2	5030.	25,8	27,0	
					3	697.	89,6	117,	
					4	91.			
SV-9	79.07.07.			63	1	150.	0,09	0,09	5. viðnámsgildi sett fast
					2	1050.	10,9	11,0	
					3	18000.	4,67	15,7	
					4	313.	128,	143,	
					5	60.			
SV-10	79.07.04.	572532	409687	153	1	2910.	1,17	1,17	
					2	1540.	2,03	3,20	
					3	4740.	31,4	34,6	
					4	447.	120,	155,	
					5	99.			
SV-11	79.07.06.	573585	409397	70	1	631.	0,70	0,73	Ófullnægjandi tölvutúlkun
					2	295.	1,27	2,00	
					3	13900.	2,73	4,74	
					4	2300.	48,9	53,6	
					5	741.	40,0	93,7	
					6	130.			
SV-12	79.07.07.			106	1	1990.	2,93	2,93	Ófullnægjandi tölvutúlkun
					2	122.	1,00	3,93	
					3	14800.	7,69	11,6	
					4	162.	133,	144,	
					5	32.			



ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

JARÐVATNSMÆLINGAR Í BORHOLUM

Melt:

Unnið af:

TAFLA 2

Blað 3

Ár 79

Svaði : SULTARTANGI-BÚÐARHÁLS

Dags- mæti- ngar	Heiti holu/jarðvatnsborð m y.s.												
	St-19 1)	ST-20A	ST-20B	ST-21	PH-10A	PH-10B	PH-11	PH-12	PH-13	PH-14	PH-15B	HP-15	X
06.07.												400,2	398,2
26.07.												400,1	398,1
02.08.												399,9	398,1
29.08.												397,2	397,1
31.08.		287,9											
01.09.		287,9											
02.09.		287,9											
05.09.											282,6		
06.09.									286,4	282,7			
07.09.					287,5	287,0	286,6	285,8					
21.09.		287,4											
30.09.													395,6
16.10.	284,1	287,2	287,2										
18.10.	284,2	287,2	287,2										
01.11.	284,2	287,4	287,4										
02.11.					<287,1	286,1	286,5	<285,4	286,4	<282,6	<282,5		
06.11.				287,3									
08.11.				287,4									
13.11.	284,4	287,5	287,5	287,4									
	1) 2"rör												

ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

JARÐVATNSMÆLINGAR Í BORHOLUM

Melt:

Unnið af:

TAFLA 2

Blað 4

Ár 79

Svaði : SULTARTANGI-BÚÐARHÁLS

Dags- mæti- ngar	Heiti holu/jarðvatnsborð m y.s.												
	PH-1	PH-2	PH-3	PH-4	PH-5	PH-6	PH-7	PH-8	PH-9	L-4	L-5	HR-2	
06.07.											361,3	357,5	364,4
10.07.									240,9				
26.07.											360,8	357,3	363,7
02.08.		272,0						245,8	240,7		360,7	357,3	363,5
03.08.	273,6	272,0	278,8	282,8	282,1	273,2	274,6						
28.08.	273,1	271,5	278,0	281,8	281,0	272,7	274,4	245,8	240,3				
29.08.											360,5	<357,3	363,0
30.09.													362,5
01.10.	272,4	270,7	276,8	280,4	279,9	272,1	273,8	244,8	239,8				
02.10.			276,8	280,4	279,9		273,8						
15.10.	272,1	270,4											
14.11.	272,3	270,6	277,1	280,9	280,5	271,7	273,6	245,9	240,7				



TAFLA 3

Vatn og hiti í borholum á Búarháls-Sultartangasvæði

Númer holu	Metrar vatns í holu	Vegið hita- meðaltal °C	Athugasemdir
BH- 1	11		Jafn ferill 4,0-4,6°C
BH- 2	121		Jafn ferill 2,9-8,6°C
BH- 3	59		Jafn ferill 2,8-4,2°C
PH- 1	2	3,0	
PH- 2	3	4,6	
PH- 3	18	2,6	
PH- 4	21	3,9	
PH- 5	17	4,3	
PH- 6	1	5,0	
PH- 7	6	5,0	
PH- 8	2	5,7	
PH- 9	1	4,3	
ST- 1	12		Jafn ferill, 1,8-4,3°C
ST- 3	38	2,9	
ST- 4	9	4,0	
ST- 5	10		Jafn ferill, 4,1-5,1°C
ST- 6	4	3,4	
ST- 9	8	3,9	
ST-14	28	4,1	
ST-15	27	3,9	Óreglulegur ferill
ST-16	11	2,9	Óreglulegur ferill?
ST-17	92	4,5	Í hrauni, þar fyrir neðan vaxandi hiti upp í 12,2°C
ST-18	26		Óreglulegur ferill?
ST-19	45	3,9	
ST-20A	19	3,9	
ST-20B	18	3,9	

Vatn og hiti í borholum á svæðinu milli Búrfells og Hrauneyjafells

Númer holu	Metrar vatns í holu	Vegið hita- meðaltal °C	Athugasemdir
BH- 1B	8		Óreglulegur ferill
BH- 4	85	4,4	
BH- 6	30	5,1	
LD- 7	6	1,2	
LD-22	6	5,5	
HP-15	4	4,4	
HR- 2	9	4,3	
X	7	4,2	
SB- 2	5	2,6	
TH- 1	8	5,5	
TH- 2	26	5,2	
TH- 3A	22	4,1	
TH- 3B	10	2,9	
TH- 4	10	4,7	Óreglulegur ferill
TH- 6	20	5,7	
TH- 8	14	5,7	
TH- 9	14		Óreglulegur ferill

## TAFLA 4

Staðsetning, hæð og dýpi gryfja á Sultartangasvæði

Númer gryfju	Hnit		Hæð á jörð m y.s.	Dýpi frá jörð	Hæð botns m y.s.
	Y	X			
GR- 1	412,604	572,562		2,5	
GR- 2	412,535	572,494		2,6	
GR- 3	412,471	572,426		1,9	
GR- 4	412,429	572,389		2,6	
GR- 5	412,369	572,325		1,8	
GR- 6	412,284	572,232		2,4	
GR- 7	412,219	572,173		3,8	
GR- 8	412,155	572,100		2,7	
GR- 9	412,093	572,043		2,9	
GR-10	411,942	571,884		2,8	
GR-11	412,313	573,006		2,9	
GR-12	412,168	572,835		3,0	
GR-13	412,017	572,644		2,4	
GR-14	411,838	572,520		2,5	
GR-15	411,717	572,289		3,8	
GR-16	411,554	572,074		1,8	
GR-17	412,909	572,300		1,8	
GR-18	412,758	572,108		1,6	
GR-19	412,608	571,917		1,4	
GR-20	412,477	571,761		1,5	
GR-21	412,348	571,599		2,4	
GR-22	412,784	571,445		1,0	
GR-30	411,288	573,854	288,8	2,0	286,8
GR-31	411,336	573,623	289,0	2,2	286,8
GR-32	411,370	573,358	289,8	2,6	287,2
GR-33	411,391	573,103	290,0	2,8	287,2
GR-34	411,356	572,843	290,5	1,7	288,8
GR-35	411,344	572,339	291,6	2,0	289,6
GR-36	411,282	572,567	291,1	1,3	289,8
GR-37	411,040	572,408	291,0	2,8	288,2
GR-38	410,918	572,163	291,3	2,8	288,5
GR-39	410,810	571,916	291,9	2,3	289,6
GR-40	410,759	571,530	293,3	3,5	289,8
GR-41	411,081	571,841	292,4	1,5	290,9
GR-42	411,597	572,812	290,5	2,7	287,8
GR-43	411,777	572,547	290,7	1,7	289,0
GR-44	411,768	572,199	291,8	2,5	289,3

TAFLA 5

Staðsetning, hæð og dýpi písaðola á Sultartanga og nágrenni

Númer gryfju	Hnit		Hæð á písaðöri	Dýpt holu frá jörð	Hæð botns m y.s.
	Y	X			
PH- 1	409,255	573,189	290,79	21,9	≈267,8
PH- 2	408,054	573,805	290,45	19,5	≈270,2
PH- 3	409,709	574,412	288,61	28,5	259,1
PH- 4	410,552	573,804	289,38	29,0	259,3
PH- 5	410,489	571,954	292,98	29,0	262,7
PH- 6	408,578	571,717	298,05	28,0	≈269,5
PH- 7	407,274	571,986	298,28	31,0	266,3
PH- 8	404,935	578,346	264,99	22,0	242,0
PH- 9	403,883	580,756	258,83	19,5	238,3
PH-10A	412,165	572,835	292,20*	4,0	
PH-10B	411,902	573,195	288,89*	2,0	
PH-11	411,875	573,230	290,14*	2,9	
PH-12	411,588	573,680	289,83*	3,6	
PH-13	411,331	574,077	288,76*	2,6	
PH-14	411,300	574,126	288,36*	4,8	
PH-15B	410,985	574,433	288,45*	5,7	
PH-15A	411,067	574,486	290,24*	4,5	
PH-16	410,777	574,923	288,95*	5,5	
PH-17	410,513	575,321	288,00*	4,0	
PH-18	410,213	575,732	287,70*	6,0	

\* Fyllt gryfja, með písaðöri

Hæill nr.	LÍNA	$t_c$ (ms) $V$ (km/s) $h$ (m)	
		$t_c$ (ms)	$V$ (km/s) $h$ (m)
700	S	10	2,1 20
	N	10	2,1 20
800	S	12	2,1 20
	N	12	2,1 20
700	S	10	2,3 25
	N	10	2,3 25
800	S	9	2,4 30
	N		
	LÍNA K		
600	S		
	N	11	2,3 25
700	S	10	2,3 25
	N	12	2,3 25
800	S	10	2,3 25
	N	10	2,4 30
	N	10	2,4 30
1000	S	10	2,3 25
	N		
	LÍNA L		
500	S		
	N	16	2,2 20
600	S	15	2,2 20
	N	16	2,2 20
700	S	11	2,3 25
	N	11	2,3 25
800	S	12	2,3 25
	N	12	2,3 25
850	S	11	2,3 25
	N	12	2,3 25
900	S	?	?
	N	12	2,3 25
950	S	12	2,3 25
	N	?	?
1000	S	11	2,3 25
	N	10	2,3 25
1050	S	10	2,3 25
	N	9	2,3 25

Hæill nr.	LÍNA	$t_c$ (ms) $V$ (km/s) $h$ (m)	
		$t_c$ (ms)	$V$ (km/s) $h$ (m)
1100	S	9	2,3 25
	N	10	2,3 25
1200	S	9	2,3 25
	N		
	LÍNA M		
500	S		
	N	11	2,2 25
600	S	10/11	2,3/2,2 30/25
	N	10/11	2,3/2,2 30/25
700	S	8	2,3 30
	N	8	2,3 30
800	S	10/8	2,2/2,3 25/30
	N	10/8	2,2/2,3 25/30
900	S	9/6	2,2/2,3 25/30
	N	10/6	2,2/2,3 25/30
1000	S	10	2,2 25
	N	10	2,2 25
1100	S	10	2,2 25
	N	9	2,2 25
1200	S	12	2,1 20
	N	12	2,1 20
	LÍNA N		
400	S		
	N		
500	S	16	2,3 25
	N	14	2,3 25
600	S	12/14	2,4/2,3 30/25
	N	13/15	2,4/2,3 30/25
700	S	13/14	2,4/2,3 30/25
	N	13/14	2,4/2,3 30/25
800	S	12/14	2,4/2,3 30/25
	N	12/14	2,4/2,3 30/25
900	S	12	2,3 25
	N	14	2,4 25
1000	S	14	2,4 25
	N	14	2,4 25
1100	S	15	2,3 20
	V	15	2,2 20
1200	A	13	2,1 15

Hæill nr.	LÍNA	$t_c$ (ms) $V$ (km/s) $h$ (m)	
		$t_c$ (ms)	$V$ (km/s) $h$ (m)
300	S	18	2,2 25
	N	17	2,3 25
400	S	16	2,3 25
	N	16	2,3 25
500	S	14	2,4 30
	N	13	2,3 30
600	S	14	2,3 30
	N	13	2,3 30
700	S	14	2,3 30
	M	13	2,3 30
800	S	14	2,3 30
	N		
850	S		
	N	14	2,3 25
900	S	16	2,3 25
	N	16	2,3 25
1000	S	14	2,3 25
	N	14	2,3 25
1100	S	15	2,3 25
	N		
1150	S	16	2,3 25
	N		
	LÍNA P		
100	S		
	N	20	2,1 20
200	S	19	2,1 20
	N	20	2,2 20
300	S	19	2,3 25
	N	18	2,3 25
400	S	18	2,3 30
	N	17	2,3 30
500	S	16	2,3 30
	N	16	2,3 30
600	S	16	2,3 30
	N	14	2,3 30
700	S	14	2,3 30
	N	14	2,3 30
800	S	15	2,3 30
	N	15	2,3 30
900	S	15	2,3 30
	N	14	2,3 30





ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Calculated according to time-intercept

Hljóðspeglun

á

stíflustæði

1979

Ár.....

Ath.

$t_c$  (ms) – tímalæðrétting fyrir yfirbáslag skv. hljóðbrótsmælingum.  
 $V$  (km/s) – hljóðhraði í hrauni TH<sub>i</sub> skv. bergmásmælingum.  
 $h$  (m) – þykkt á hrauni TH<sub>i</sub>

Staður.....

BÖÐARHÁLSVIRKJUN

Hæill nr.	$t_c$ (ms)	$V$ (km/s)	$h$ (m)
1000	S	14	2,2 25
	N	13	2,2 25
1100	S	14	2,2 25
	N	14	2,2 25
1200	S	16	2,1 20
	N		
	LÍNA Ö		
0	S	19	2,1 20
	N	18	2,1 20
100	S	19	2,2 25
	N	19	2,2 25
200	S	17	2,3 30
	N	15	2,3 30
300	S	16	2,3 30
	N	15	2,3 30
400	S	14	2,3 30
	N	14	2,3 30
500	S	14	2,3 30
	N	14	2,3 30
600	S	14	2,3 30
	N	14	2,3 30
700	S	16	2,3 30
	N	14	2,3 30
800	S	16	2,3 30
	N	16	2,3 30
900	S	17	2,2 25
	N	19	2,3 25
100	S	18	2,3 25
	N		
	LÍNA R		
+200	S		
	N	15	2,0 15
+100	S	15	2,1 20
	N	15	2,1 20
0	S	16	2,2 25
	N	16	2,2 25
100	S	14	2,3 30
	N	15	2,3 30
200	S	15	2,3 30
	N	15	2,3 30
300	S	15/14	2,3/2,4 30/35
	N	17/15	2,3/2,4 30/35

Hæill nr.	$t_c$ (ms)	$V$ (km/s)	$h$ (m)
	LÍNA R		
400	S	16/14	2,3/2,4 30/35
	N	15/14	2,3/2,4 30/35
500	S	14/16	2,4/2,3 35/30
	N	14/17	2,4/2,3 35/30
600	S	15/17	2,4/2,3 35/30
	N	14/16	2,4/2,3 35/30
700	S	14/16	2,4/2,3 35/30
	N	12/15	2,4/2,3 35/30
800	S	17/15	2,3/2,4 30/35
	N	16/13	2,3/2,4 30/35
900	S	17	2,3 30
	N	22	2,3 30
1000	S	23/22	2,2/2,3 25/30
	N		
	LÍNA S		
+300	S		
	N	17	2,2 25
+200	S	16	2,2 25
	N	16	2,2 25
+100	S	14	2,3 30
	N	14	2,3 30
0	S	?	?
	N	14	2,3 30
100	S	12	2,3 30
	N	14	2,3 30
200	S	?	?
	N	14	2,3 30
300	S	16/14	2,3/2,4 30/35
	N	18/16	2,3/2,4 30/35
400	S	15	2,4 35
	N	15	2,4 35
500	S	16	2,4 35
	N	17	2,4 35
600	S	17	2,4 35
	N	17	2,4 35
700	S	16	2,4 35
	N	17	2,4 35
800	S	18	2,4 35
	N	16	2,4 35
900	S	18	2,3 30
	N		

Hæill nr.	$t_c$ (ms)	$V$ (km/s)	$h$ (m)
	LÍNA T		
+400	S	16	2,2 25
	N	16	2,2 25
+300	S	14	2,3 30
	N	16	2,3 30
+200	S	17	2,3 30
	N	16	2,3 30
+100	S	16	2,3 30
	N	16	2,3 30
0	S	17	2,3 30
	N	16	2,3 30
100	S	16	2,3 30
	N	15	2,3 30
200	S	15	2,3 30
	N	?	?
300	S	13	2,3 30
	N	14	2,4 30
400	S	14	2,4 35
	N	14	2,4 35
500	S	14	2,4 35
	N	15	2,4 35
600	S	17	2,4 35
	N	16	2,4 35
700	S	18	2,4 35
	N	18	2,4 35
800	S	20	2,4 35
	N		

TAFLA 6



TAFLA 7  
JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Calculated according to time-intercept

Staður. BÚÐARHÁL SVIRKJUN

Yfirfall við Búðarháls

Ár. 1979

Hæll nr.	Hnit		Hæð m y.s.	Hljóðhraði, km/s						Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H <sub>2</sub>	
	Y-norður	X-vestur		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>3</sub>		1. lag h <sub>1</sub>	2. lag h <sub>2</sub>			
			V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>		V <sub>t</sub>	V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>	V <sub>t</sub>						
BH- 1	A	411.665.5	571.950.9	295,3		1,1		1,1	4,2	4,2	6,7	6,2	6,7
	B	411.679.1	571.911.7	299,1		0,8			4,3		5,1		5,1
BH- 2	A	411.690.8	571.834.0	306,1		1,4		1,2	4,1	4,1	6,5		6,5
	B	411.775.5	571.786.0	307,4		1,1			4,0		4,4		4,4
BH- 3	A	411.838.0	571.758.6	305,5	0,6	2,2		1,7	3,6	4,0	2,0	6,0	8,0
	B	411.921.3	571.708.1	305,8	-	1,4			4,4		-	10,0	10,0
* BH- 4	A	411.805.5	571.692.2	314,9	0,6	1,7		1,6	4,4	4,1	<2,0	10,5	<12,5
	B	411.877.4	571.630.5	317,0	-	1,5			3,8		-	9,6	9,6
* BH- 5	A	411.698.7	571.577.0	324,4		1,1		1,0	3,8	4,0	3,5		3,5
	B	411.796.9	571.568.4	324,9		0,8			4,1		3,5		3,3
* BH- 6	A	411.568.7	571.625.3	319,6		1,6			3,6		~3,0		13,0
	B	411.666.7	571.637.0	320,3		3,6			1,6		~4,5		?
(X) BH- 7	A	411.547.7	571.764.8	310,3	0,7	2,2		2,5	4,2	4,2	<2,0	10,6	<12,6
	B	411.639.5	571.807.1	309,2	0,7	2,8			4,3		<2,0	13,0	<15,0
BH- 8	A	411.667.9	571.681.6	316,9	0,7	2,8					2,2		2,2
	B	411.765.2	571.666.6	319,4	0,9	2,8					2,2		2,2
BH- 9	A				0,9	3,3		3,1			5,6		5,6
	B				0,6	3,0					3,2		3,2
(X) BH-10	A	411.685.7	571.322.9	332,8	0,8	4,1		3,9			~2,8		~2,8
	B	411.751.7	571.397.5	333,6	0,8	3,7					~2,7		~2,7
JBH- 9	A	412.009.9	571.648.5	302,3	0,6	3,3		3,2			2,0		2,0
	B	412.048.6	571.609.6	303,8	0,6	3,1					1,5		<2,0
JBH-10	A				0,6	1,6		1,6	3,6	3,4	1,7	5,7	7,4
	B				0,6?	1,6			3,3		1,7	5,9	7,6
JBH-11	A	411.899.4	571.536.8	323,2	0,8	3,5		3,4			5,4		5,4
	B	411.941.2	571.501.7	323,1	0,8	3,4					5,4		5,4
JBH-12	A	411.862.2	571.434.1	331,9	0,7	4,3		3,4			4,2		4,2
	B	411.834.5	571.385.8	334,5	0,7	2,9					1,4		<2,0
* JBH-13	A	412.022.2	571.437.4	319,1	0,6	4,2		4,1			2,6		2,6?
	B	412.064.5	571.402.1	317,9	0,6	4,1					2,6		2,6
JBH-14	A	411.901.4	571.283.9	339,1	0,7	2,8		3,0			1,3		
	B	411.941.5	571.244.6	341,0	0,7	3,1					2,3		

Ath.

\* Vertical structure causes ambiguity in interpretation.  
(X) Not unique solution.

V = velocity / hljóðhraði  
u = up-dip / hallar upp  
d = down-dip / hallar niður  
t = true / réttur



JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Calculated according to time-intercept

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN. (SH) . . . . . Fitjaskógar

Ár. 1979 . . . . .

Hæll nr.	Hnit		Hæð m y.s.	Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H <sub>2</sub>	
	Y-norður	X-vestur		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>3</sub>		1. lag h <sub>1</sub>	2. lag h <sub>2</sub>		
			V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>		V <sub>t</sub>	V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>	V <sub>t</sub>					
SH- 1	A	412.819.3	572.981.3	326,4	0,8	4,3	4,3			2,8	2,8	
	B	412.886.8	572.909.7	326,9	0,7	4,3				4,3	4,3	
SH- 2	A	412.717.3	572.901.8	302,2	0,6	3,5	3,5			2,3	2,3	
	B	412.784.0	572.831.4	301,6	0,4	3,5				2,3	2,3	
SH- 3	A	412.690.9	572.876.8	288,4	0,9	3,9	3,6			1,8	<2,0	
	B	412.755.0	572.802.6	288,7	-	3,3				<1,0	<1,0	
SH- 4	A	412.883.7	572.795.2	309,5	-							
	B	412.948.8	572.720.1	309,2	1,0	3,2			~1,0	<2,0		
SH- 5	A	412.931.8	572.858.1	326,9	0,9	3,1	3,2			2,3	2,3	
	B	412.994.2	572.780.3	326,9	0,9	3,4				3,8	3,8	
SH- 7	A	412.804.3	572.728.5	288,1	0,7	3,7	3,6			1,7	<2,6	
	B	412.839.6	572.686.2	288,3	?	3,4				<1,0	<1,0	
SH- 8	A	412.846.4	572.626.5	288,4	1,0	3,5	3,6			1,7	<2,0	
	B	412.882.0	572.585.9	287,9	1,2	3,6				1,1	<2,0	
SH- 9	A	412.890.3	572.665.7	299,3	0,6	3,8	3,4			3,0	3,0	
	B	412.903.8	572.612.9	297,3	0,6	3,0				1,7	<2,0	
SH-10	A	412.898.8	572.692.3	299,9	0,6	3,0	3,0			2,3		
	B	412.939.4	572.665.1	300,7	0,6	3,0				2,4		
SH-11	A	412.970.6	572.598.2	301,0	0,6	3,2	3,2			1,8	<2,0	
	B	413.007.5	572.558.0	302,0	0,6	3,1				1,8?	<2,0	
SH-12	A	413.026.4	572.639.8	311,4	0,6	3,8	3,6			2,3	2,3	
	B	413.064.7	572.600.4	312,1	0,6	3,4				3,0	3,0	
SH-13	A	413.067.7	572.426.6	288,4	1,0	4,3	3,9			1,5	<2,0	
	B	413.104.3	572.385.2	288,6	-	3,6				0	0	
* SH-14	A	413.095.2	572.475.6	303,4	-	1,2	1,7	3,0	3,1	-	6,2	6,2
	B	413.112,1	572.423.4	300,5	0,6	2,5		3,3			2,2	11,1
SH-15	A	413.134.0	572.541.4	315,7	0,5	2,6	3,2			2,3	2,3	
	B	413.170.0	572.499.7	314,4	0,5	3,9				4,0	4,0	
* SH-16	A	413.175.0	572.571.7	328,9	0,3?	1,5	1,6	4,8	5,0	2,7	10,5	13,2
	B	413.212.5	572.530.7	329,1	0,3?	1,7		5,2			3,3	9,4
* SH-17	A	413.169.9	572.419.1	301,5	0,5	3,4	3,4			2,4	2,4	
	B	413.171.9	572.367.1	299,5	0,5							

**Ath.**

\* Vertical structure or irregular surface layers causes ambiguity in interpretation.

V = velocity / hljóðhraði  
u = up-dip / hallar upp  
d = down-dip / hallar niður  
t = true / réttur

TAFLA 9

Staðsetning, hæð og dýpi kjarnahola á Sultartanga- og Búðarhálssvæði

Númer holu	Hnit Y	X	Hæð fóður- rörs m y.s.	Hæð á píсарöri m y.s.	Dýpi m	Hæð botns m y.s.
ST- 1	410,076	575,893	286,9		50,0	236,9
ST- 3	409,697	575,670	285,6		55,3	230,3
ST- 4	409,014	576,304	282,4		28,9	253,5
ST- 5	409,220	576,091	284,3		35,1	249,2
ST- 6	409,442	575,884	282,5		35,2	247,3
ST- 7	408,758	575,472	281,1		14,2	266,9
ST- 8	408,752	575,440	281,6		13,0	268,6
ST- 9	408,512	574,360	289,7		22,3	267,4
ST-10	409,136	576,678	305,7		65,1	240,6
ST-11	409,215	576,487	302,2		48,5	253,7
ST-12	408,994	576,620	284,3		40,5	243,8
ST-13	409,143	576,422	287,3		27,4	259,9
ST-14	412,422	572,379	290,8		65,8	225,0
ST-15	412,752	571,932	289,8	291,0	104,4	186,6
ST-16	409,720	572,490	291,3	292,2	57,8	233,7
ST-17	412,676	572,637	291,2	291,8	200,0	91,1
ST-18	412,424	572,382	290,9		30,7	260,2
ST-19	412,255	572,208	290,9	{ 291,8x	88,2	202,7
ST-20A	412,006	571,954	291,1	{ 291,9xx 292,1	23,3	267,8
ST-20B	412,014	571,961	291,0	291,5	22,8	268,2
ST-21	412,589	572,550	291,0		32,5	258,4

x Hæð á 1" rör

xx Hæð á 2" rör

TAFLA 10

Staðsetning, hæð og dýpi kjarnahola við Búðarháls

Númer holu	Hnit		Hæð fóður- rörs m y.s.	Hæð á píсарöri m y.s.	Dýpi m	Hæð botns m y.s.
	Y	X				
BH-1	411,792	571,394	334,9		31,0	303,9
BH-2	414,188	566,971	408,8		130,2	278,6
BH-3	413,612	563,527	354,2 <sup>1)</sup>		65,7	288,5
HA-1	409,902	568,745	309,4		32,6	276,8
HR-2	408,540	563,238	394,3	395,3	67,0	327,3
TH-1	405,272	575,598	269,6	270,1	28,4	241,2
TH-2	407,292	573,773	289,7		48,0	241,7
TH-3A	409,145	575,527	284,1	285,2	48,3	235,8
TH-3B	409,144	575,529	284,2		59,5	224,7
TH-4	409,399	570,285	300,1	300,8	32,3	267,8
TH-5	410,468	567,427	322,0		21,6	300,4
TH-6	405,615	568,152	378,6	379,4	60,6	318,0
TH-7	407,146	567,978	368,7		24,9	343,8
TH-8	403,730	565,881	427,2	428,1	66,0	361,2
TH-9	406,988	564,307	393,5	394,1	37,0	356,5
X	409,056	560,283	420,9		46,0	374,0
SB-1	408,384	577,168	272,1		14,2	257,9
SB-2	408,372	577,159	271,7		16,7	255,0

1) Hæð á jörð

Búðarhálsvirkjun, ST-19, helstu eiginleikar setsýna

Sýni	Dýpi	Greining	Rakastig w [%]	Vot rúþyngd $\gamma_t$ [t/m <sup>3</sup> ]	Purr rúþyngd $\gamma_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	Holrýmð (poruhluti) n [%]	Poruhlutfall e
1.	(ÓS) 29,7 - 30,2	m: Sandur m/steinvölum	22,4	2,15	1,75	37	0,60
2.	(ÓS) 30,25-31,0	m: Sandur, efri hluti sendin fínmöl	18,2	2,2	1,86	34	0,52
3.	(ÓS) 31,05-31,7	m: Sandur m/steinvölum	23,9	2,02	1,63	38	0,62
4a	(ÓS) 31,7 - 31,85	m: Sandur m/steinvölum	20,2	2,07	1,72	37	0,58
4b	(ÓS) 31,85-32,2	m: 5 sm öskulag síðan lagsk. méla og fínsandur	38,8	1,94	1,40	47	0,89
5.	? 33,3 - 33,7	m: Ólagskiptur fínsandur með mélu	39,7	1,86	1,33	52	1,10
6.	(SS) 33,9 - 34,3	m: Ólagskiptur fínsandur með mélu	33,0				
7.	(ÓS) 34,4 - 35,1	m: Lagskiptur fínsandur með mélu	27,0	2,01	1,58	54	1,19
8.	(ÓS) 35,6 - 36,4	m: Lagskiptur fínsandur. Vottur af mólulögum efst	22,8	2,12	1,73	39	0,63
9.	(ÓS) 36,4 - 36,7	m: Lagskiptur fínsandur. Mólulög neðst	29,0	2,06	1,60	46	0,87
10.	(ÓS) 36,7 - 37,1	m: Fínsandur með þunnum mólulögum	28,3	2,10	1,64	46	0,86
11.	(ÓS) 37,1 - 37,4	m: Fínsandur með þunnum mólulögum	30,5	2,08	1,59	46	0,86
12.	(ÓS) 37,4 - 38,1	m: Fínsandur, svartur, óreglulega lagkiptur. Þunn mólulög ofantil. Jurtaleifar í 37,5 m	36,0	1,97	1,45	48	0,92
13.	(ÓS) 38,5 - 38,9	m: Fínsandur með þunnum mólulögum	35,4	1,98	1,46	52	1,10
14.	(ÓS) 39,55-40,35	m: Fínsandur með mólulögum. 5 sm mosaleifar í 39,9 m	36,7	1,92	1,40	50	0,98
15.	(ÓS) 42,7 - 43,5	m: Havrfleir, méla	51,1	1,82	1,20	61	1,60

ÓS = ÓSPJÖLLUÐ SÝNI

SS = SPJÖLLUÐ SÝNI

## Búðarhálsvirkjun, ST-20, helstu eiginleikar setsýna

Hola	Sýni	Dýpi	Greining	Rakastig w [%]	Vot rúþyngd $\gamma_t$ [t/m <sup>3</sup> ]	Purr rúþyngd $\gamma_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	Holrýmd (poruhluti) n [%]	Poruhlutfall e
ST-20A	1 (SS)	15,6 -16,2 m	Borsvarf úr hrauni					
	2a (SS)	16,5 -16,9 m	Borsvarf úr hrauni					
	2b (ÓS)	16,9 -17,2 m	Ljós vikur og aksa. Þunnt moldarlag neðst					
	3 (ÓS)	17,35-18,05 m	Sandur og silt	52,7	1,78	1,16	65	1,86
	4 (ÓS)	19,0 -19,17 m	Svört aska	46,0	1,59	1,09	49	0,95
	5 (ÓS)	19,2 -19,55 m	Svört aska	45,7	1,69	1,16	51	1,06
ST-20B	1 (ÓS)	17,8 -18,0 m	5 sm mold og 15 sm grófur sandur					
	2 (ÓS)	18,4 -19,15 m	Ljós vikur og aska	66,2				
	3 (ÓS)	19,3 -19,9 m	Vikur og aska	60,1	1,66	1,04		
	4 (ÓS)	20,2 -20,6 m	5 sm vikur þá lagskipt aska	56,8	1,70	1,08	61	1,60

Búðarhálsvirkjun. Efnisflokkar og helstu eiginleikar sets úr ST-19 og ST-15

ST-19	Silt %	w%		$\bar{y}_T(t/m^3)$		n	
		$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$	$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$	$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$
Sandur og fínmöl (Sýni: 1,2,3,4a)	4	21,2	2,5	2,11	.08	37	1,7
Fínsandur með mélu (Sýni: 7-10)	19	27,5	2,9	2,07	.04	46,2	5,3
Méluríkur fínsandur (Sýni: 12-14)	43	36,0	0,7	1,96	.03	50	2,0
Hvarfleir, méla (Sýni: 15)	99	51,1	/	1,82	/	61	/

ST-15	Silt %	w%		$\bar{y}_T(t/m^3)$		n%	
		$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$	$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$	$\bar{x}$	$\sigma_{n-1}$
Sandur og fínmöl (Sýni: 1,2,3)	5	22,3	5,8				
Fínsandur með mélu (Sýni: 7,8)	7	28,5	2,1	2,06		42,1	
Méluríkur fínsandur (Sýni: 6,9-15)	27	39,7	1,6	1,93	.18	51,4	1,6
Hvarfleir, méla og fínsandur (Sýni:16,17)	94	45,3	3,0	1,87	.06	54	2,2
Hvarfleir, méla (Sýni: 18B)	99	56,8	/	1,64	/	62	/



TAFLA 14

## Búðarhálsvirkjun. Niðurstöður dæluþrófana í ST-17

Dags.	Holu- dýpt (m)	Prófbil (m)	Dælu- þróf	Úrvinnslu- aðferð	Lægsta	Leiðni T (m <sup>2</sup> /s) Meðal	Hæsta	Mesta dælt magn Q (m <sup>3</sup> /s)
79.08.15	10,0	(3-10)	rennslisþrófun	lína	1,0·10 <sup>-3</sup>		1,3·10 <sup>-3</sup>	8,0·10 <sup>-3</sup>
79.08.20	15,0	10-15	þrepadæling	lína	4,5·10 <sup>-4</sup>		9,8·10 <sup>-2</sup>	30,9·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	parabóla	4,3·10 <sup>-4</sup>		5,6·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	3,4·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-3</sup>	2,0·10 <sup>-3</sup>	-
79.08.21	24,85	10-25	þrepadæling	lína	3,3·10 <sup>-4</sup>		3,5·10 <sup>-4</sup>	32,4·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	parabóla	3,1·10 <sup>-4</sup>		3,4·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	2,5·10 <sup>-4</sup>	7,3·10 <sup>-4</sup>	1,5·10 <sup>-3</sup>	-
79.08.22	28,3	10-28	þrepadæling	lína	5,6·10 <sup>-4</sup>		1,7·10 <sup>-3</sup>	41,2·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	parabóla	5,8·10 <sup>-4</sup>		1,9·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	7,8·10 <sup>-4</sup>	1,6·10 <sup>-3</sup>	2,7·10 <sup>-3</sup>	-
79.09.02	28,3	10-28	langtímadæling	lin-log, gryfja 1				20,2·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	lin-log, gryfja 2				-
-	-	-	-	lin-log, gryfja 4				-
-	-	-	-	lin-log, ST-17	1,1·10 <sup>-3</sup>		3,1·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log, gryfja 1				-
-	-	-	-	lin-log, gryfja 2				-
-	-	-	-	lin-log, gryfja 4				-

TAFIA 15

Búðarhálsvirkjun. Niðurstöður dæluþrófana í ST-18

Dags.	Holu- dýpt (m)	Prófbil (m)	Dælu- þróf	Úrvinnslu- aðferð	Lægsta	Leiðni T (m <sup>2</sup> /s)	Hæsta	Mesta dælt magn Q (m <sup>3</sup> /s)
79.08.15	6,0	(3-6)	rennslisþrófun	lin-log, ST-14		1,0·10 <sup>-1</sup>		7,0·10 <sup>-3</sup>
79.08.22	17,2	10-17	prepadæling	lína	6,4·10 <sup>-4</sup>		6,8·10 <sup>-3</sup>	29,4·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	parabóla	6,8·10 <sup>-4</sup>		4,7·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	2,6·10 <sup>-2</sup>	6,2·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-2</sup>	-
-	-	-	-	lína, ST-14	5,1·10 <sup>-2</sup>		8,6·10 <sup>-2</sup>	-
79.08.23	26,2	10-26	prepadæling	lína	1,1·10 <sup>-3</sup>		3,0·10 <sup>-2</sup>	29,8·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	parabóla	9,0·10 <sup>-4</sup>		1,6·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	1,2·10 <sup>-3</sup>	3,8·10 <sup>-3</sup>	9,3·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lína, ST-14	1,2·10 <sup>-2</sup>		1,2·10 <sup>-1</sup>	-
-	-	-	-	parabóla, ST-14	5,9·10 <sup>-2</sup>		1,9·10 <sup>-1</sup>	-
79.08.23	26,2	10-26	20 mín. dæl.	lin-log, ST-14		6,6·10 <sup>-2</sup>		29,8·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	log-log, ST-14		6,4·10 <sup>-2</sup>		-
79.08.24	30,8	10-31	36 mín. dæl.	lin-log, ST-14		8,0·10 <sup>-2</sup>		28,9·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	log-log, ST-14		7,4·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	lin-log, ST-18		9,7·10 <sup>-2</sup>		-
79.08.24	30,8	10-31	prepadæling	lína	1,9·10 <sup>-3</sup>		9,1·10 <sup>-3</sup>	29,2·10 <sup>-2</sup>
-	-	-	-	parabóla	2,4·10 <sup>-3</sup>		2,5·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lin-log	2,1·10 <sup>-3</sup>	4,4·10 <sup>-3</sup>	9,0·10 <sup>-3</sup>	-
-	-	-	-	lína, ST-14		1,9·10 <sup>-1</sup>		-
-	-	-	-	parabóla, ST-14		1,9·10 <sup>-1</sup>		-
79.09.04	30,8	10-31	langtímadæling	lin-log, gryfja A		4,7·10 <sup>-2</sup>		15,8·10 <sup>-3</sup>
-	-	-	-	lin-log, gryfja B		3,9·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	lin-log, ST-14		5,6·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	log-log, gryfja A		2,5·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	log-log, gryfja B		3,4·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	log-log, ST-14		6,3·10 <sup>-2</sup>		-
79.09.04-05	30,8	10-30	jöfnun	lin-log, ST-14		4,2·10 <sup>-2</sup>		-
-	-	-	-	log-log, ST-14		7,4·10 <sup>-2</sup>		-

TAFLA 16

Búðarhálsvirkjun. Niðurstöður dæluþrófana í ST-20

Dags.	Holu- dýpt (m)	Prófbil (m)	Dælu- þróf	Úrvinnslu- aðferð	Lægsta	Leiðni T (m <sup>2</sup> /s) Meðal	Hæsta	Mesta dælt magn Q (m <sup>3</sup> /s)
79.08.22	10,0	3-10	rennliþrófun		(4,5·10 <sup>-2</sup> )			18,5·10 <sup>-3</sup>
79.08.29	14,9	10-15	prepadæling	lína parabóla lin-log	4,7·10 <sup>-4</sup> 4,5·10 <sup>-3</sup> 1,0·10 <sup>-3</sup>	1,7·10 <sup>-3</sup>	2,2·10 <sup>-3</sup> 2,1·10 <sup>-3</sup> 2,2·10 <sup>-3</sup>	18,8·10 <sup>-3</sup> - -
79.08.30	14,9	10-15	prepadæling	lína parabóla lin-log	6,8·10 <sup>-4</sup> 6,6·10 <sup>-4</sup> 4,0·10 <sup>-4</sup>	9,7·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-3</sup> 7,5·10 <sup>-3</sup> 2,9·10 <sup>-3</sup>	22,0·10 <sup>-3</sup> - -
79.08.31	15,5	10-15,5	langtímadæling	lin-log, gryfja IV		1,5·10 <sup>-1</sup>		23,7·10 <sup>-3</sup>
79.09.01	15,5	10-15,5	langtímadæling	lin-log, gryfja IV lin-log, gryfja V		2,4·10 <sup>-1</sup> 2,2·10 <sup>-1</sup>		23,1·10 <sup>-3</sup> 23,1·10 <sup>-3</sup>



CALCULATED USING TIME - INTERCEPT METHOD

Staður... HH HAF .....

júli/ágúst Á. 1979 .....

Hæll nr.	Hnit		Hæð m y.s.	Hljóðhraði, km/s				Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H <sub>2</sub>	
	Y-norður	X-vestur		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>3</sub>		1. lag h <sub>1</sub>		2. lag h <sub>2</sub>
					V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>u</sub> og V <sub>d</sub>	V <sub>t</sub>			
HH- 1	A	409.439.06	579.652.61	0,4	4,5	3,6		9,4			
	B	409.368.24	579.586.05	0,5	3,0				8,0		
HH- 2	A	409.257.87	579.863.45	0,4	3,1	3,5		6,0			
	B	409.322.18	579.788.69	0,5	3,9				9,3		
HH- 3	A	409.258.51	580.297.49	0,5	3,3	3,8		8,1			
	B	409.323.40	580.216.51	0,5	4,5				10,6		
HH- 4	A			0,5	3,1	3,0		7,5			
	B			0,5	2,9				7,0		
HH- 5	A			0,4	1,0	1,0	3,0	3,0	2,6	7,0	9,6
	B			0,4	-				2,9	5,4	
HH- 6	A			0,4	2,1	2,4		4,2			
	B			0,4	2,7				6,6		
HH- 7	A	408.208.39	581.823.39	0,4	3,4	3,0		11,0			
	B	408.295.90	581.751.51	0,6	3,0				9,5		
HH- 8	A			0,4	2,9	2,5		6,2			
	B			0,4	2,2				3,8		
HH- 9	A			0,4	2,5	2,5		8,4			
	B			0,4	2,5				8,0		
HH-10	A	406.470.09	583.063.10	0,4	2,5	2,3		9,8			
	B	406.575.31	583.035.51	0,5	2,2				10,5		
HH-11	A	406.293.06	582.962.14	0,5	2,2	2,4		10,0			
	B	406.403.74	582.958.42	0,5	2,5				12,3		
HH-12	A	405.085.30	583.033.94	0,5	2,3	2,5		8,6			
	B	404.973.84	583.035.33	0,5	2,6				10,0		
HH-13	A	405.498.78	582.980.81	0,5	2,0	2,5		8,8			
	B	405.609.34	582.993.03	0,5	3,0				11,8		
HH-14	A	405.991.81	583.042.12	0,4	2,1	2,0		9,0	+?		
	B	406.099.78	583.057.47	0,4	1,9				8,0	+?	
HH-15	A	404.421.25	584.269.49	0,4	2,2	2,6		7,8			
	B	404.527.73	584.244.57	0,4	3,2				8,5		
HH-16	A	403.285.40	584.606.88	0,5	1,6	1,7		8,3	+?		
	B	403.391.26	584.586.68	0,5	1,8				11,0	+?	
* HH-17	A	407.670.82	582.301.19	0,4	4,2	3,6		5,4			
	B	407.746.30	582.220.48	0,8	3,1				3,0		
HH-18	A	407.574.55	582.283.37	0,4	1,2	1,3		4,0	+?		
	B	407.647.65	582.200.90	0,4	1,5				2,8	+?	
HH-19	A	407.629.39	582.210.63	0,4	2,8	3,4		5,2			
	B	407.700.27	582.293.87	0,7	4,3				3,9		
HH-20	A	404.034.35	584.363.22	0,5	2,2	2,4		3,5			
	B	404.130.25	584.311.65	0,4	2,6				5,1		
HH-21	A	408.804.56	580.929.33	θ=5,2°	0,4	9,8	3,2	12,8			
	B	408.893.54	580.862.59		0,5	2,4			5,8		
HH-22	A	408.831.37	580.964.61	0,4	2,4	3,2		11,0			
	B	408.798.19	580.855.52	0,4	4,9				13,8		

Ath. \* utan í hraunjaðrinum

 V = velocity / hljóðhraði  
 u = up-dip / hallar upp  
 d = down-dip / hallar niður  
 t = true / réttur





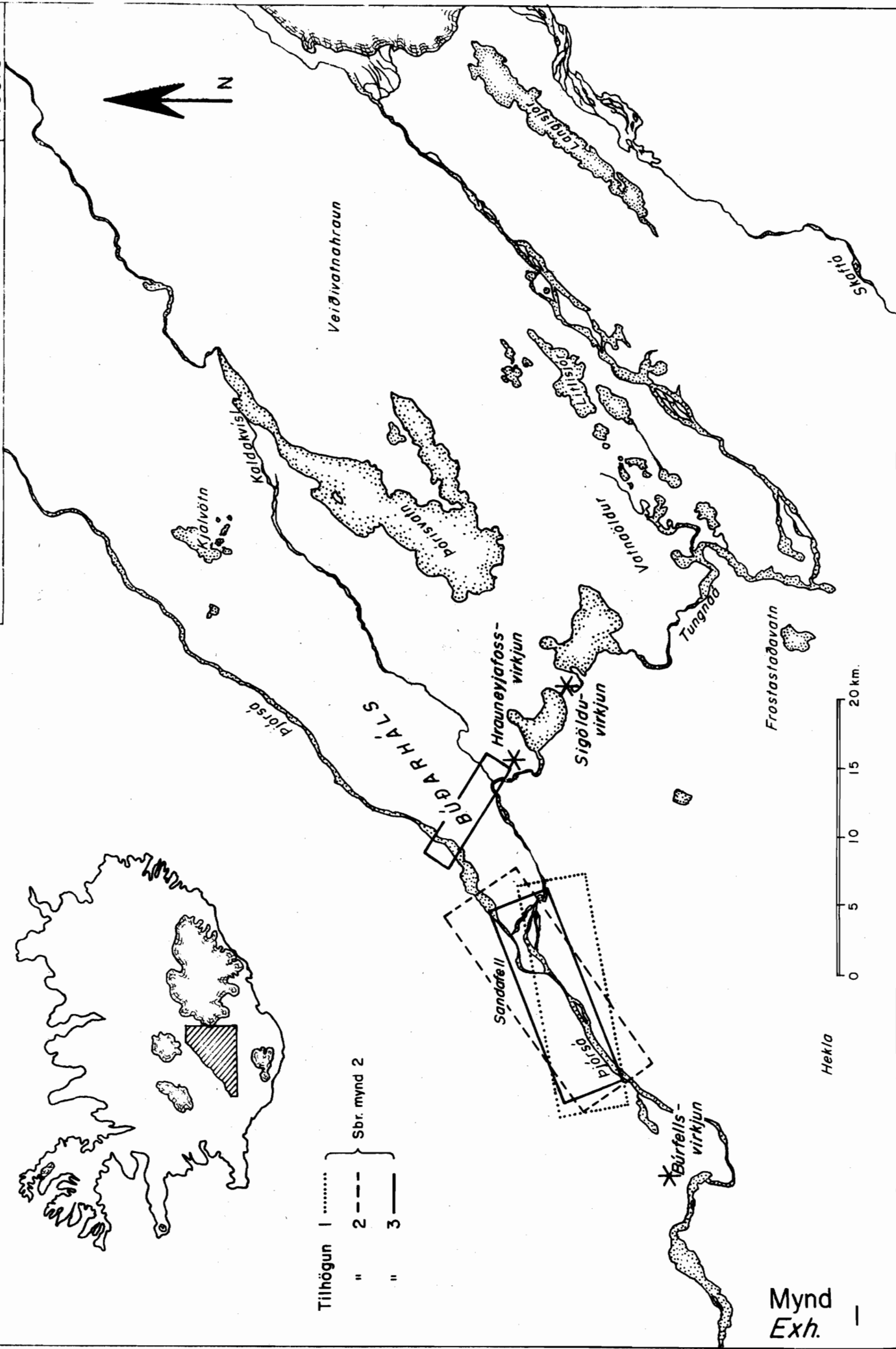
MYNDIR



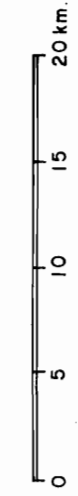


80.04.29. BK/ÓD  
B-332  
F.19573

ORRUGLEIÐIR  
BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Afstöðumynd



Tilhögun 1 .....  
 " 2 - - - -  
 " 3 ————  
 Sbr. mynd 2



Hekla

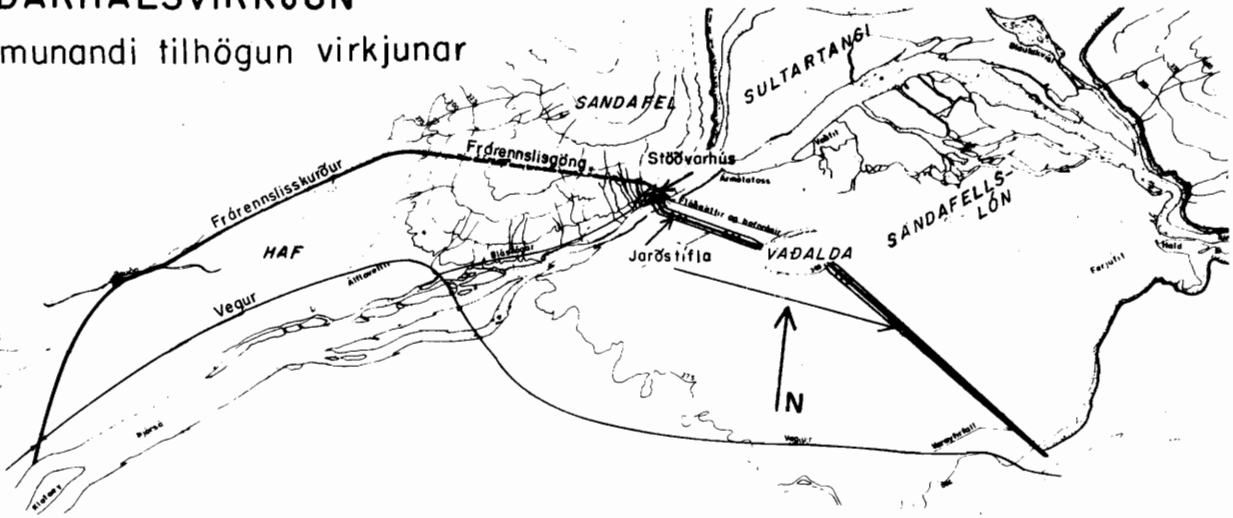
Mynd  
Exh. 1

# Mynd 2

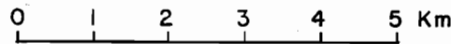
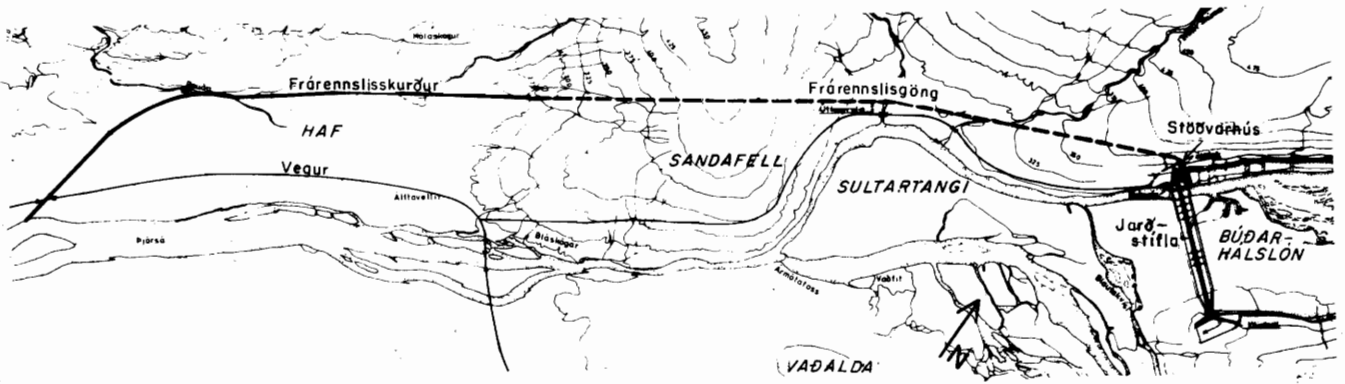
## BÚÐARHÁL SVIRKJUN

Mismunandi tilhögun virkjunar

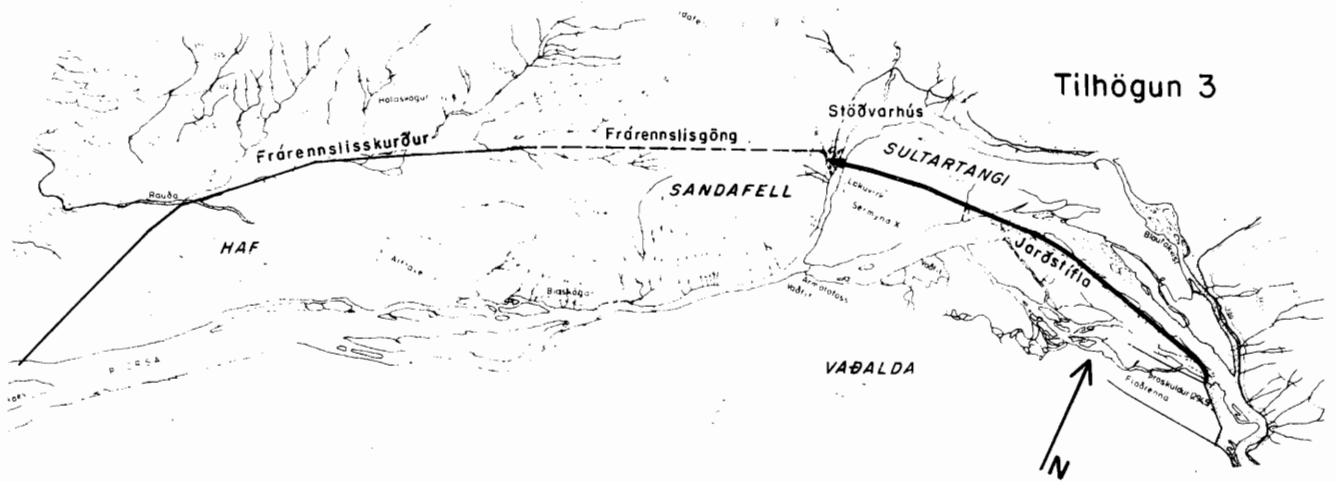
Tilhögun 1



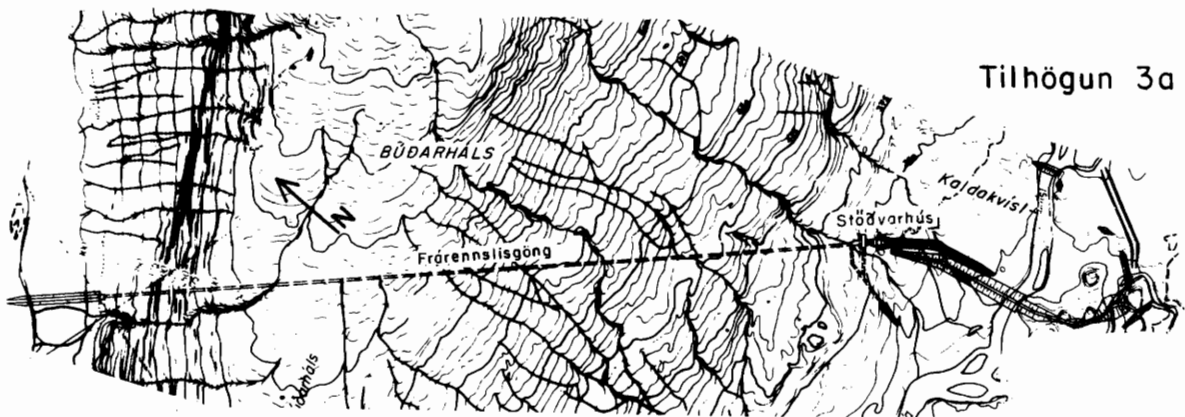
Tilhögun 2



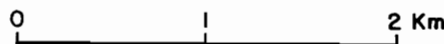
Tilhögun 3

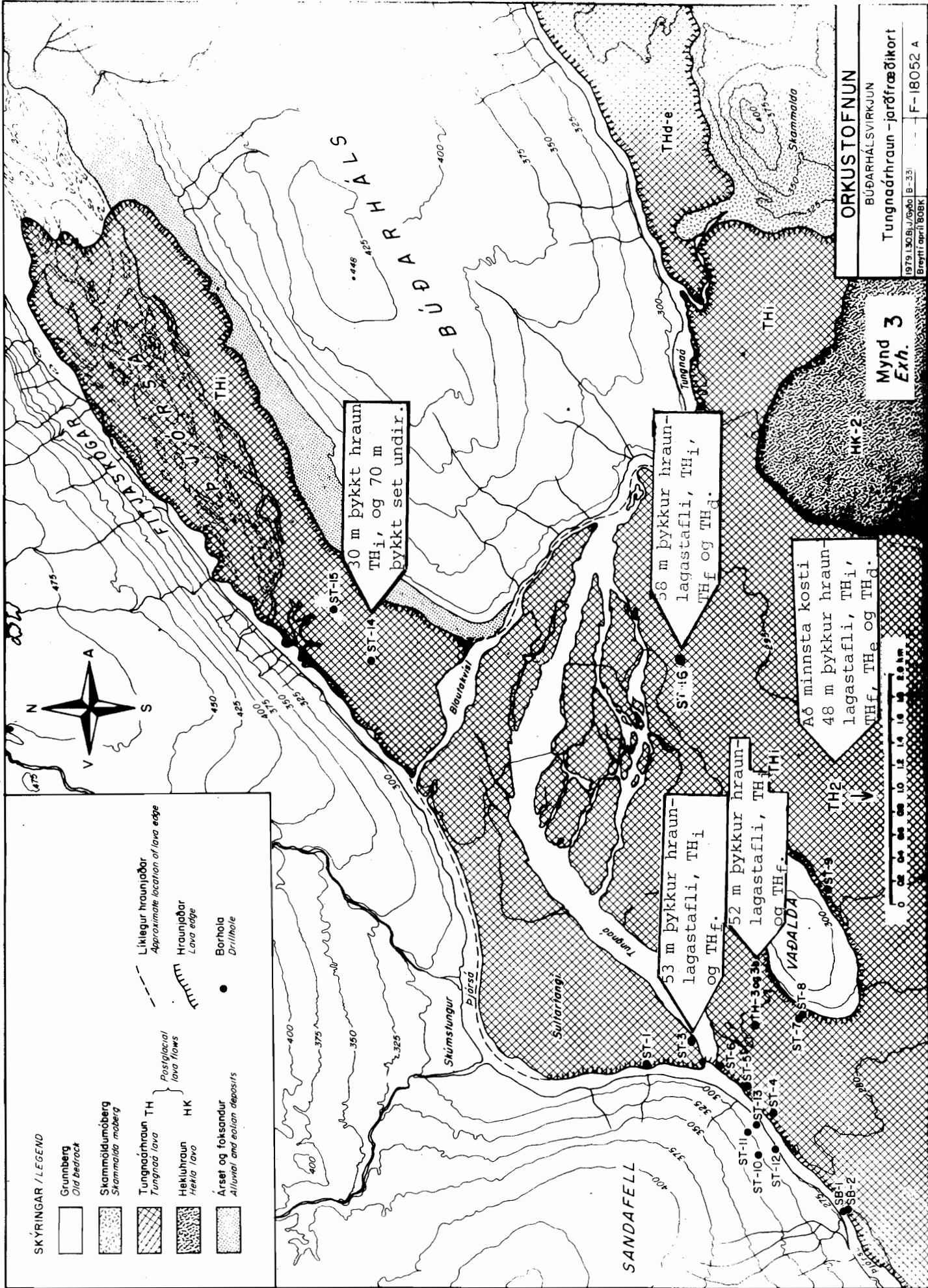


Tilhögun 3a



Staðsetning sjá mynd 1





SKÝRINGAR / LEGEND

- Grunnberg  
Old bedrock
- Skammöldumöberg  
Skammaldá móberg
- Tungnaáhraun TH  
Tungnaá lava
- Hekluhraun  
Hekla lava
- Ársæt og Foksandur  
Alluvial and eolian deposits
- Líklegur hraunjaðar  
Approximate location of lava edge
- Hraunjaðar  
Lava edge
- Borhola  
Drillhole

ST-15  
ST-14  
30 m bykkt hraun-  
TH<sub>i</sub>, og 70 m  
bykkt set undir.

ST-16  
58 m bykkur hraun-  
lagastafi, TH<sub>i</sub>,  
TH<sub>f</sub> og TH<sub>g</sub>.

ST-1  
ST-3  
53 m bykkur hraun-  
lagastafi, TH<sub>i</sub>  
og TH<sub>f</sub>.

ST-9  
ST-5  
ST-11  
ST-10  
ST-12  
ST-4  
52 m bykkur hraun-  
lagastafi, TH<sub>i</sub>  
og TH<sub>f</sub>.

ST-8  
ST-9  
Að minnsta kosti  
48 m bykkur hraun-  
lagastafi, TH<sub>i</sub>,  
TH<sub>f</sub>, TH<sub>e</sub> og TH<sub>g</sub>.

Mynd 3  
Exh.

ORKUSTOFNUN  
BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Tungnaáhraun - jarðfræðikort  
1979 L30.B.1/9646 B-35  
Breytt apríl 1988K F-18052 A

SANDAFELL

BÚÐARHÁLS

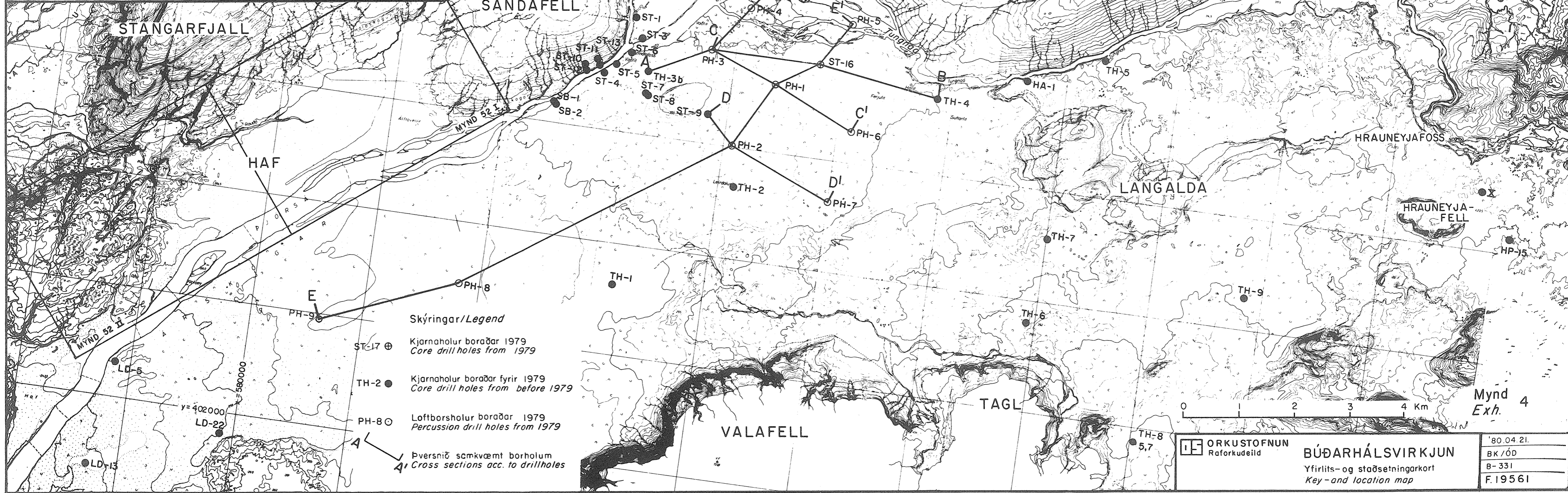
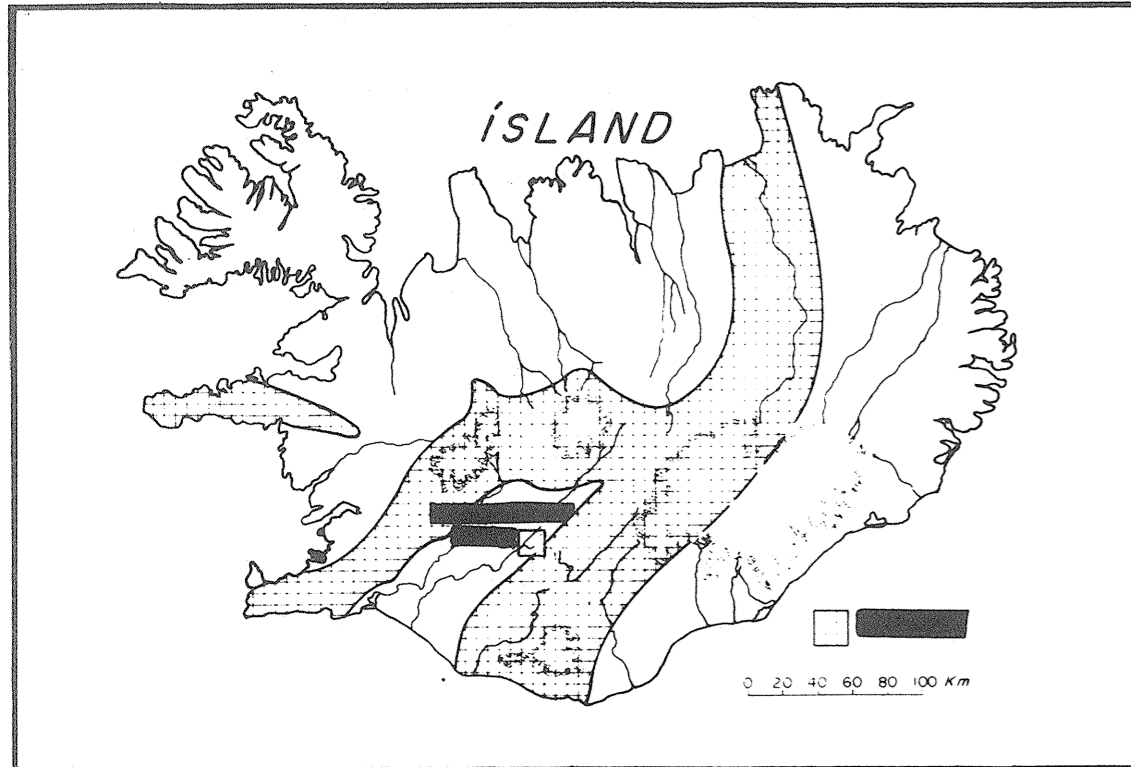
ETLASKOGAR  
VÖRSLA  
Tungnaá

Skammaldá

HK-2

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 m

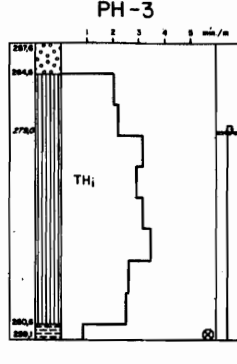
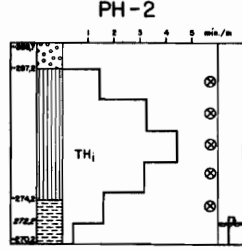
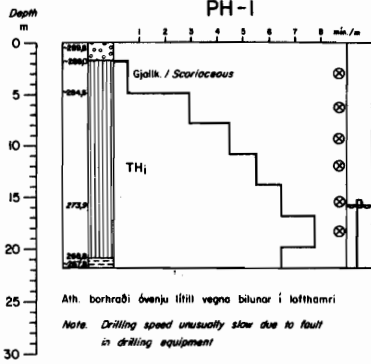




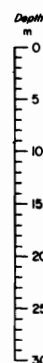
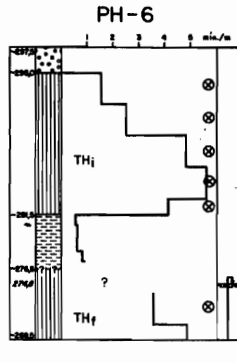
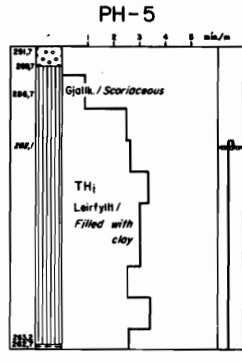
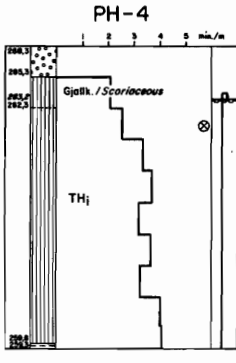
LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED

LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED

LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED



- SKÝRINGAR : LEGEND
- Laust yfirborðslag (aðall gjálka) / Loose overburden (mostly tephra)
  - Millilög / Unconsolidated interbed
  - Basaltröun / Basaltic lava flow
  - Svartstjóni / Cuttings sample taken
  - Borhradi / Drilling speed



Mynd 5  
Exh. 5

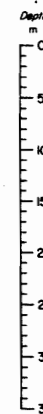
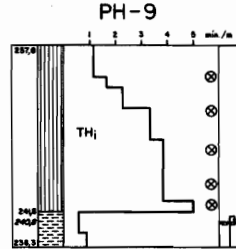
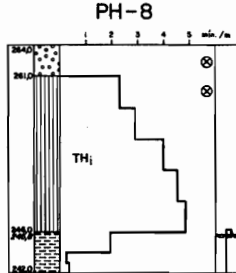
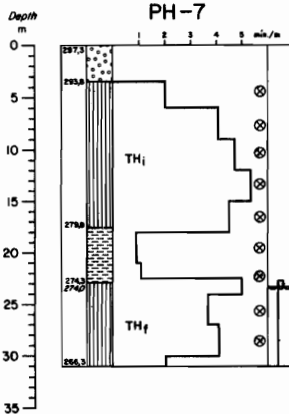
Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh. 4

<b>ORKUSTOFNUN</b>		
BÚÐARHÁLSVIRKJUN		
Borholusnið / Percussion drill log		
79.11.13.	HB / GSJ	F. 18839
Blöð 1 of 2	B-332	

LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED

LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED

LÝSING OG BORHRADI  
DESCRIPTION AND DRILLING SPEED



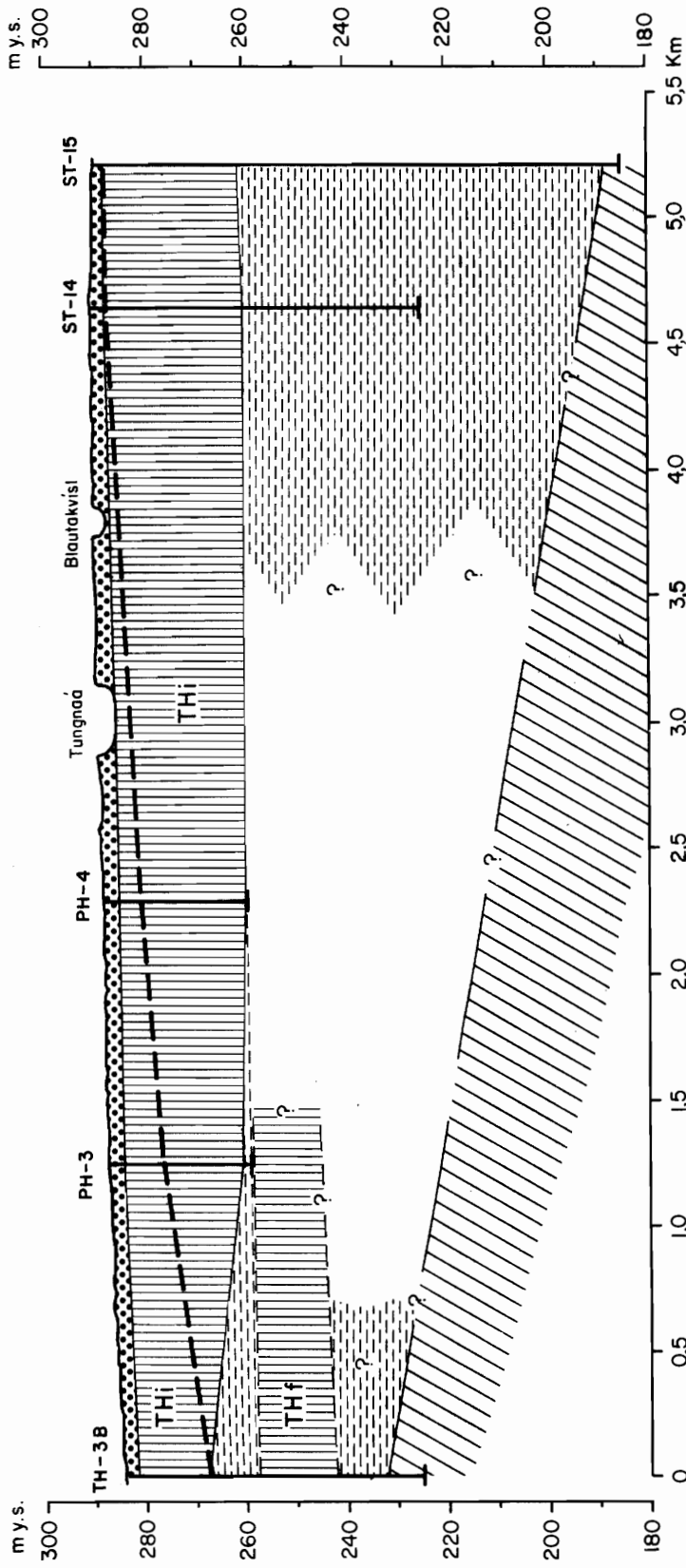
- SKÝRINGAR / LEGEND
- Laust yfirborðslag (aðall gjálka) / Loose overburden (mostly tephra)
  - Millilög / Unconsolidated interbed
  - Basaltröun / Basaltic lava flow
  - Svartstjóni / Cuttings sample taken
  - Borhradi / Drilling speed

Mynd 5  
Exh. 5

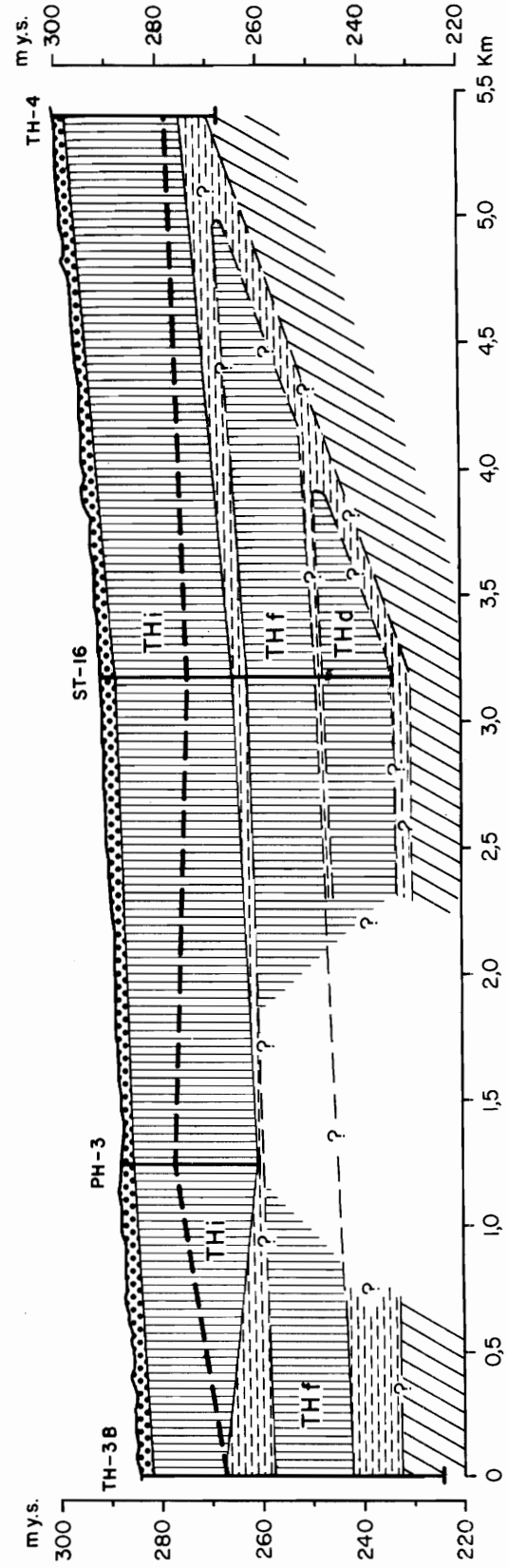
Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh. 4

<b>ORKUSTOFNUN</b>		
BÚÐARHÁLSVIRKJUN		
Borholusnið / Percussion drill log		
79.11.13.	HB / GSJ	F. 18839
Blöð 2 of 2	B-332	






A'



B



SKÝRINGAR / LEGEND

-  Laust yfirborð / Loose overburden
-  Tungnaárhraun / Postglac. bas. lava flow
-  Millilag, óskilgreint set / Interbed, unclassified sediment
-  Jökulberg / Tillite
-  Grunnberg / Old bedrock

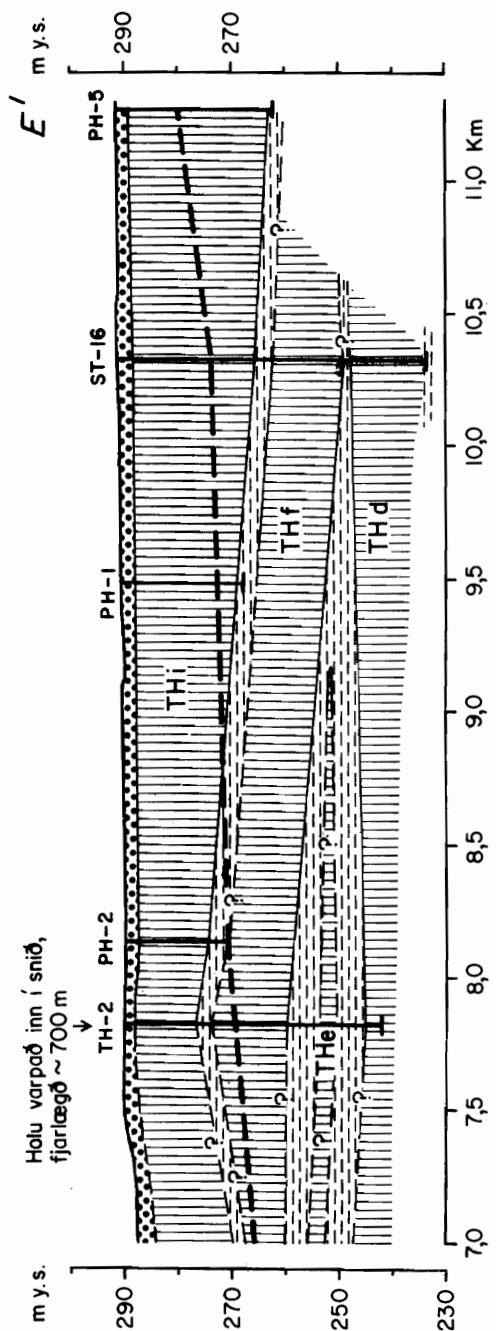
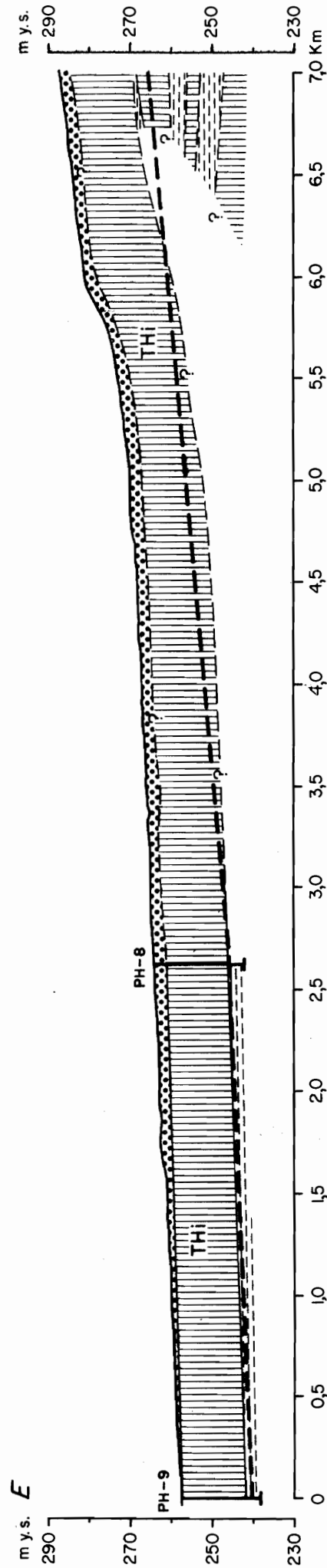
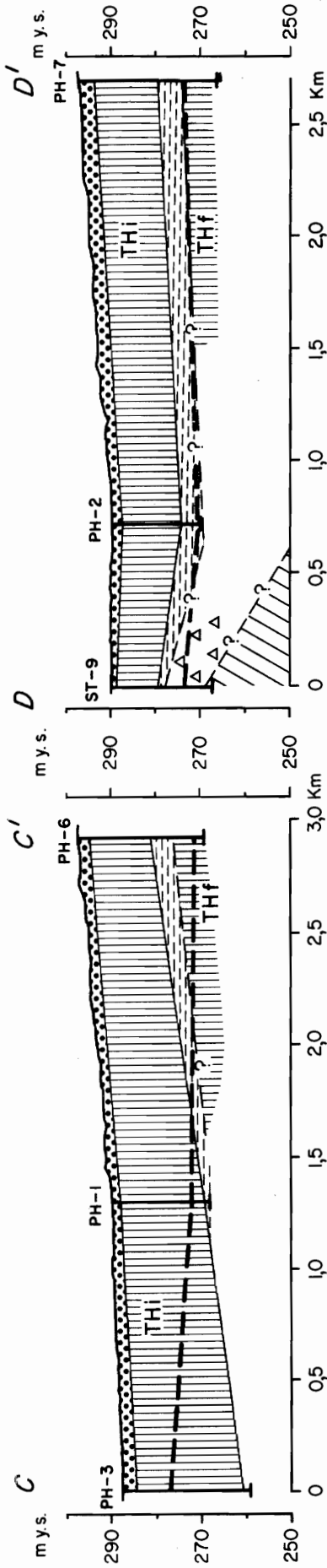
Borhola / Drillhole

Óviss jarðlagaskil / Uncertain rock contacts

Jarðvatnsborð mælt 13. og 14. nóv. 1979 / Ground Water Table measured Nov. 13th. and 14th. 1979

Staðsetning sjá mynd 4 / Location see exh.

BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Jarðlagasnið A-A' og A-B  
Geological A-A' and A-B sections



Hölu varpað inn í snið,  
fjarlægð ~700 m

ATH.

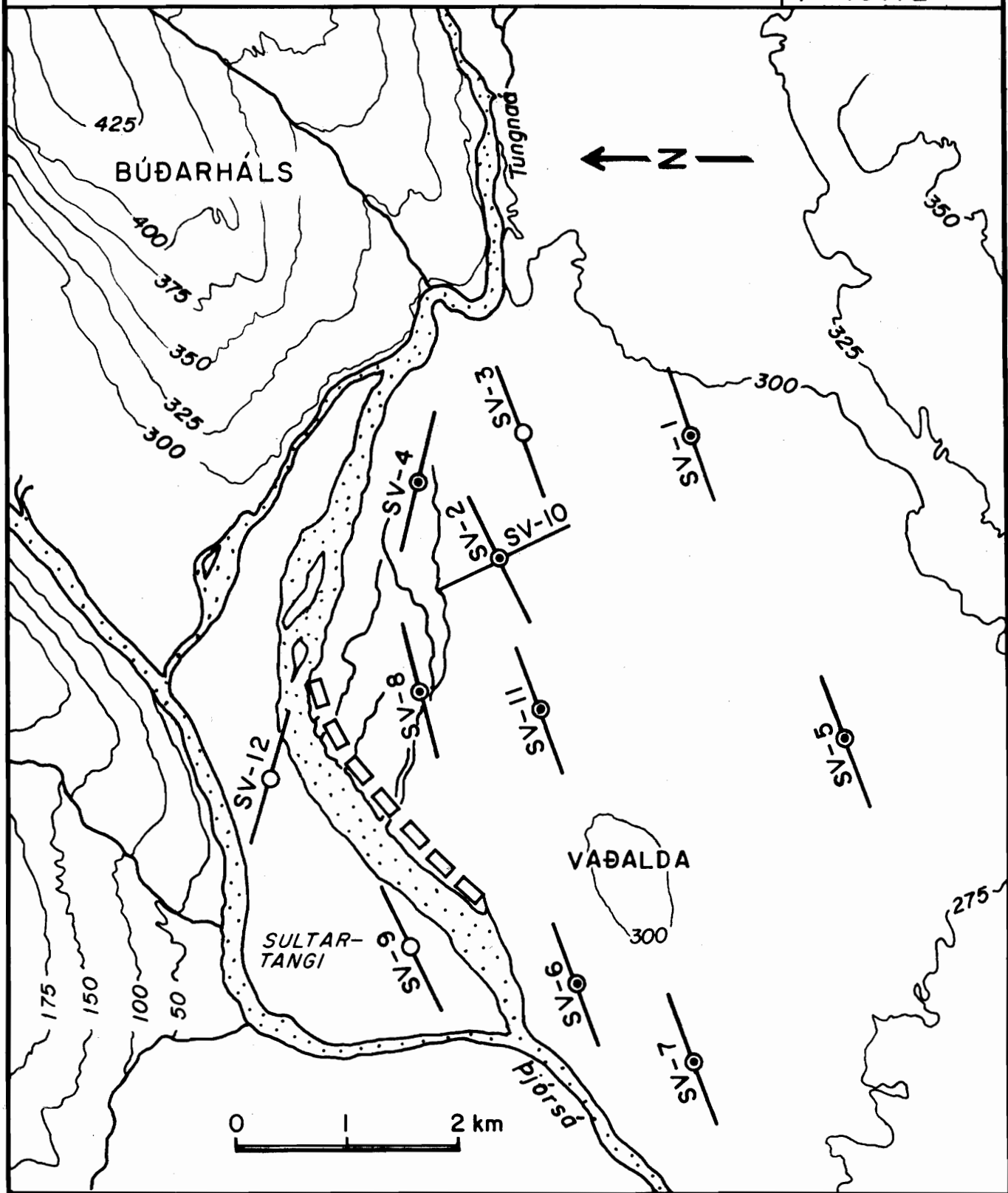
Tekið er tillit til borholu TH-1 við tengingu  
jarðlagasniðsins milli PH-8 og TH-2

Staðsetning sjá mynd 4  
Location see *exh.*


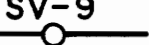
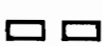
**BÚÐARHÁLSVIRKJUN**

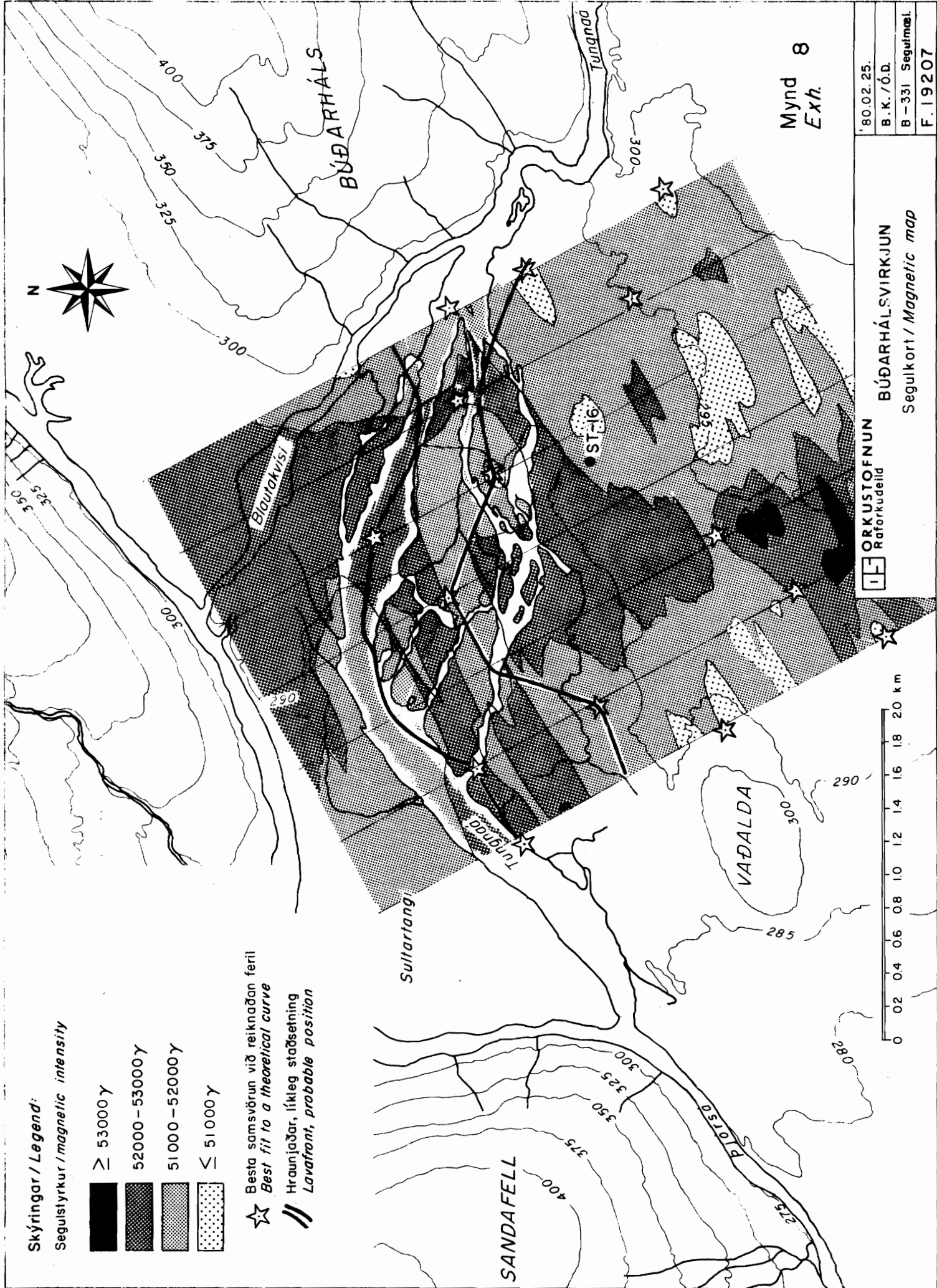
Jarðlagasnið C-C', D-D' og E-E'  
*Geological sections C-C', D-D' and E-E'*









SKÝRINGAR

-  Viðnámsmæling SV-5, nákvæm staðsetning.
-  Viðnámsmæling SV-9, ónákvæm staðsetning.
-  Óljós viðnámskil, hugsanlegur hraunjaðar.



**Skýringar / Legend:**

Segulstyrkur / magnetic intensity

-   $\geq 53000 \gamma$
-  52000 - 53000  $\gamma$
-  51000 - 52000  $\gamma$
-   $\leq 51000 \gamma$

☆ Besta samsvörun við reiknaðan feril  
Best fit to a theoretical curve

// Hraunjaðar, líkleg staðsetning  
Lavafront, probable position

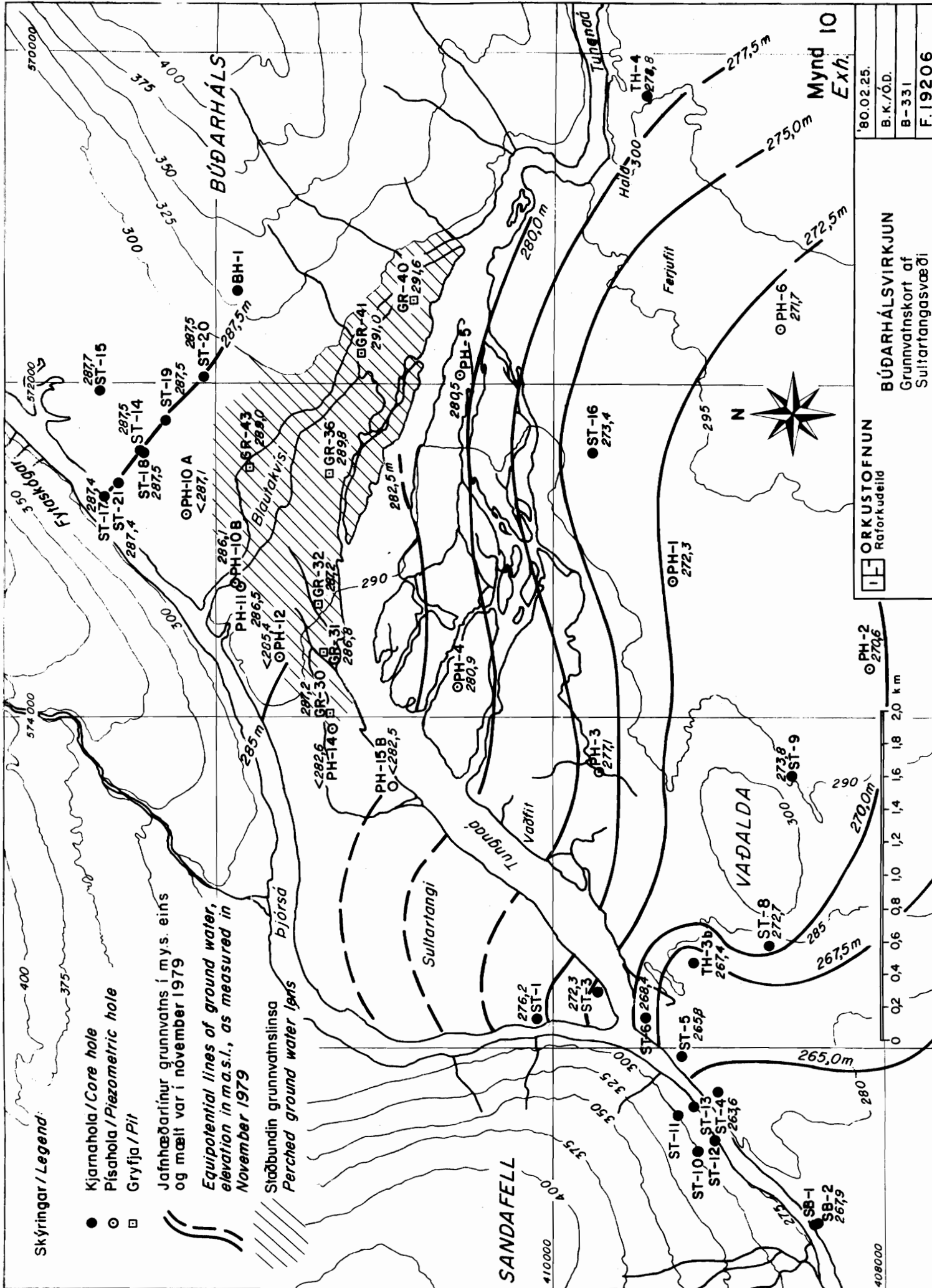
Mynd 8  
Exh.

ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Segulkort / Magnetic map

'80.02.25.  
B.K./Ó.D.  
B-331 Segulmæl.  
F.19207



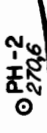
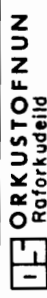


Skýringar / Legend:

- Kjarnahola / Core hole
- Píshola / Piezometric hole
- Gryfja / Pit

Jafnhæðarlínur grunnvatns í mys. eins og mælt var í nóvember 1979  
*Equipotential lines of ground water, elevation in m.a.s.l., as measured in November 1979*

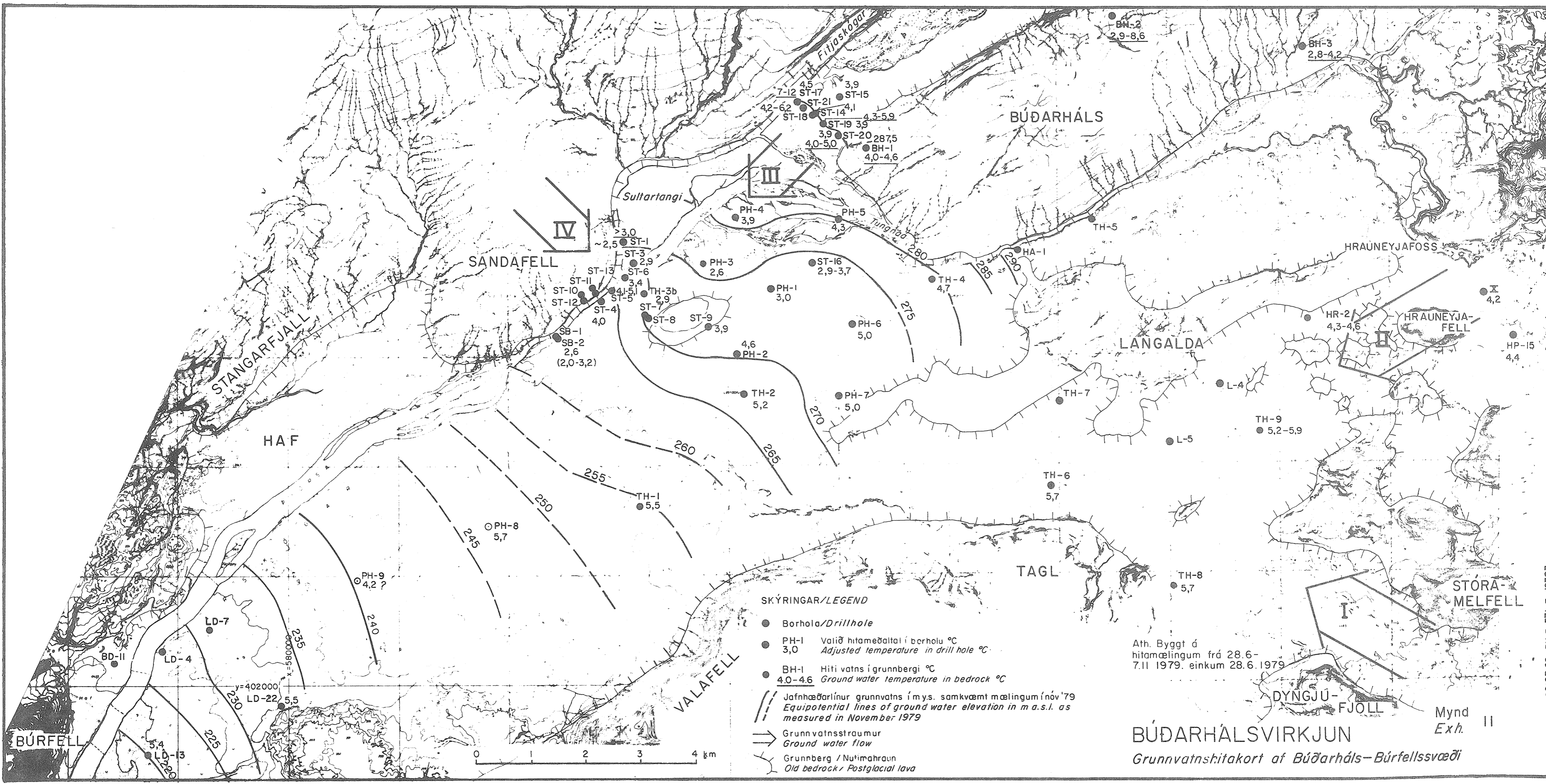
Stöðbundin grunnvatnslnsa  
*Perched ground water lens*



ORKUSTOFNUN  
 Raforkudeild

BÚÐARHÁLSVÍRKJUN  
 Grunnvatnsskort af  
 Sultartangsvæði

80.02.25.  
 B.K./Ó.D.  
 B-331  
 F.19206



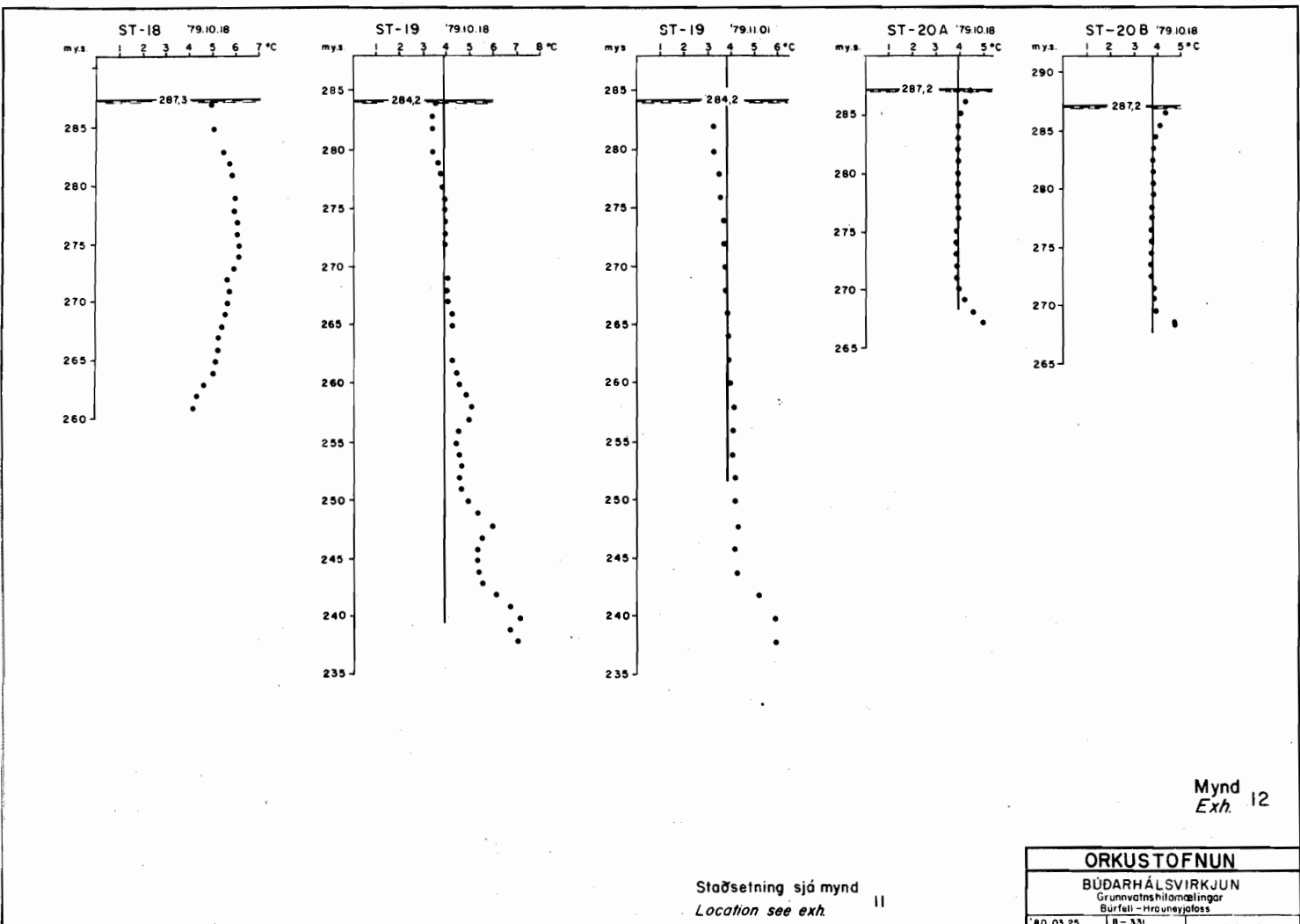
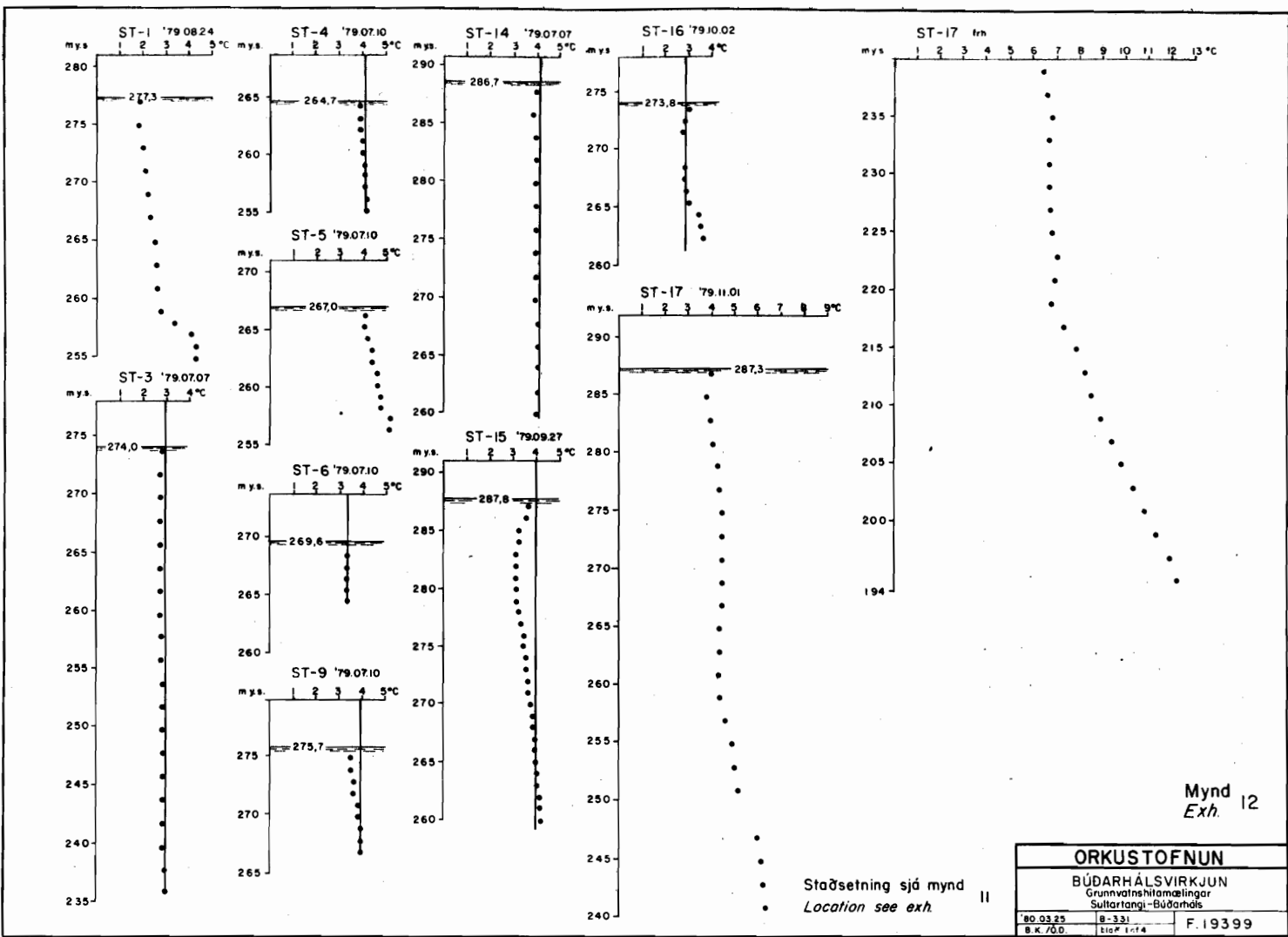
SKÝRINGAR/LEGEND

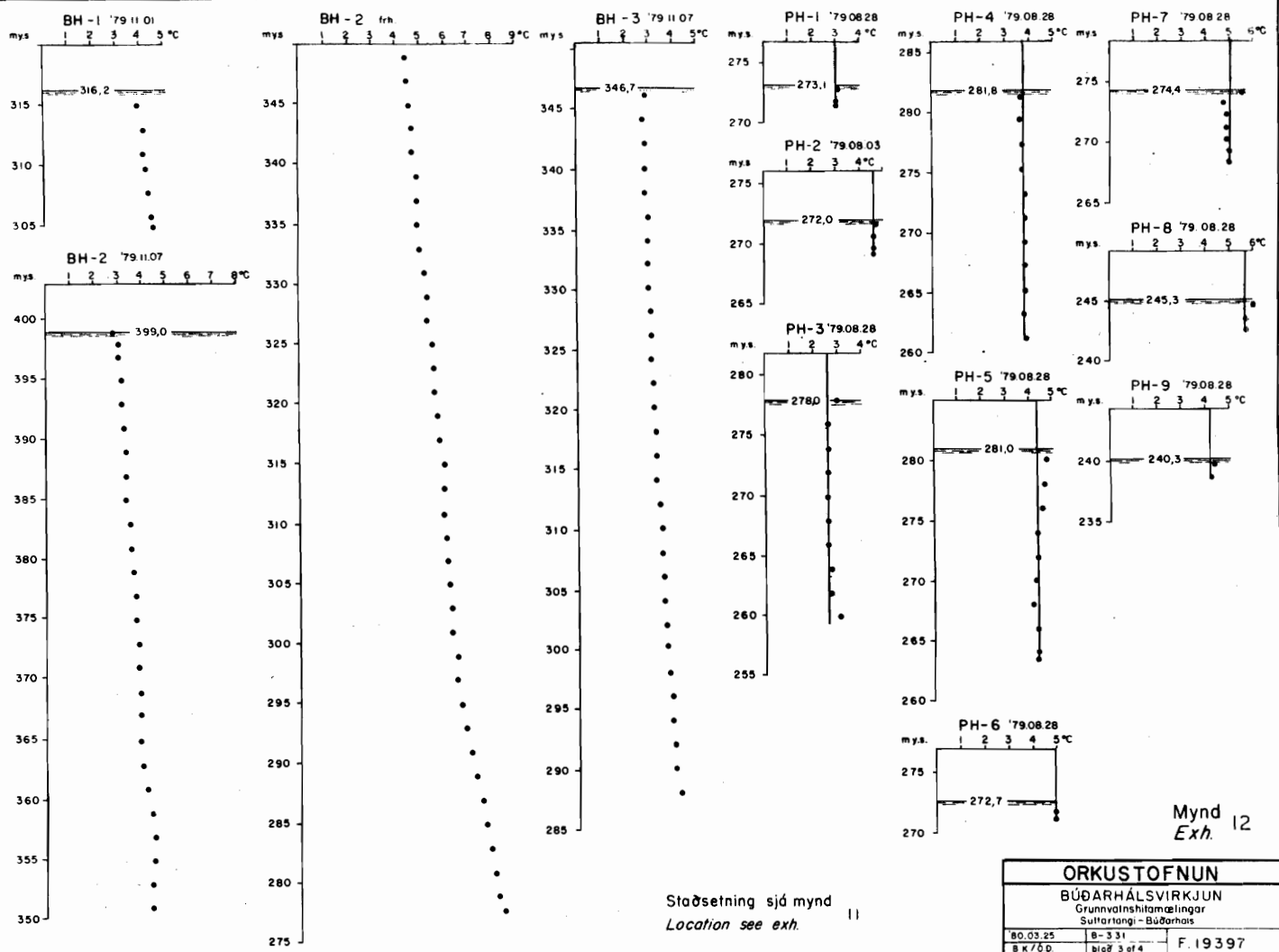
- Borhola/Drillhole
- PH-I Valið hitameðaltal í borholu °C  
Adjusted temperature in drill hole °C
- BH-I Hiti vatns í grunnbergi °C  
4.0-4.6 Ground water temperature in bedrock °C
- Jafnhæðarlínur grunnvatns í mýs. samkvæmt mælingum í nóv '79  
Equipotential lines of ground water elevation in m.a.s.l. as measured in November 1979
- Grunnvatnsstraumur  
Ground water flow
- Grunnberg / Nutimhraun  
Old bedrock / Postglacial lava

Ath. Byggt á hitamælingum frá 28.6-7.11 1979. einkum 28.6.1979

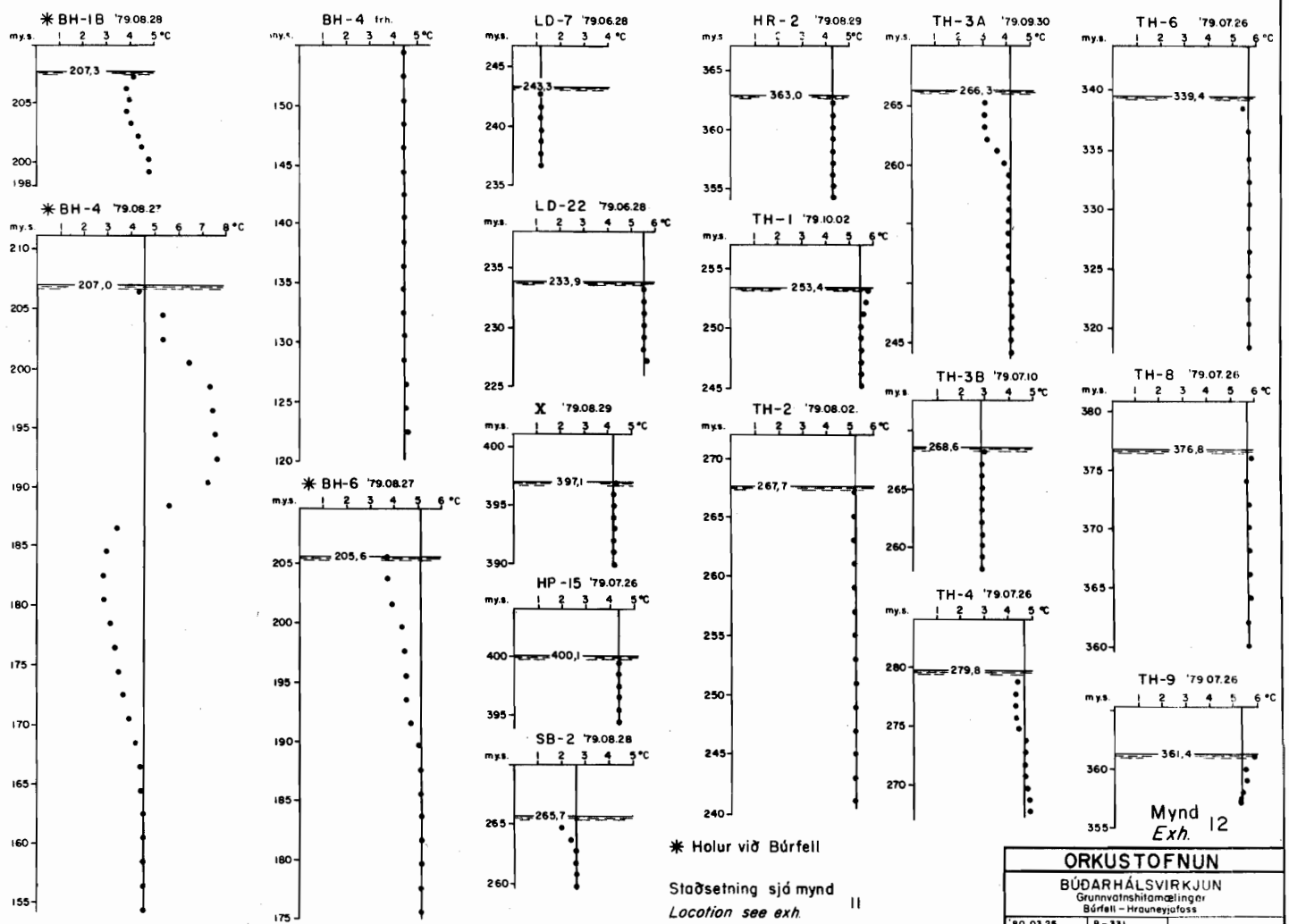
BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Grunnvatnshitakort af Búðarháls-Búrfellssvæði

Mynd Exh. II





Mynd Exh. 12



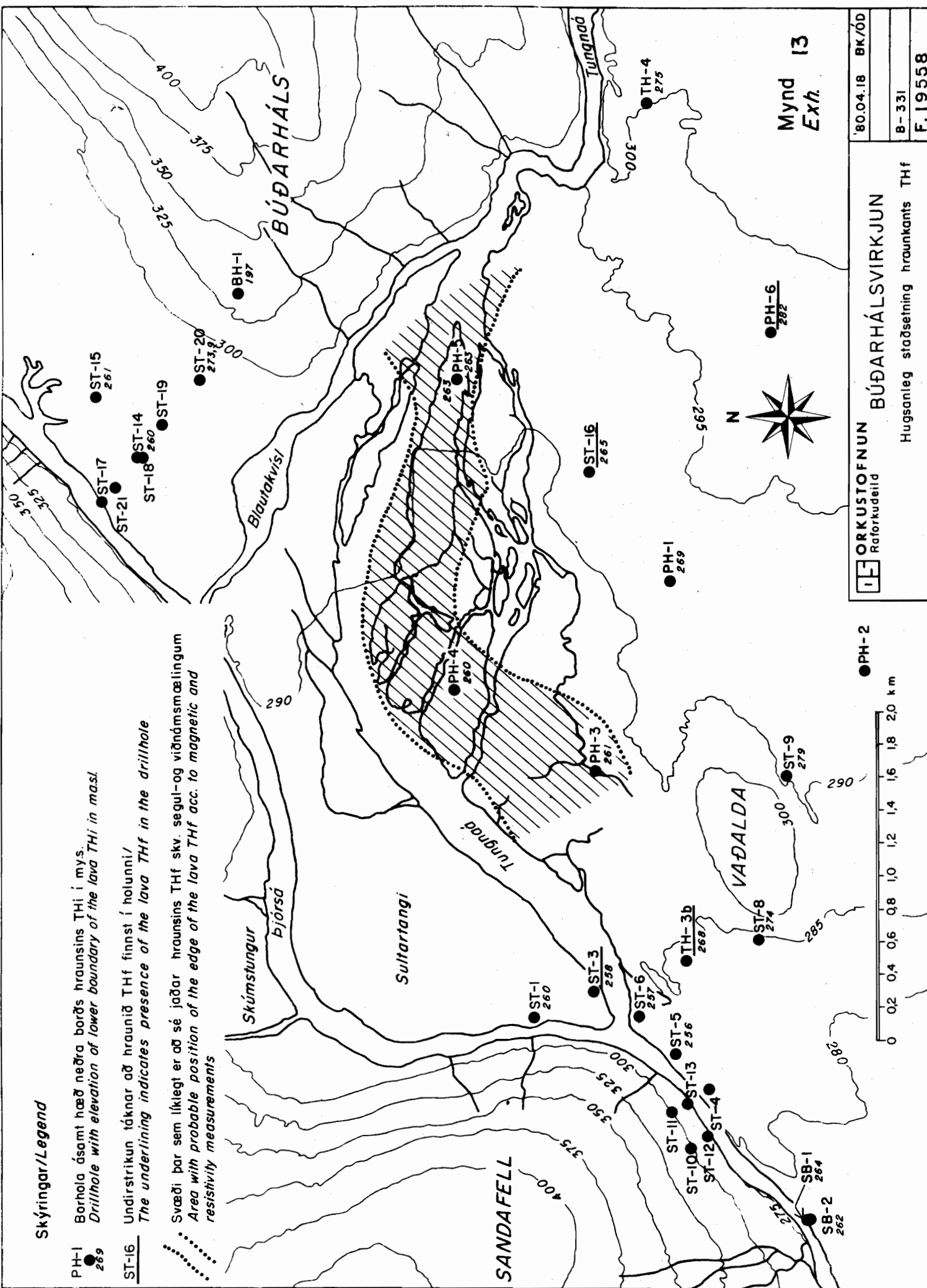
Mynd Exh. 12

**Skýringar/Legend**

PH-1 Borhola ásamt hæð neðra borðs hraunsins THf í mys.  
● 269 Drillhole with elevation of lower boundary of the lava THf in mys.

ST-16 Undirstrikun táknar að hraunið THf finnst í holunni/  
The underlining indicates presence of the lava THf in the drillhole

..... Svæði þar sem líklegt er að sé jáðar hraunsins THf skv. segul- og viðnámsmælingum  
Area with probable position of the edge of the lava THf acc. to magnetic and resistivity measurements



Mynd 13  
Exh.

80.04.18	BK/ÓD
B-331	
F.19558	

ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

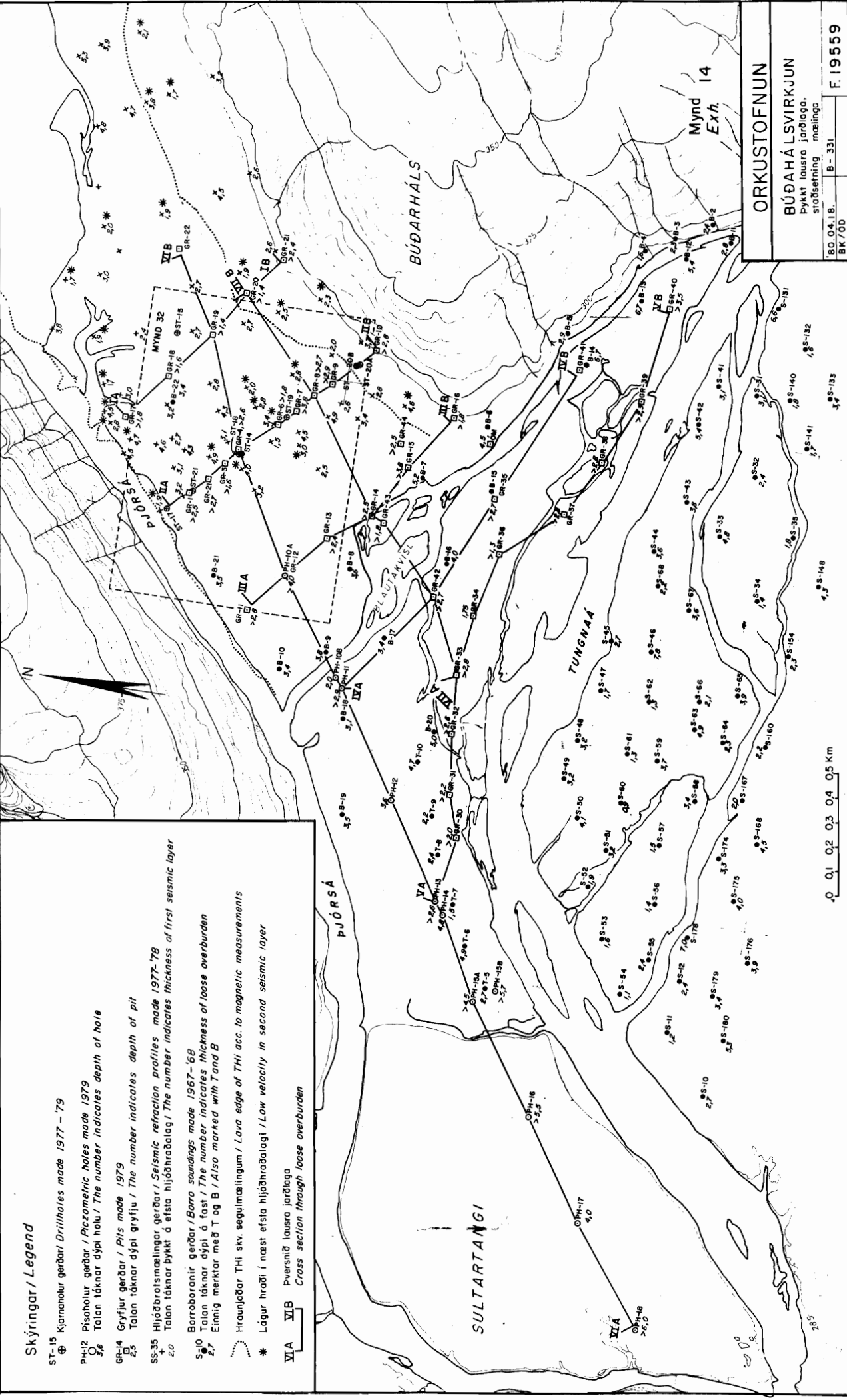
BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Hugsanleg staðsetning hraunkants THf

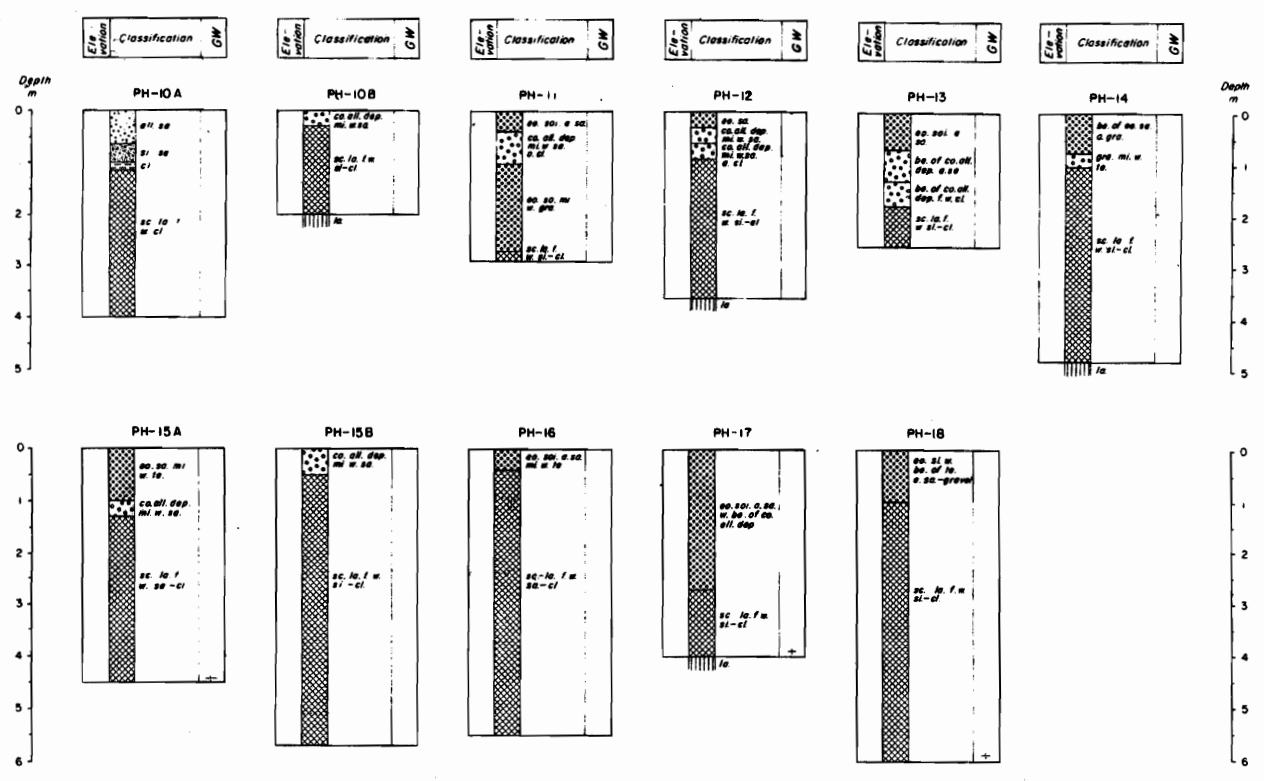


### Skýringar / Legend

- ST-15 Kjarnaholur gerðar / Drillholes made 1977-79
- PH-12 Písholur gerðar / Piezometric holes made 1979
- 3,6 Talan tákna dýpi holu / The number indicates depth of hole
- GR-14 Gryfur gerðar / Pits made 1979
- 2,0 Talan tákna dýpi gryfju / The number indicates depth of pit
- SS-35 Hljóðbrautsmælingar gerðar / Seismic refraction profiles made 1977-78
- 2,7 Talan tákna þykkt á efsta hljóðhraðlagi / The number indicates thickness of first seismic layer
- S-10 Borboranir gerðar / Bore soundings made 1967-68
- 2,7 Talan tákna dýpi á fasti / The number indicates thickness of loose overburden
- Einnig merktar með T og B / Also marked with T and B
- Hraunjörð TH1 skv. seghlímælingum / Lava edge of TH1 acc. to magnetic measurements
- \* Lágr hræði í næst efsta hljóðhraðlagi / Low velocity in second seismic layer
- VI VB Þversnið lausra jarðlaga  
Cross section through loose overburden



**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 Þykki lausra jarðlaga,  
 staðsetning, mælingar  
 80.04.18. B - 331  
 BK/00 F.19559

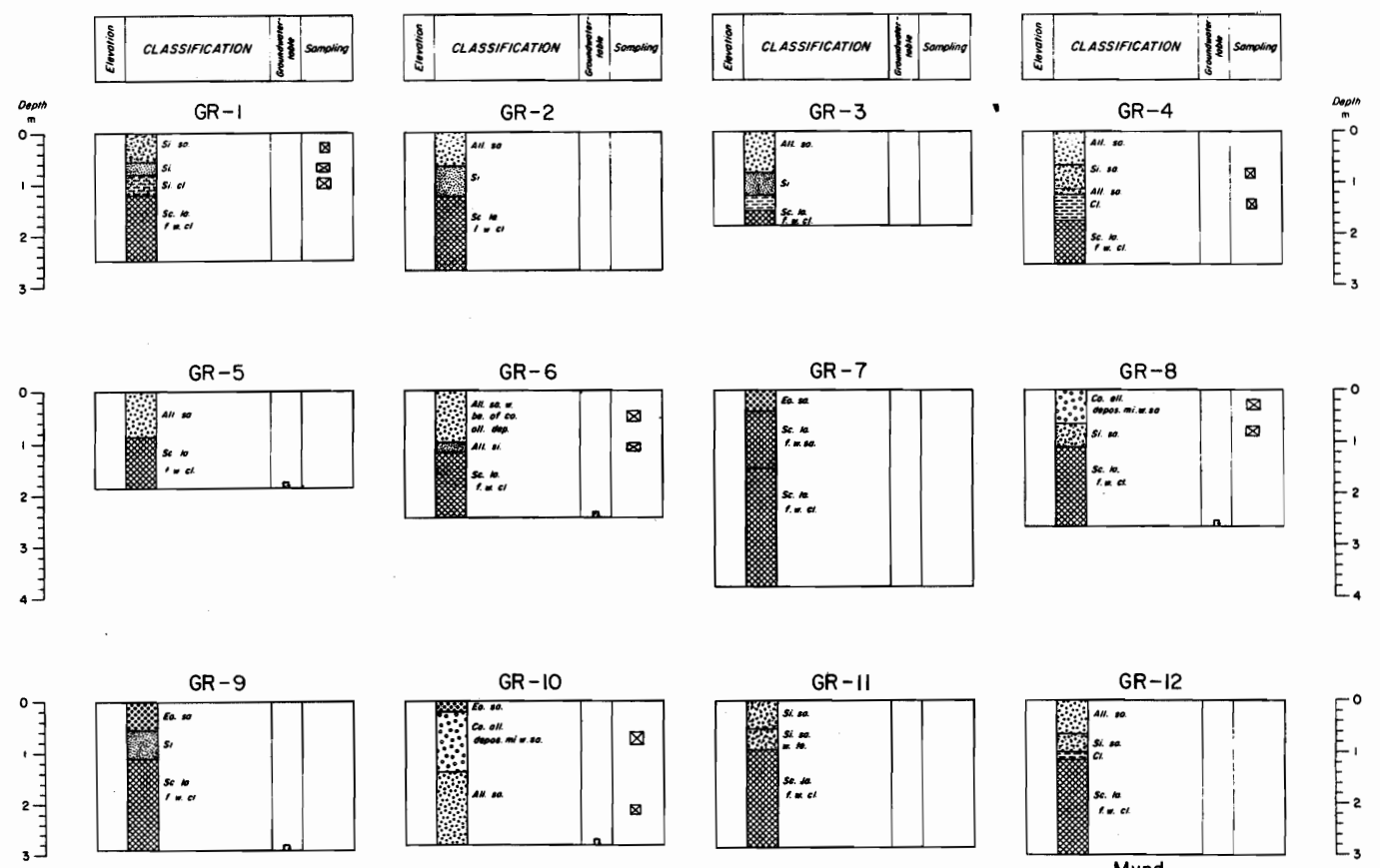


Staðsetning sjá mynd 14  
Location see exh. 14

Skýringar sjá mynd 15 blað/sheet 3  
Legend see exh. 15 blað/sheet 3

Mynd Exh. 15

ORKUSTOFNUN			
BÚÐARHÁLSVIRKJUN			
Gryfjulýsingar / Graphic logs of test pits			
80.02.07	B-331		
H.B./Ö.D.	blað 1 of 4	F 19133	

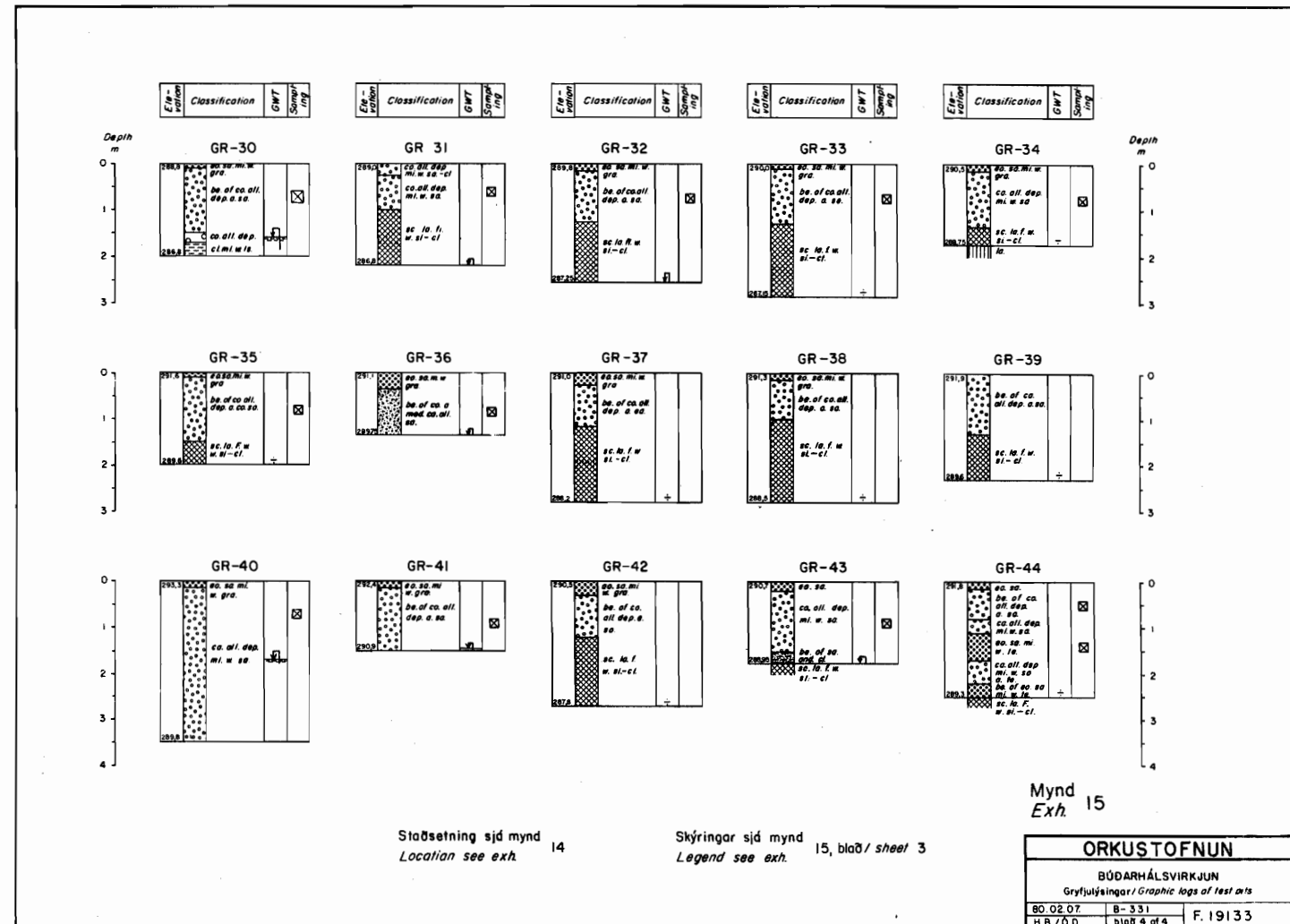
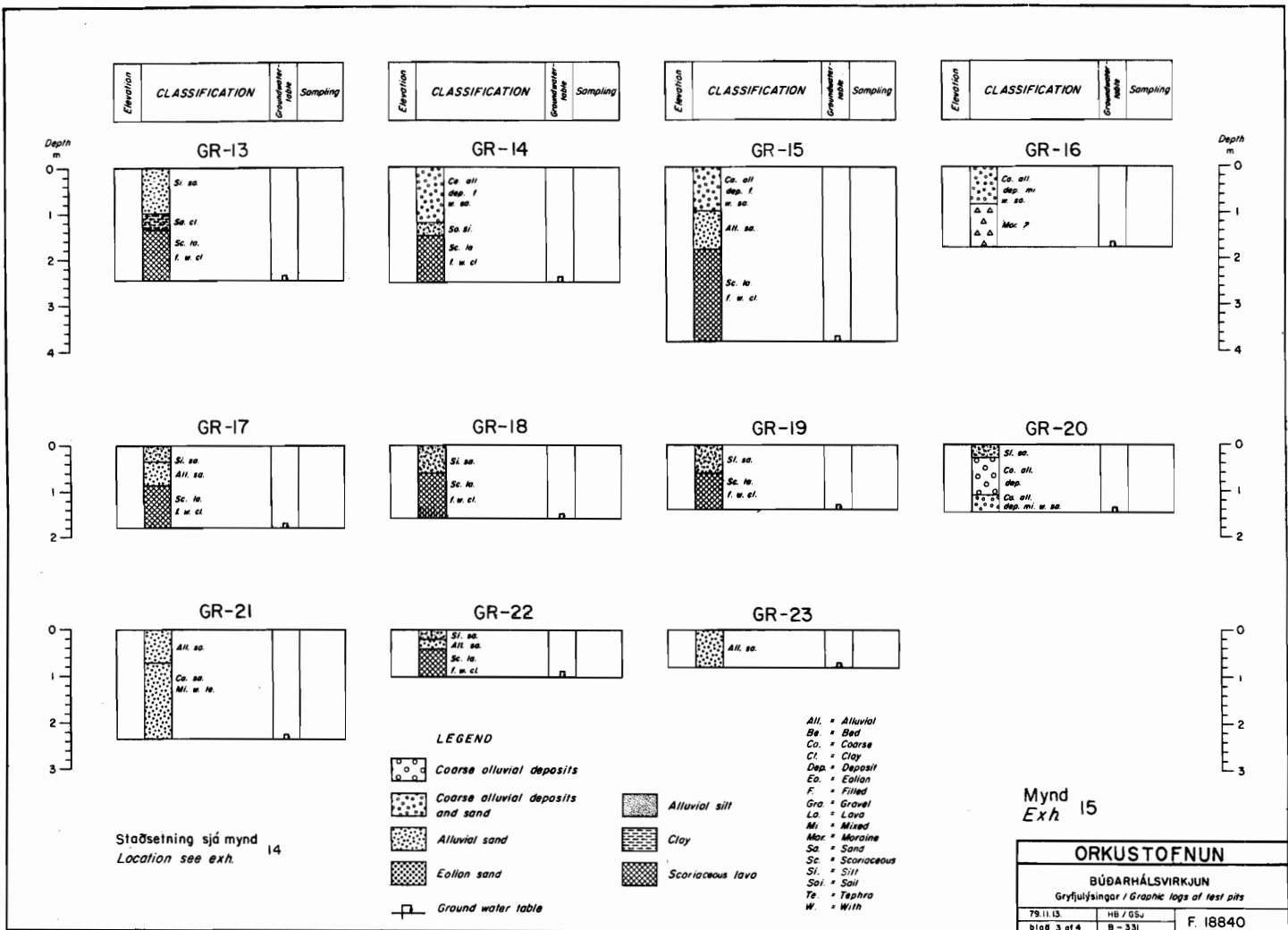


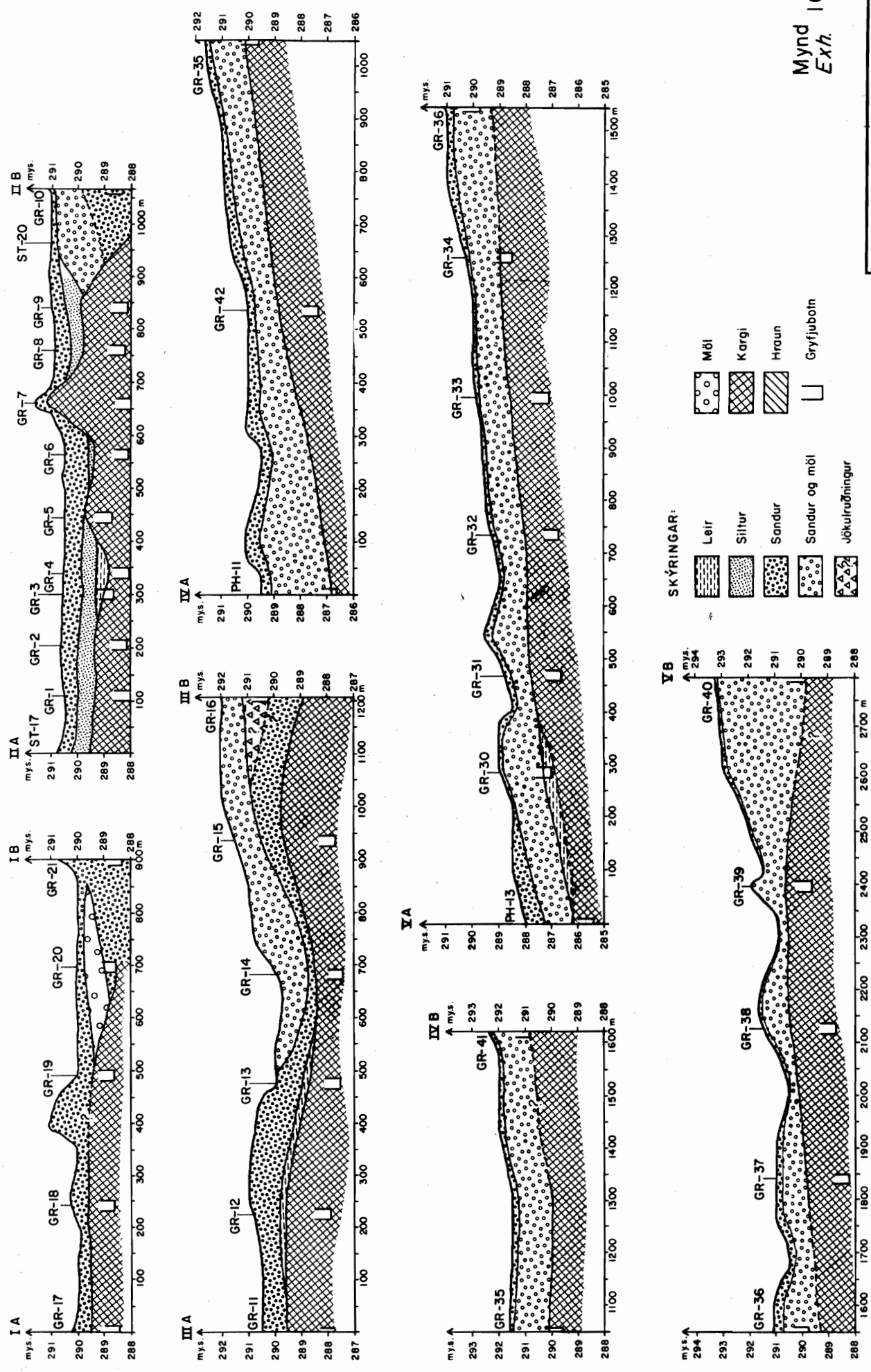
Staðsetning sjá mynd 14  
Location see exh. 14

Skýringar sjá mynd 15 blað/sheet 3  
Legend see exh. 15 blað/sheet 3

Mynd Exh. 15

ORKUSTOFNUN			
BÚÐARHÁLSVIRKJUN			
Gryfjulýsingar / Graphic logs of test pits			
79.11.13	HB/GSJ		
blað 2 of 4	B-331	F 18840	



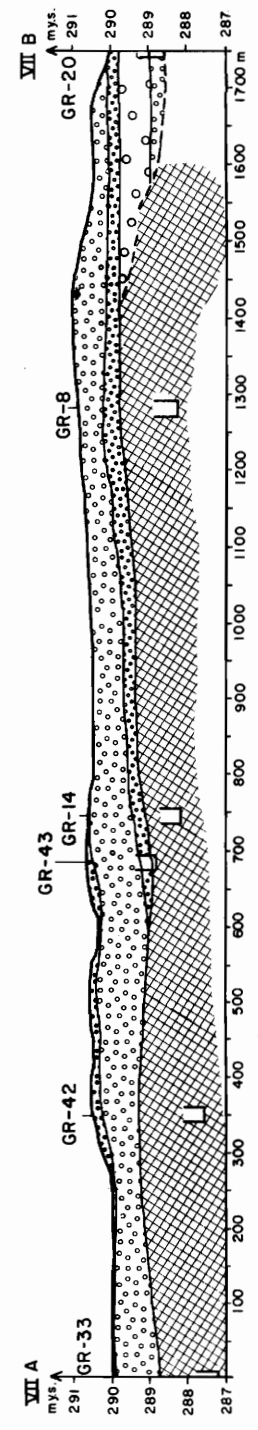
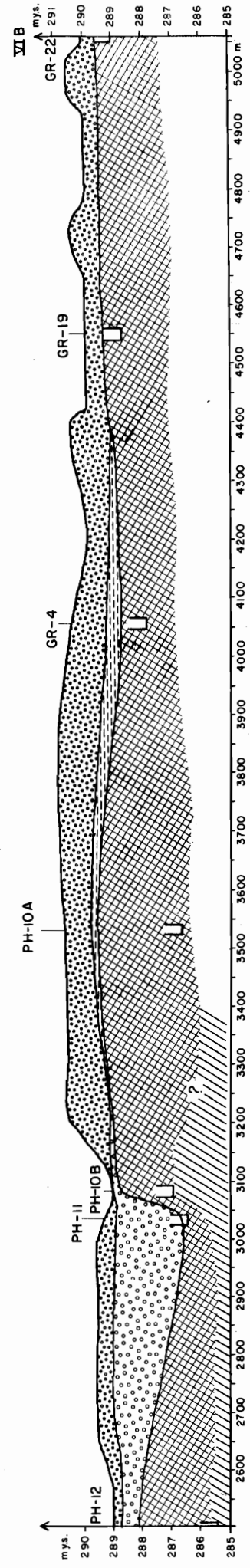
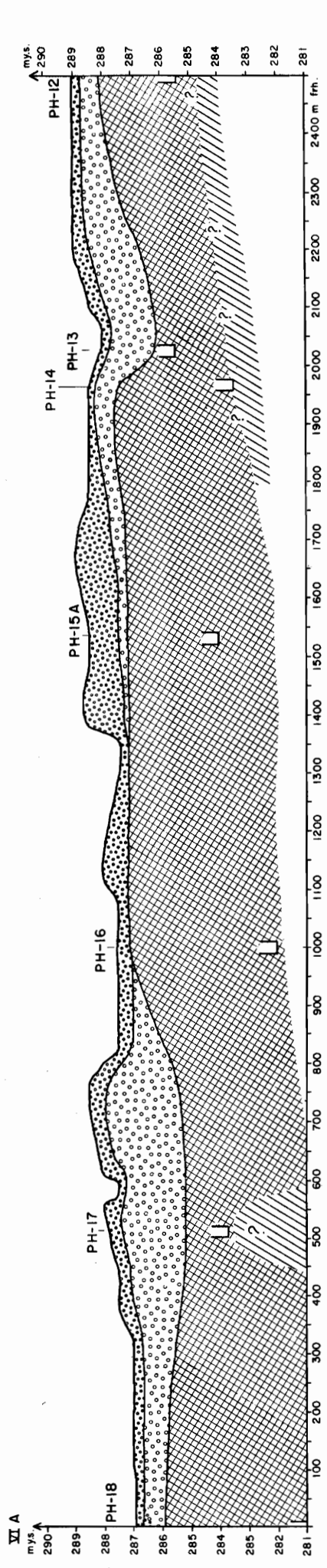


- SKÝRINGAR:
- Leir
  - Siltur
  - Sandur
  - Sandur og mól
  - Jökulruðningar
  - Mól
  - Kargi
  - Hraun
  - Gryfjuboth

Mynd 16  
Exh.

Staðsetning sjá mynd 14  
Location see exh

ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHALSVIRKJUN	
Laus jarðveg og stífurveg og Sultarvang, I A-B - II A-B	
800402	B-331
HB/0D	F.19449



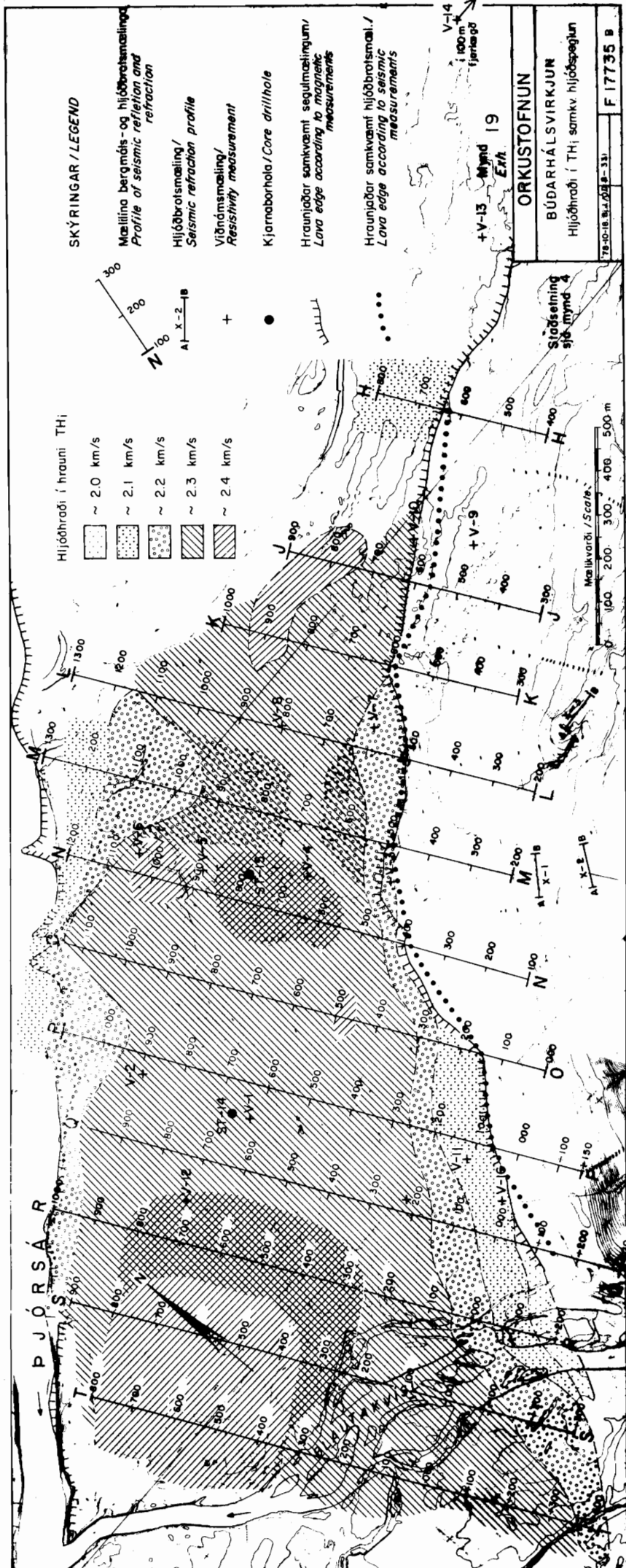
Mynd 17  
Exh.

Stöðsetning síð mynd 14  
Location see exh.

Skýringar síð mynd 16  
Legend see exh.

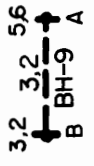
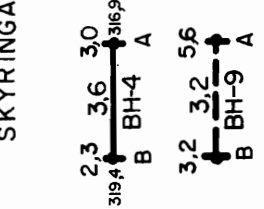
ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHÁLSVIRKJUN	
Laus jarðveg og stíftustreði, og Sultarveg, VI A-B og VII A-B	
80.04.02	F. 19500
HB/00	B - 331



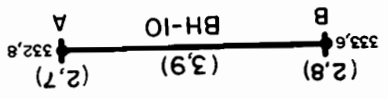
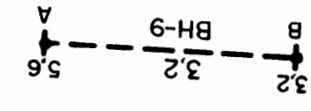


SKÝRINGAR / LEGEND

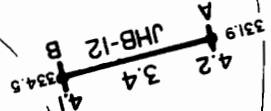
Hljóðhráðamæling þykkt yfirborðsliaga og hljóðhraði í hraðadlagi  
*Seismic profile depth to bedrock and velocity of refractor*  
 Óviss stöðsetning  
*Location uncertain*  
 Óviss túlkun  
*Interpretation uncertain*



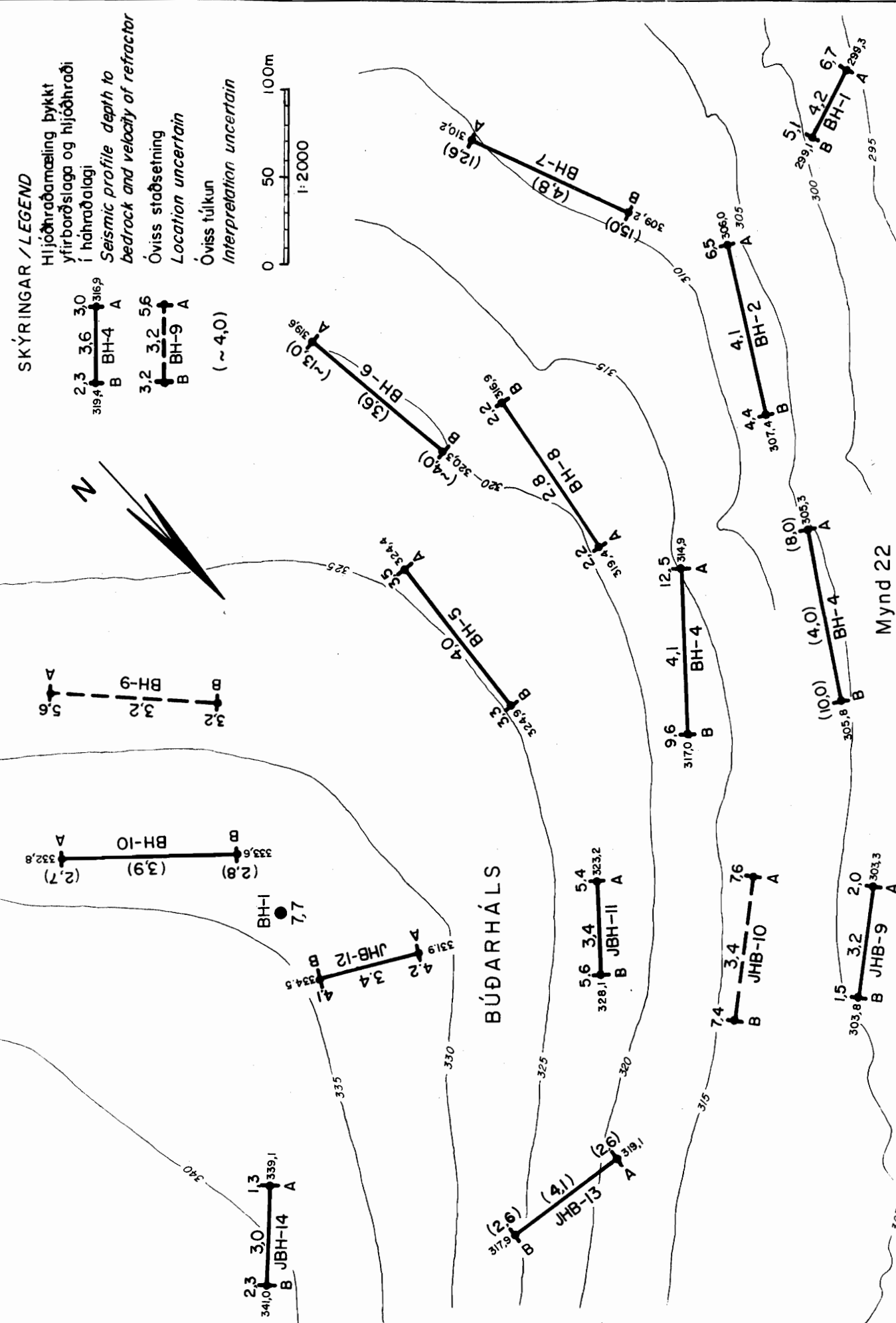
(~ 4.0)



BH-1  
7.7



BÚÐARHÁLS



Staðsetning sjá mynd 4

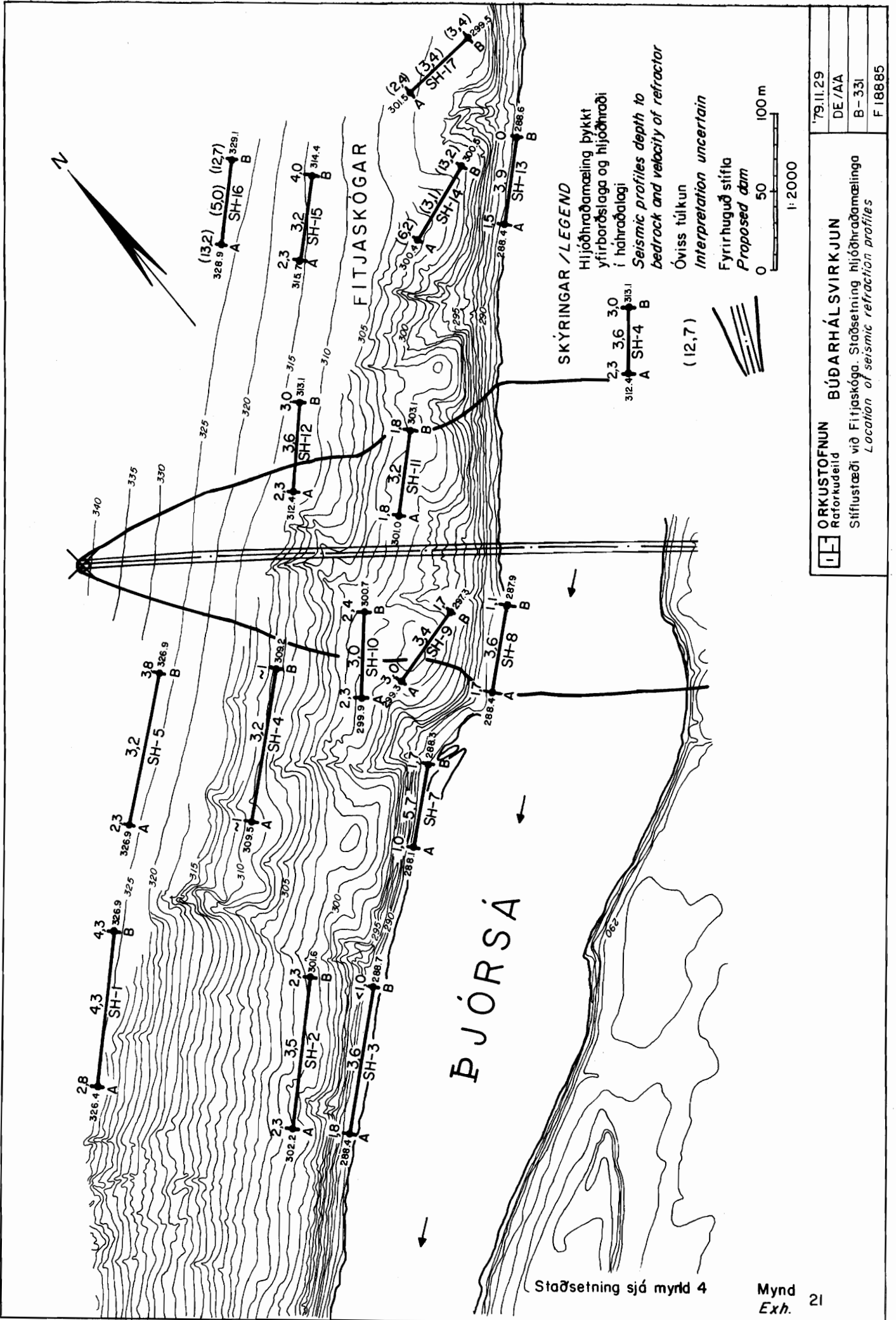
Mynd 22

Mynd 20  
Exh.

ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 yfirfall í Búðarhálsi, staðsetning hljóðbrotsmælinga  
*Location of seismic refraction profiles*

'79.11.29
DE/AA
B-331
F 18898

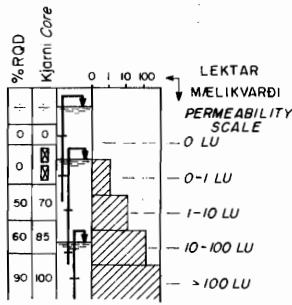




ORKUSTOFNUN	79.II.29
Raforkudeild	DE/AA
Stíflustæði við Fitjaskóga. Staðsetning hijðhradamælinga	B-33I
Location of seismic refraction profiles	F 18885

KJARNNA-,LEKTAR OG JARÐVATNSÚTSKÝRING  
NOTE ON CORE, PERMEABILITY AND  
GROUND WATER

76.1028 BA, BJHT/GSJ  
T.204  
B-ým.  
F 9586



LEKTAR-OG JARÐVATNSÚTSKÝRING  
NOTE ON PERMEABILITY AND GROUND WATER

Jarðvatnsborð\* er sýnt með örnum. Neðri endi örvarinnar og þverstrikin sýna holudýpið, þegar jarðvatnsborðið var mælt. Ef jarðvatn breytist ekkert í borun, nær örin í botn.  
Ground water levels are shown by arrows. Base of the arrows and the horizontal bars indicate the hole depth when the water level was measured. If no change in level was observed during drilling, the line reaches the bottom of the hole.

1 LU = Lugeon Unit = 1 l/min/m í 76 mm Ø holu við þrýsting 10 kg/cm<sup>2</sup>  
1 LU = Lugeon Unit = 1 l/min/m in 76mm Ø hole at pressure 10 kg/cm<sup>2</sup>

Hæðartölur jarðvatns eru ritaðar smærra lettri en hæðartölur bergs, á borholusníðum.  
Figures for ground water levels are shown with smaller lettering on graphic core logs.

Kjarni: Tölur sýna kjarnaheimtur í % - kjarnataka ekki reynd.  
Core: Numbers indicate % core recovery - core sampling not attempted.

RQD: Kjarnaheima þegar ekki eru taldir með kjarnabútar styttri en 10 cm.  
RQD: Modified core recovery - core pieces less than 10 cm long not taken into account  
(RQD: Rock Quality Designation)

Jarðvegssýni - Soil samples

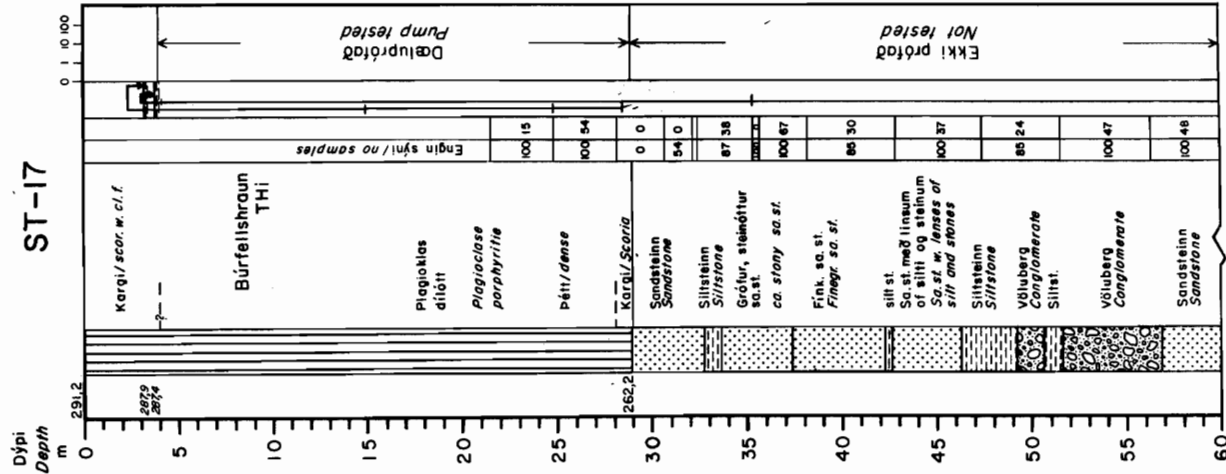
## Jarðfræðikortatákn

Postglacial formation		Laust yfirborð / Loose overburden
		Kargi / Scoria
		Tungnaðrhraun / Postglacial basaltic lava flow
		Millilag / Interbed
		Möl / Gravel
		Sandur / Sand
		"Hvarfleur," méla / "Varved clay," silt
Glacial and finiglacial formation		Jökulruðningur, jökulberg / Moraine, tillite
		Völuberg / Conglomerate
		Sandsteinn / Sandstone
		Siltsteinn / Siltstone
Old formation		Basalt frá hlýskeiðum / Interglacial basaltic lava flow
		Líparit / Rhyolite
		Setberg / Sediments

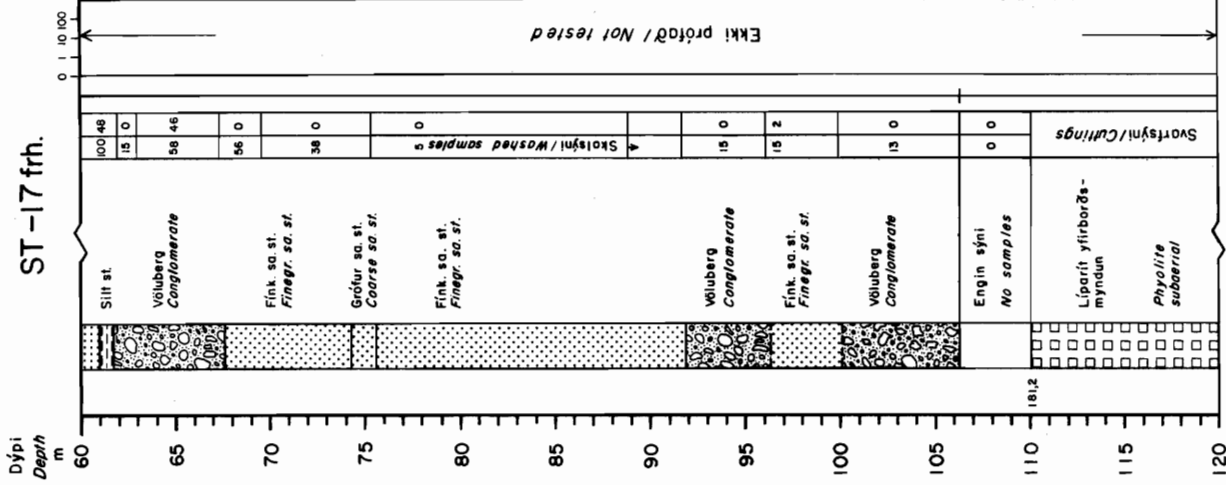
## SKAMMSTAFANIR/ABBREVIATIONS

an.	angular/köntótt	ox.	oxidized/ildað
aggl.	agglomerate/"brotaberg"	pe.	pebbles/smásteinar
ash	ash/aska	phenoc.	phenocrystals/dílar
bas.	basalt, basaltic/basalt, basiskur	pl.	plant/jurt
bl.	black/svartur	pum.	pumice,-ous/vikur, gjallkennt
bould.	boulders/hnullungar	ri.	rich/rikt
br.	breccia-tes/breksia, breksierað	ra.	rather/fremur
cav.	cavities/holrúm, skápar	re.	remains/leifar
cl.	clay/leir	sa.	sand/sandur
cly.	cleyey/leirríkur	sa. st.	sandstone/sandsteinn
congl.	conglomerate/völuberg	scor.	scoria,-ceous/kargi, kargakennt
de.	dense/þétt	sed.	sediment/óskilgreint set, setberg
eo.	eolian/vindborið	si.	silt/siltur, méla
f.	fillings, filled/fyllingar, fyllt	si. st.	siltstone/silt-(mélu)steinn
fl. ba.	flow banded/straumflögótt	siy.	silty/silt-(mélu)rikt
gr.	grained/kornótt	sm.	small/litlar, smáar
grav.	gravel/möl	so.	soil/jarðvegur, mold
hor.	horizontal/lárétt	sty.	stony/steinaríkur
irr.	irregular/óreglulegt	te.	tephra/gjóska
jo.	joints, jointed/sprungur, sprungið	th.	thick/þykkur
la.	large/stór	tu.	tuff/túff
lay.	layers, layered/lög, lagskipt	tuff.	tuffaceous/túffkenndur
li.	light/ljós	v.	very/afar, mjög
m.	more/meira	va.	varved/hvarfaður
ma.	matrix/millimassi	va. cl.	varved clay,"hvarfleur"
main.	mainly/einkum, aðallega	ve.	vertical/lóðréttur
mi.	mixed/blandað	ves.	vesicular, vesicles/blöðrótt, blöðurur
min.	mineral/steind	w.	with/með
occ.	occasionally/á stöku stað	ze.	zeolites/geislasteinar
		zo.	zone/belti

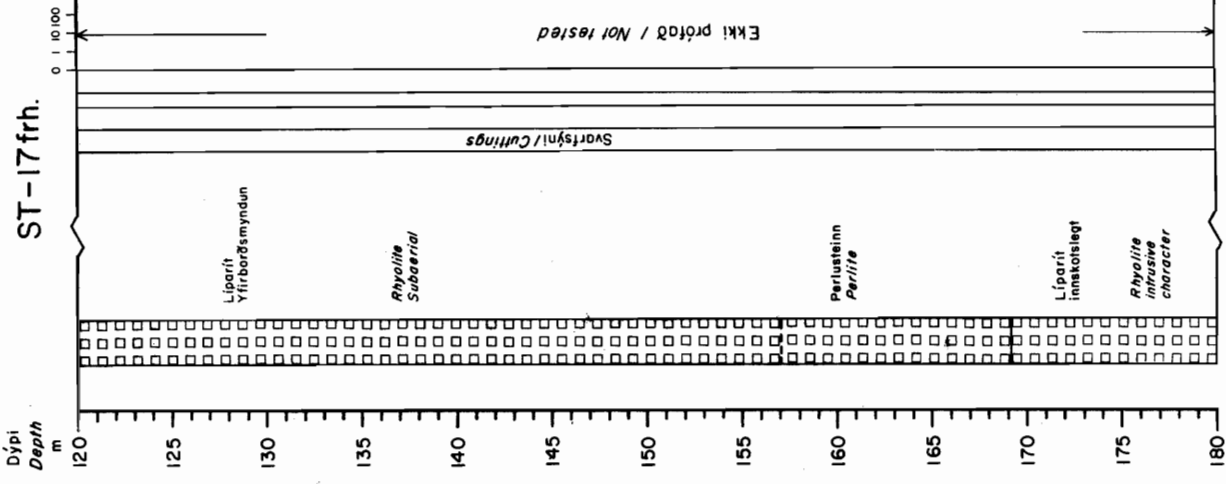
GREINING CLASSIFICATION	LEKT PERMEABILITY LU
JVB GWT	ROD
Kjarni/Core %	
HÆD Elevation	



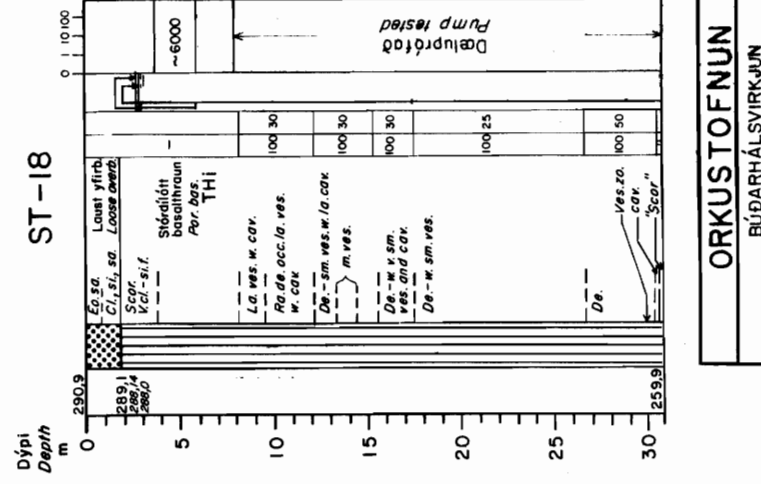
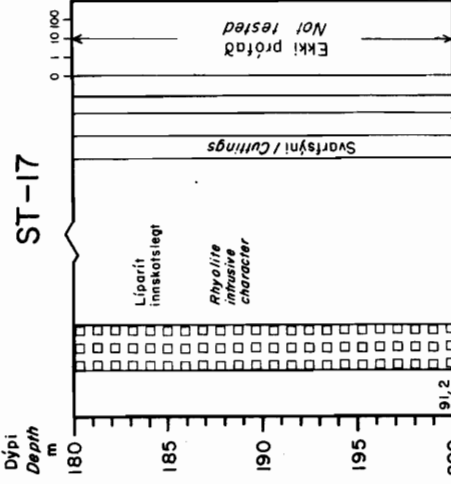
GREINING CLASSIFICATION	LEKT PERMEABILITY LU
JVB GWT	ROD
Kjarni/Core %	
HÆD Elevation	



GREINING CLASSIFICATION	LEKT PERMEABILITY LU
JVB GWT	ROD
Kjarni/Core %	
HÆD Elevation	



GREINING CLASSIFICATION	LEKT PERMEABILITY LU
JVB GWT	ROD
Kjarni/Core %	
HÆD Elevation	



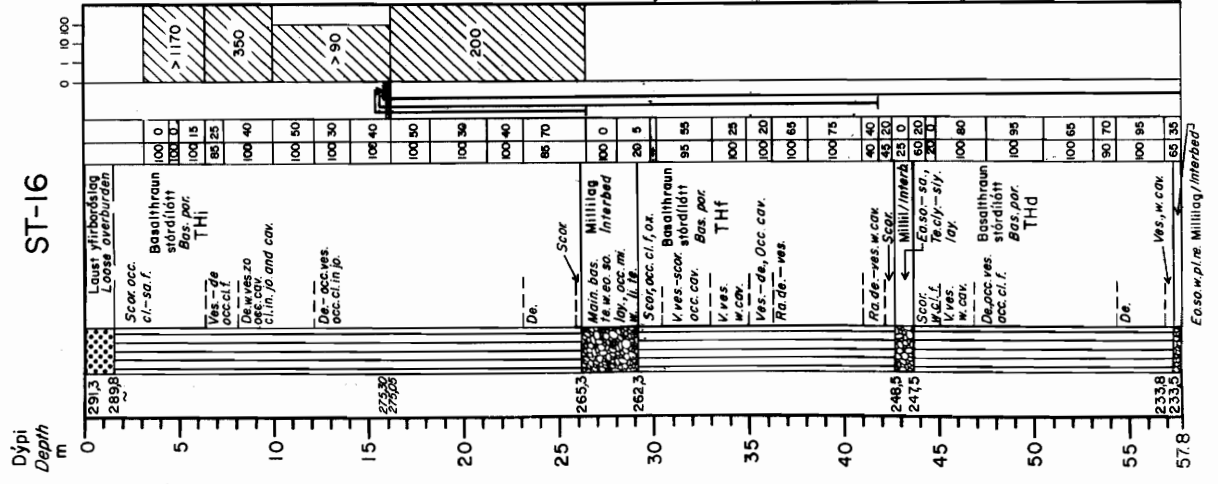
Mynd 23  
Exh.

Skýringar sjá mynd / Legend see 22

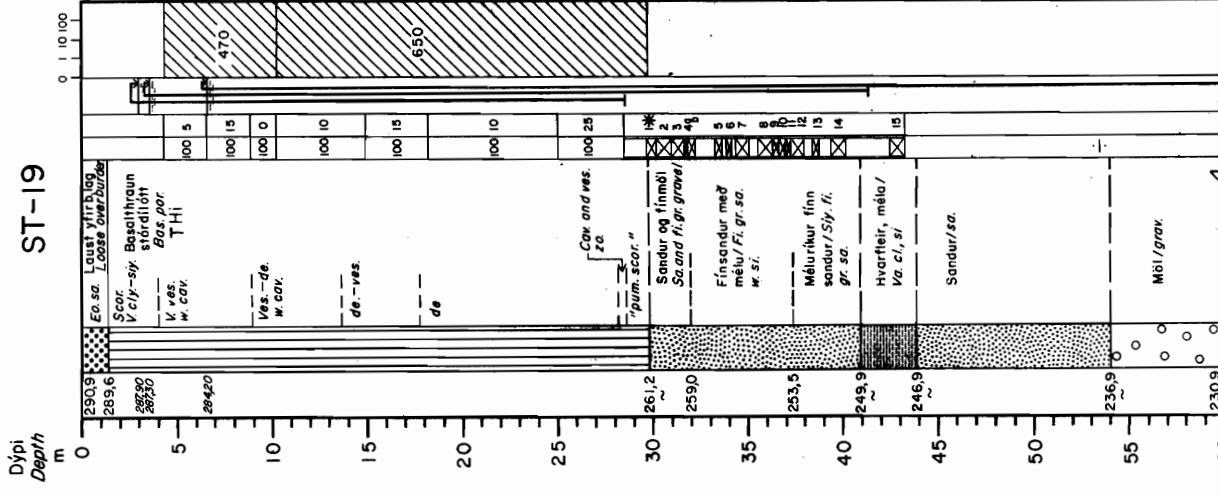
Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh.

**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 Snið af borholum ST-17 og 18  
 Graphic core logs ST-17 and 18  
 80.03.31 B - 331  
 EGV/BJJ/00 F 19446

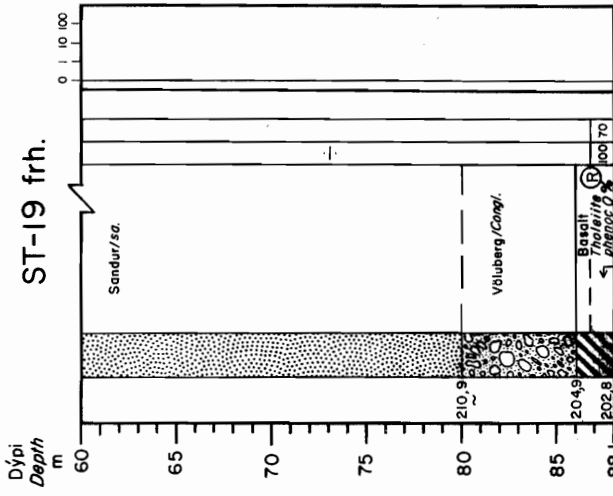
HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



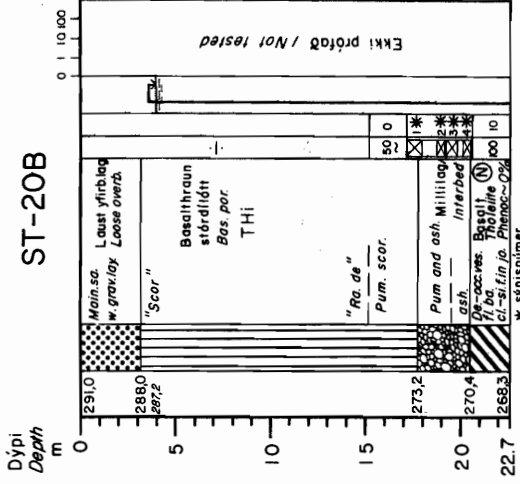
HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



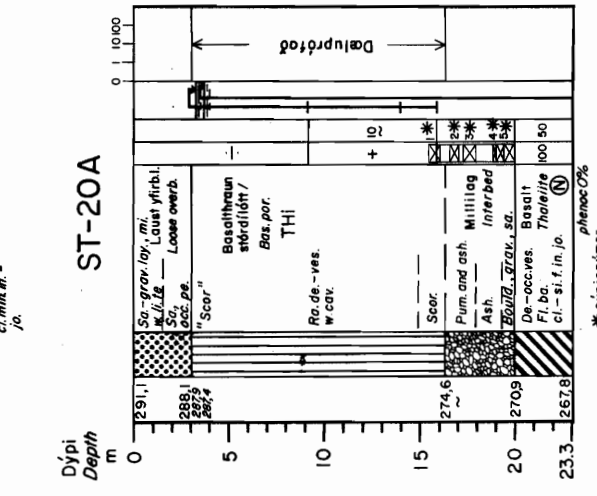
HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



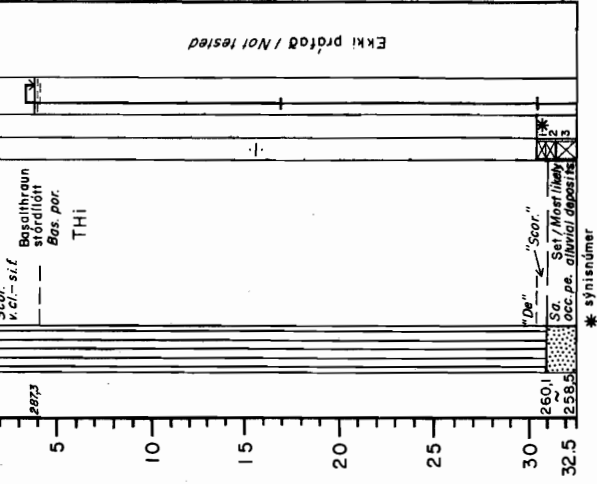
HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



HEÐ	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	-----------	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh.

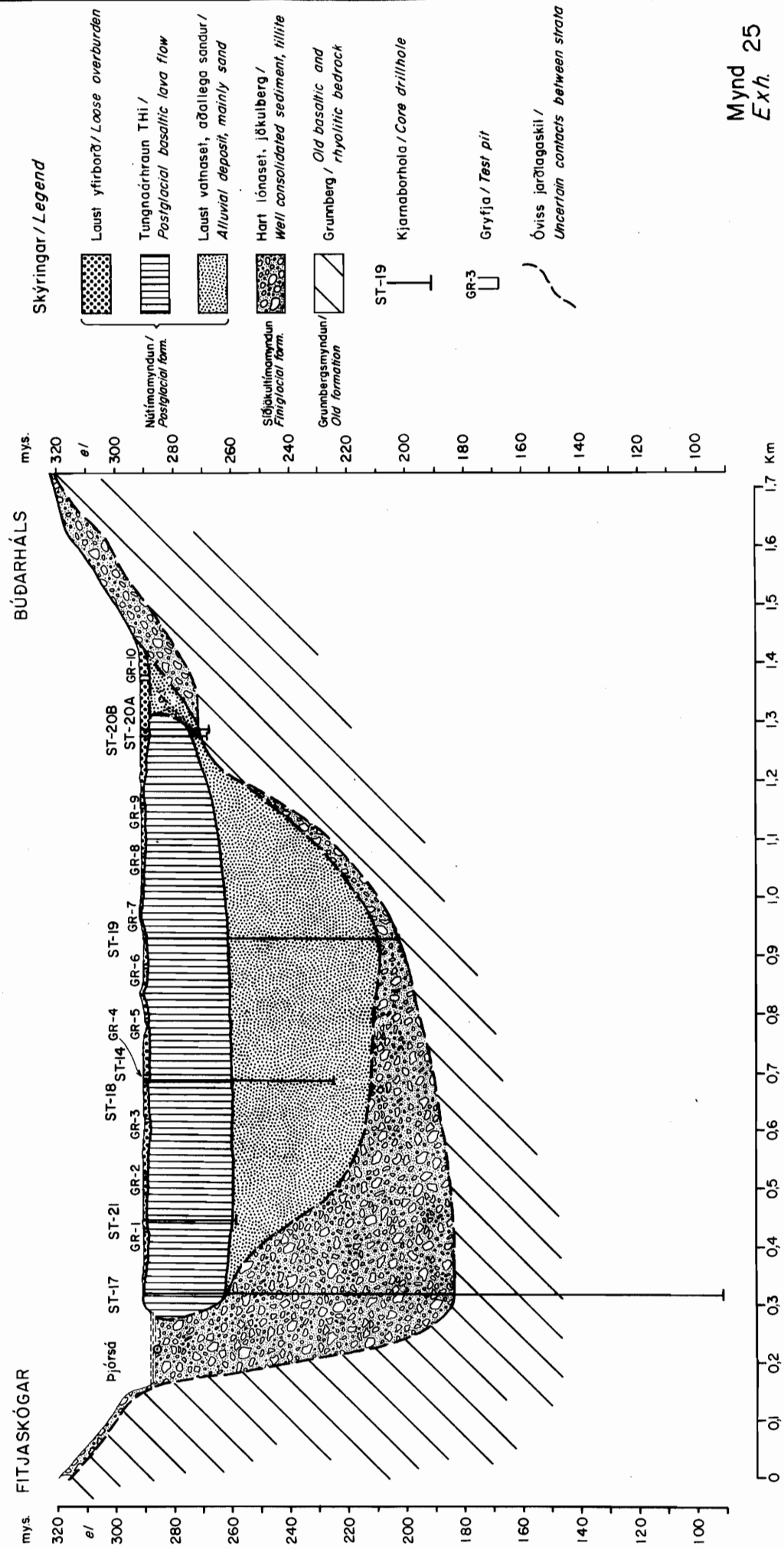
Skýringar sjá mynd / Legend see 22

Mynd 24  
Exh.

BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Sníg af borholum ST-16,19,20A,20B og 21  
Graphic core logs

F'

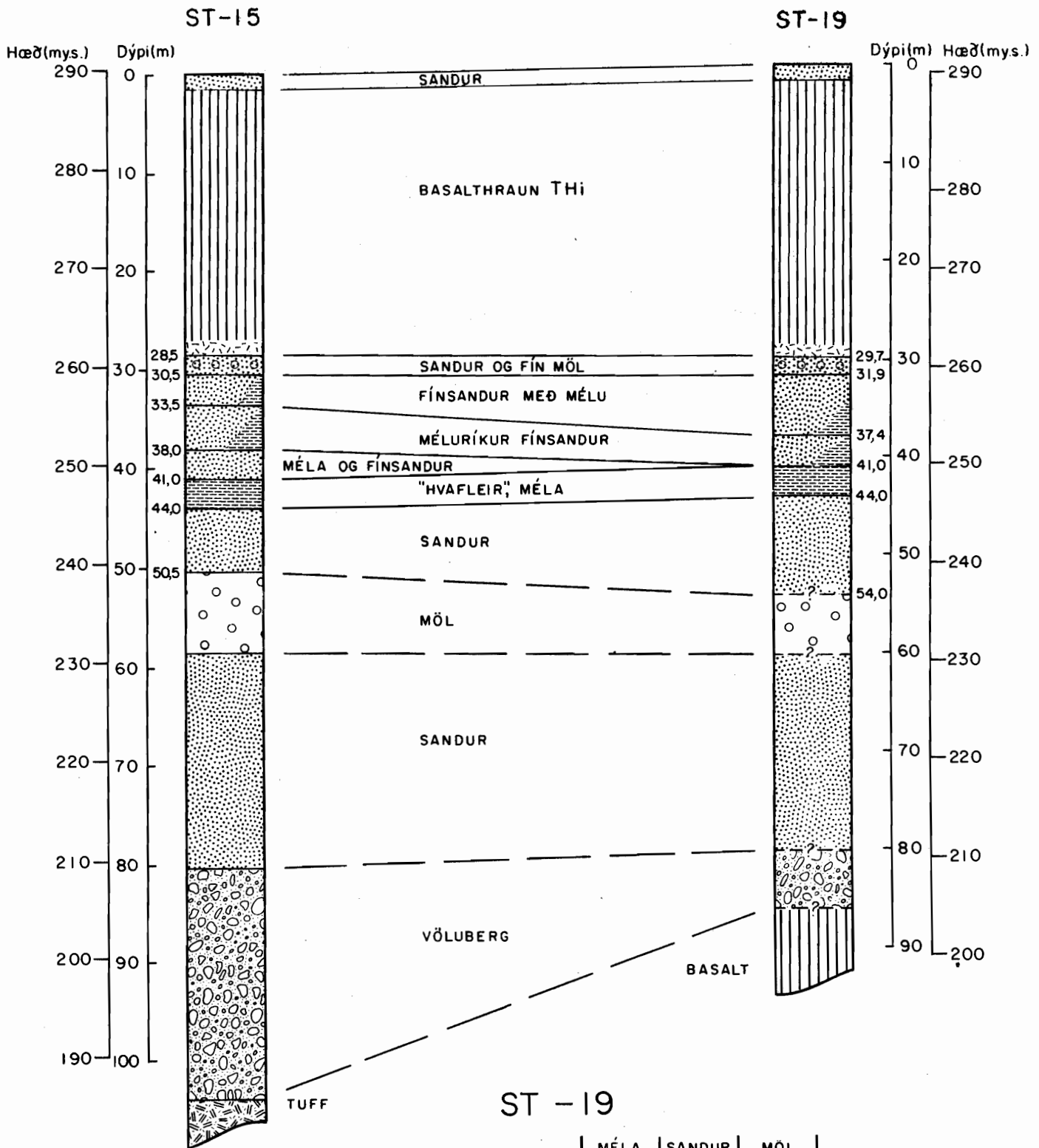
F



Mynd 25  
Exh.

Staðsetning síð mynd 4  
Location see exh.

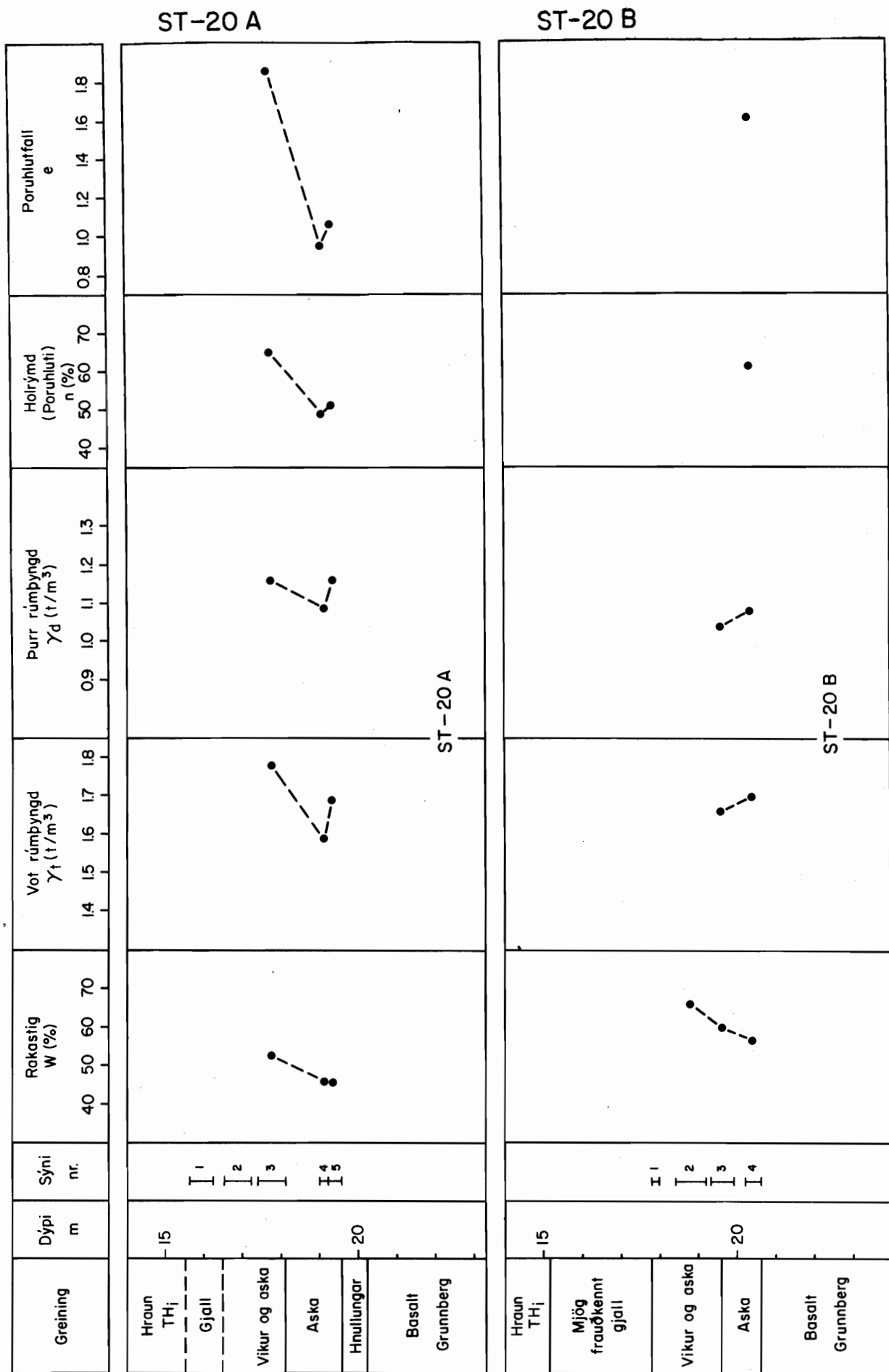
**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN, stíftustæði.  
 Jarðlagaskil **F-F'**  
 Geological section  
 80.04.10 B-331 F.19523  
 Bj. J./00



ST - 19

GREINING	MÉLA % $\bar{x}$	SANDUR % $\bar{x}$	MÖL % $\bar{x}$
SANDUR OG FÍN MÖL	4	76	20
FÍNSANDUR MEÐ MÉLU	15	85	0
MÉLURÍKUR FÍNSANDUR	32	68	0
MÉLA OG FÍNSANDUR	94	6	0
"HVARFLEIR", MÉLA	99	1	0

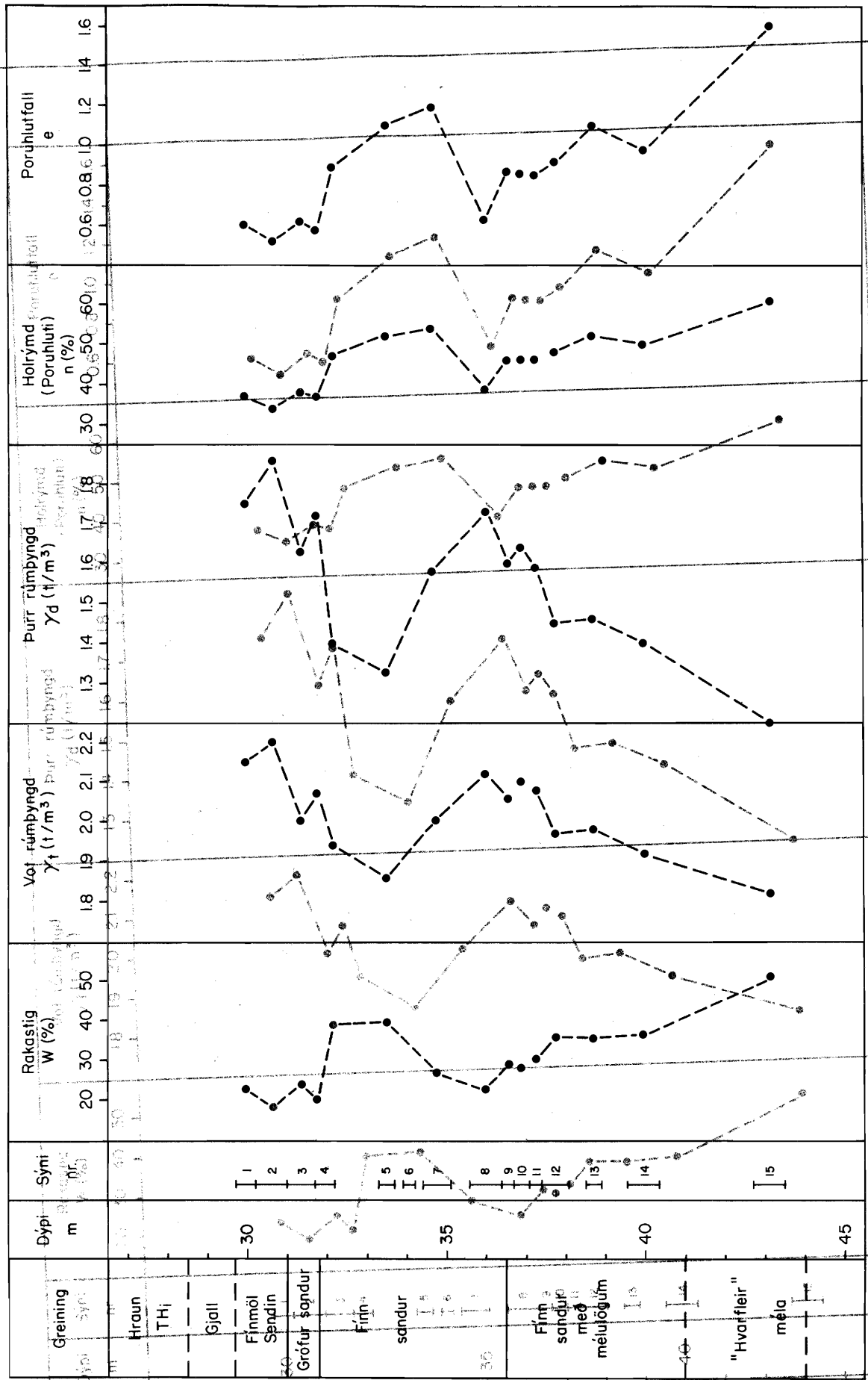
Mynd 26  
Exh.



ORKUSTOFNUN

BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
Greining sýna á borstað  
ST-20 A og B

80.01.08.  
Sv. Þ / 634  
B-331  
F. 19146



ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHALSVIRKJUN  
 Greining sýna á borðað  
 ST-19

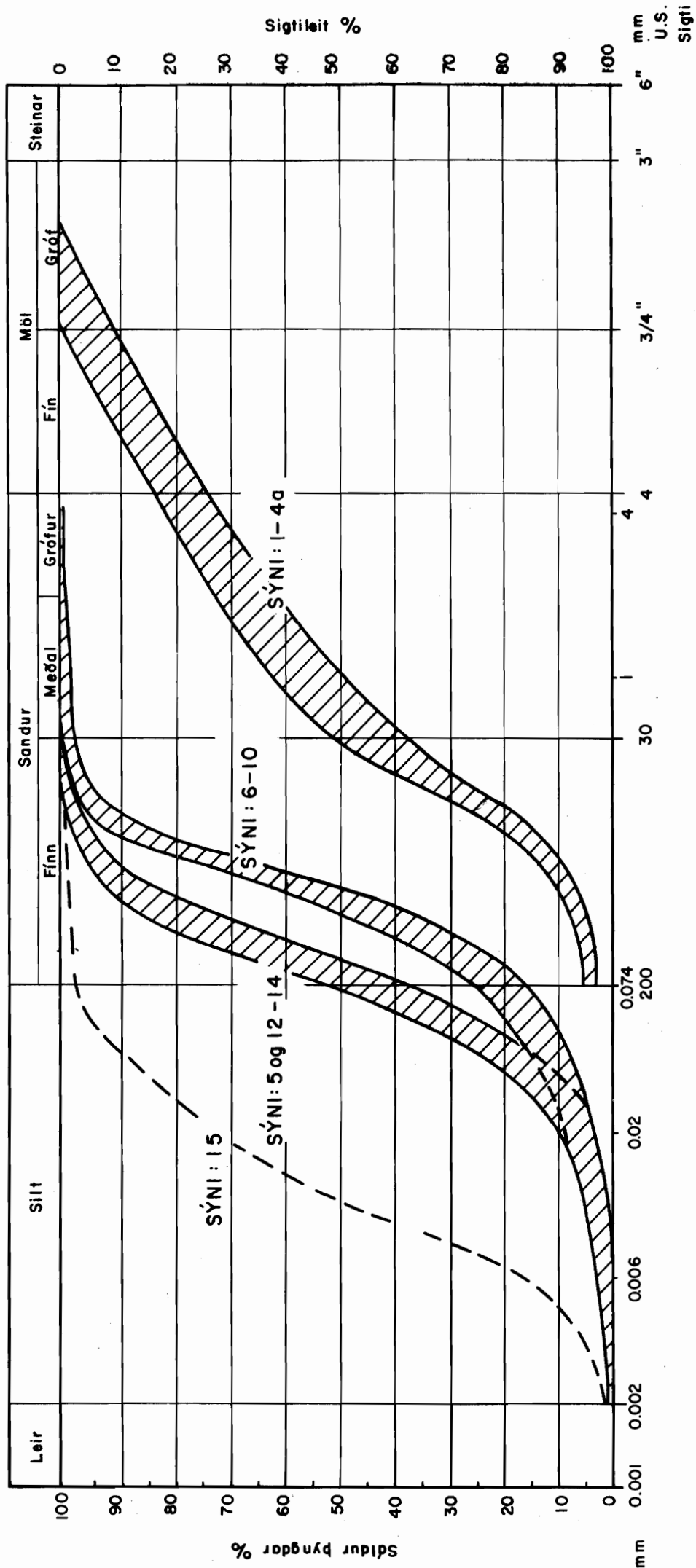
ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHALSVIRKJUN  
 Greining sýna á borðað  
 ST-19

ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHALSVIRKJUN  
 Greining sýna á borðað  
 ST-19



BÚÐARHÁLSVIRKJUN ST-19

Flokkun sýna eftir kornadreifingu

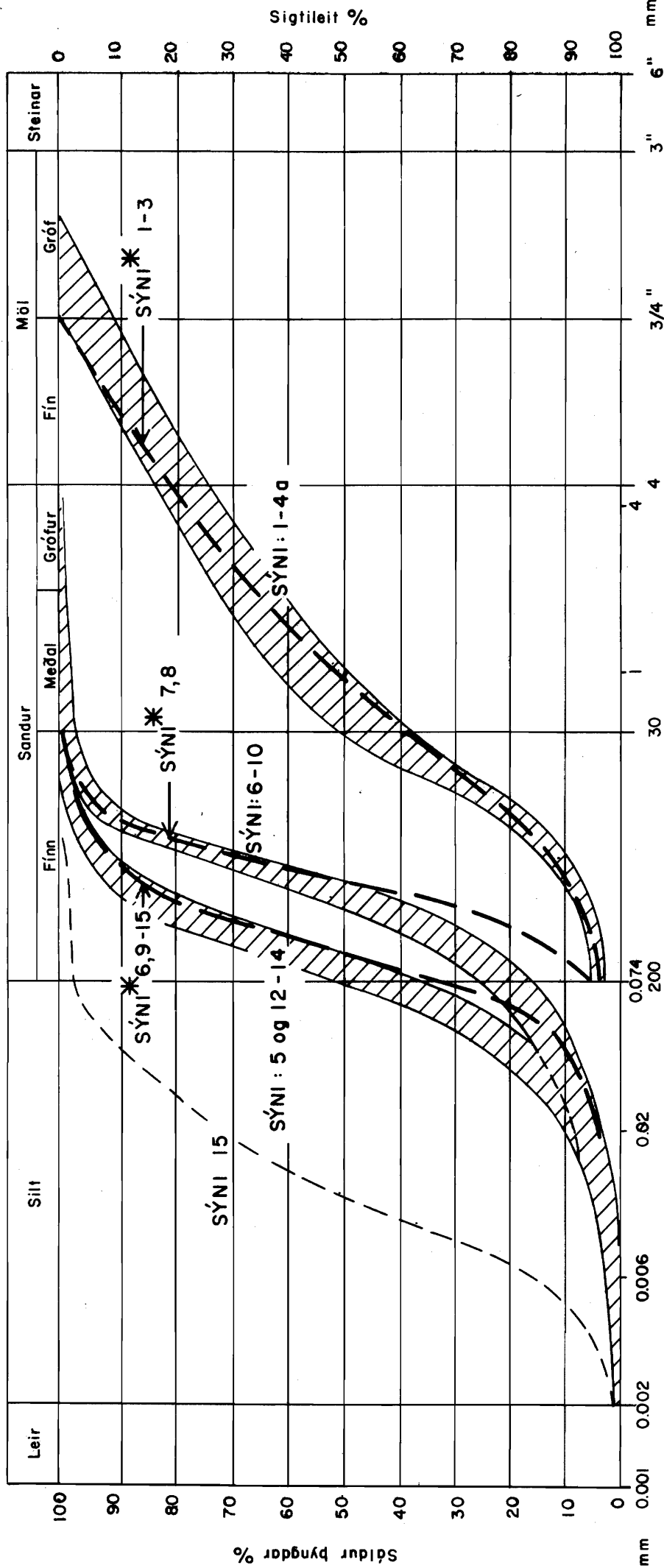


Rannsókn á kornastærðum

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

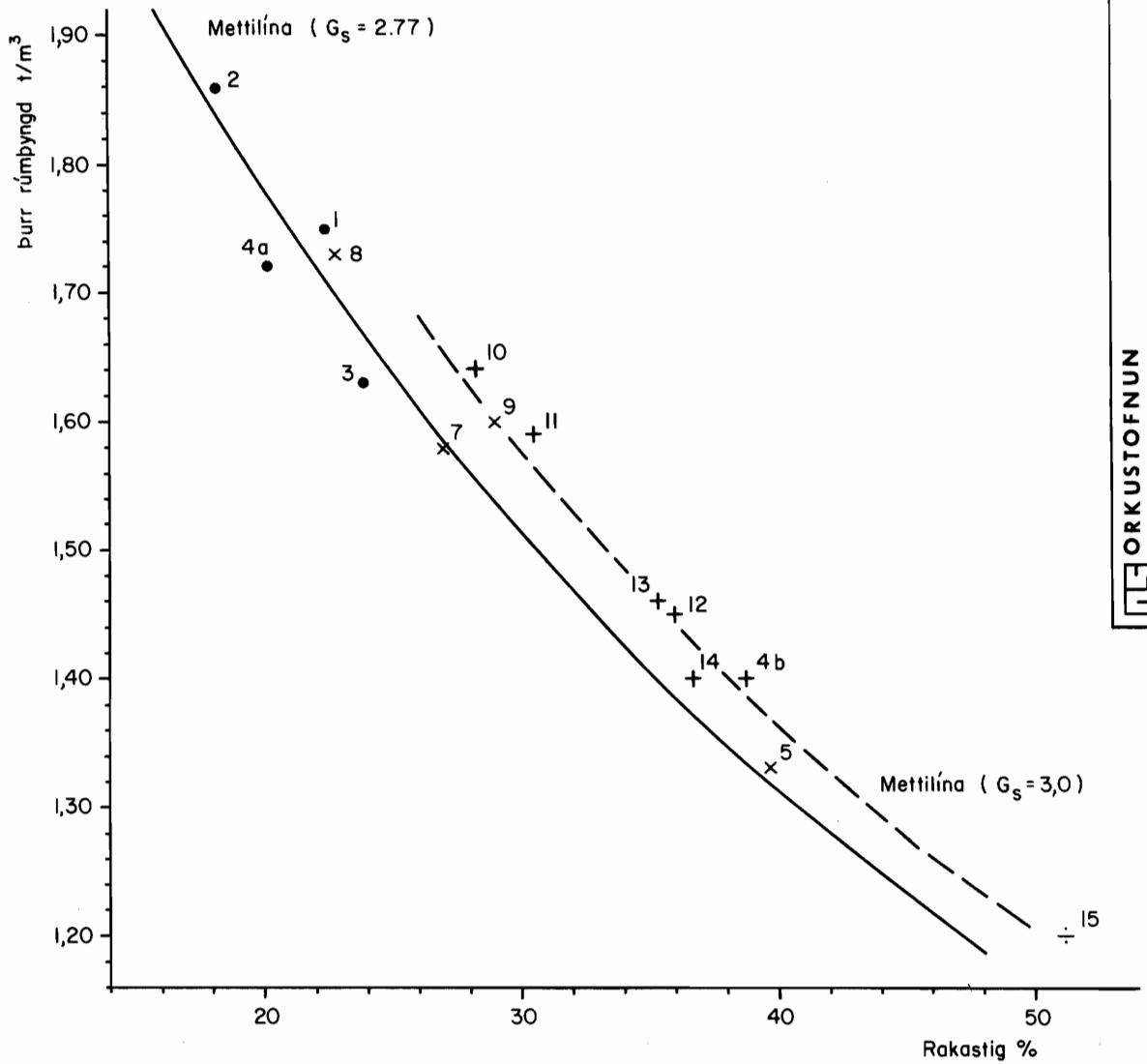
Flokkun sýna eftir kornadreifingu

Samanburður á kornastærðum úr ST-15 og ST-19



Sýni merkt með \* eru úr ST-15

Mynd  
Exh. 30




- Grófur sandur og fínmöl
- × Fínsandur, lítill méla
- + Fínsandur, með mélu
- ÷ Hvarfleir, méla

80.01.08.

Sv. P / GSJ

B - 331

F. 19147


 ORKUSTOFNUN

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

purr rúþpyngd sem fall af rakastigi í ST-19



ORKUSTOFNUN  
Sraumfræðistöð

# BÚÐARHÁLS

Afstöðumynd

79.12.03

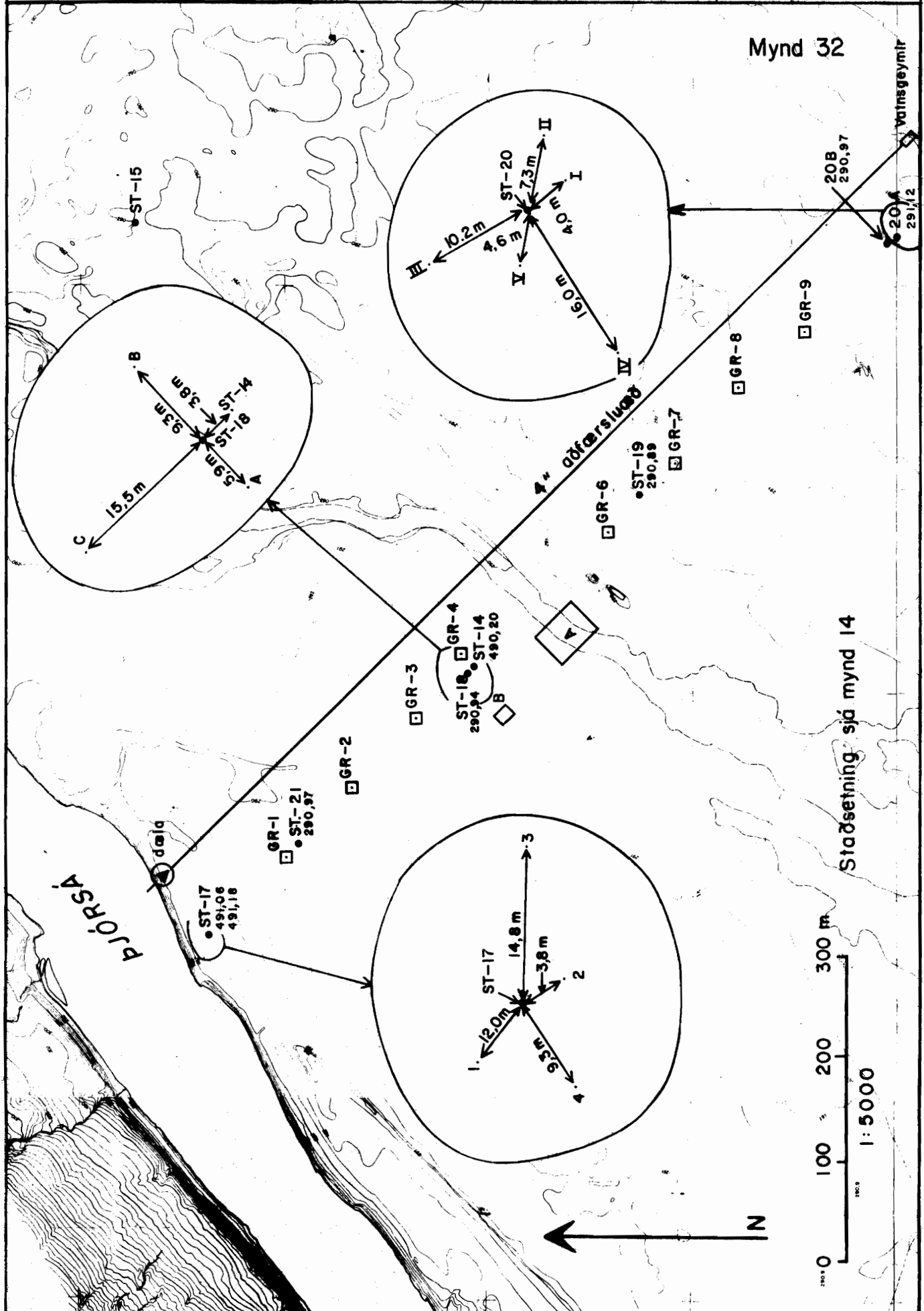
J.I./Ó.D.

B-331

F.18910

Mynd 32

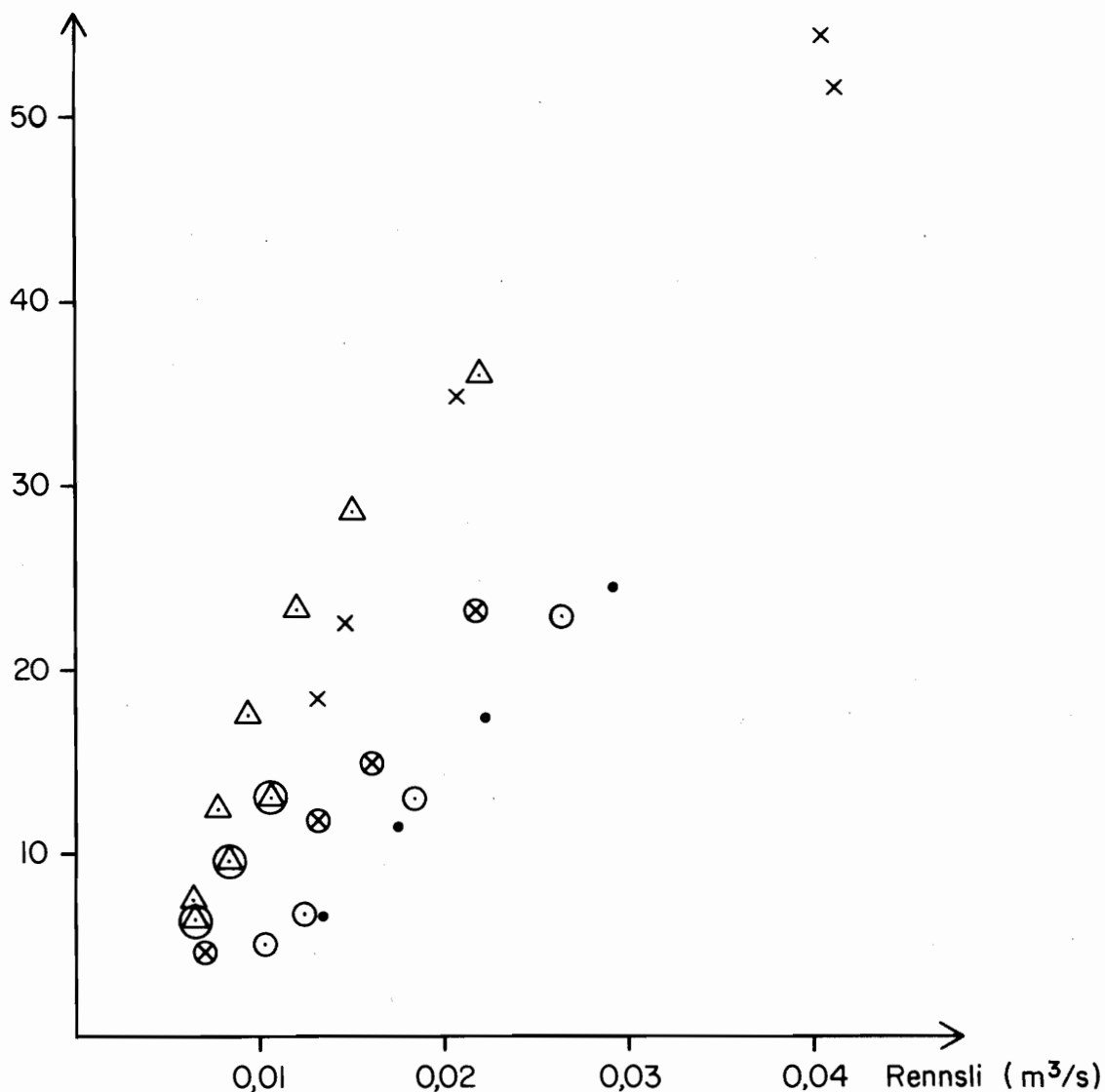
Vatnsgeymir

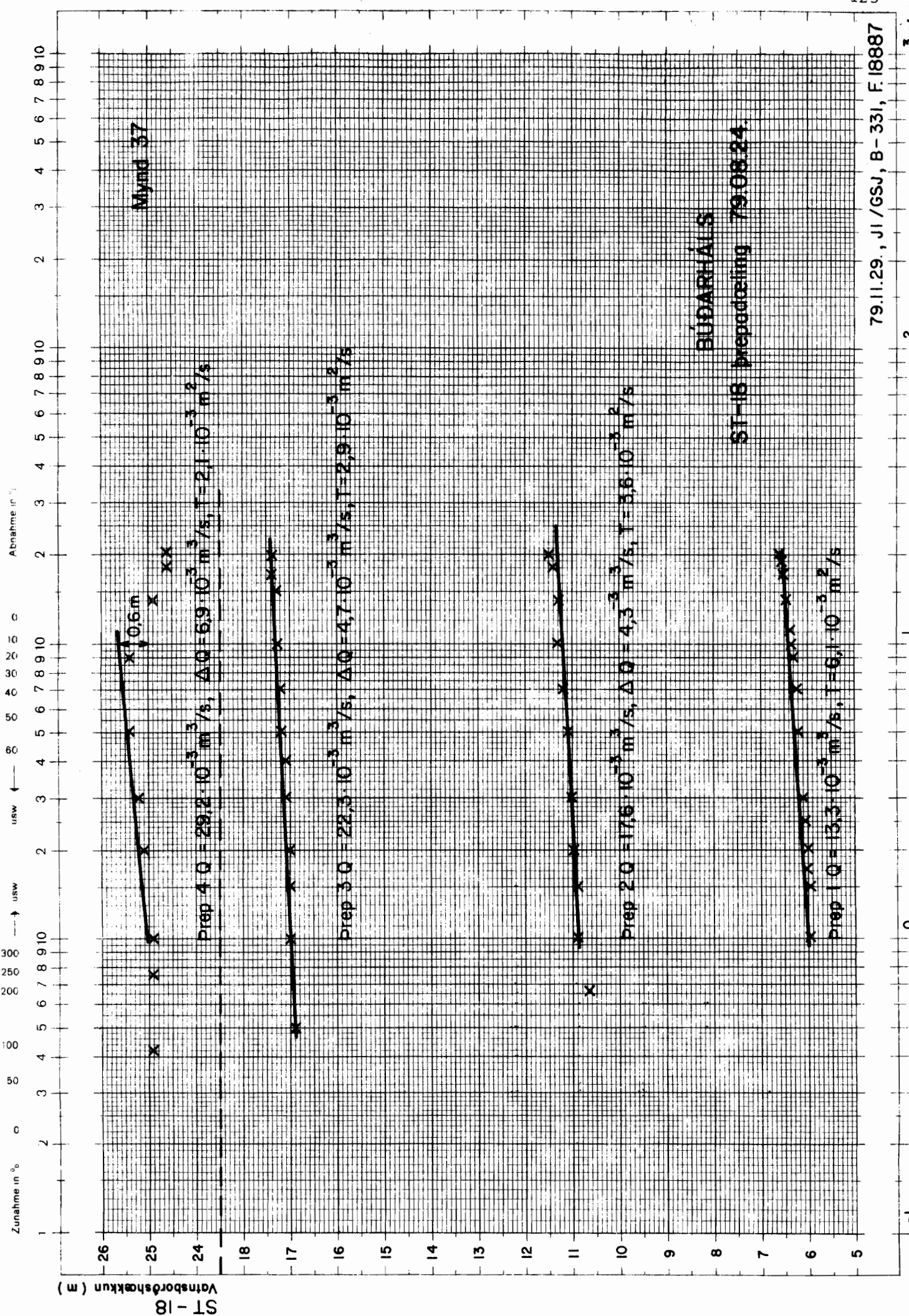


Mynd 36

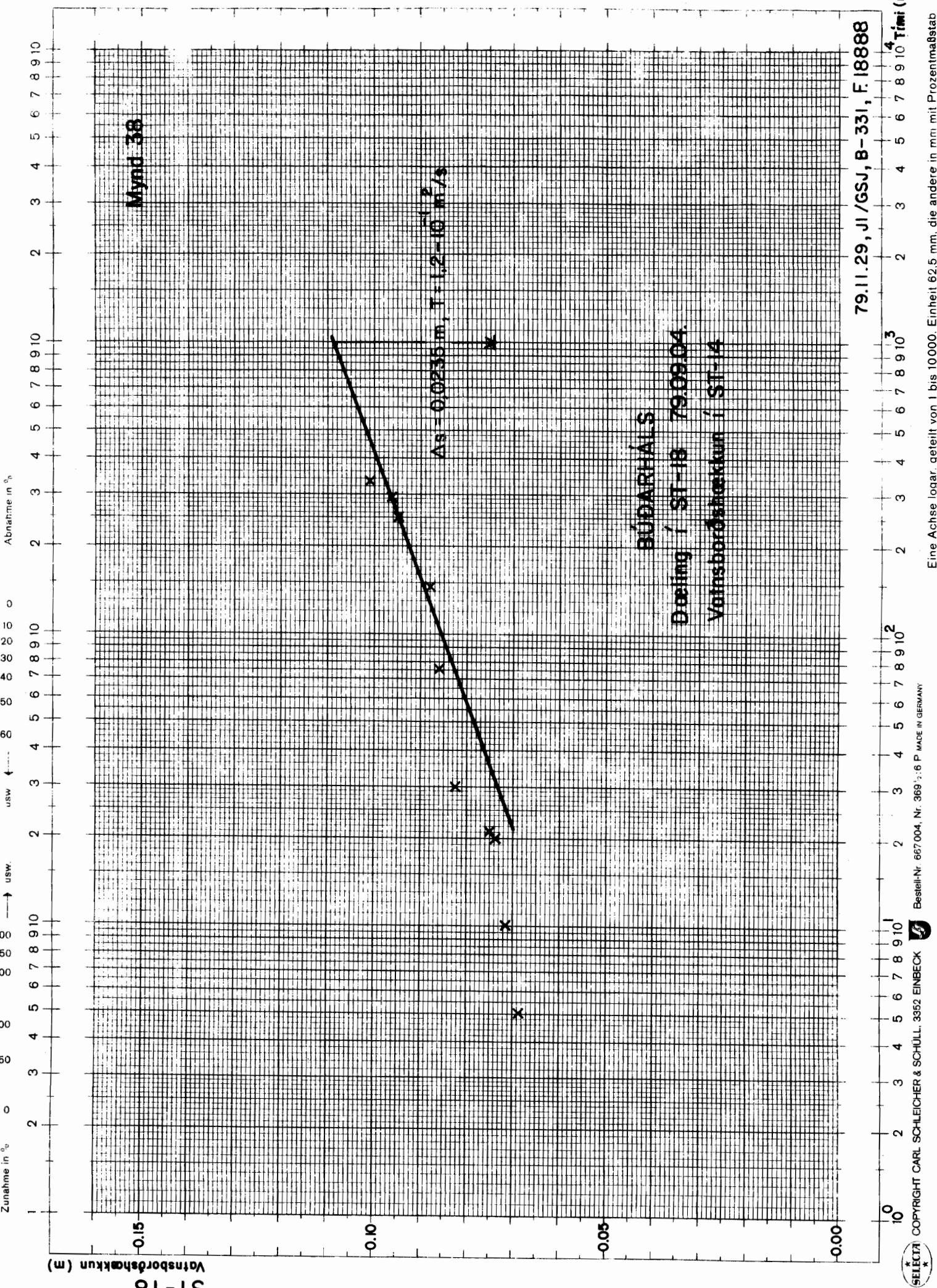
## SKÝRINGAR:

- × ST-17 vaxandi dæling, holudýpt 28,3 m
- ⊗ ST-17 minnkandi dæling, holudýpt 28,3 m
- ST-18 vaxandi dæling, holudýpt 30,8 m
- ⊙ ST-18 minnkandi dæling, holudýpt 30,8 m
- △ ST-20 vaxandi dæling, holudýpt 14,9 m
- ⊕ ST-20 minnkandi dæling, holudýpt 14,9 m

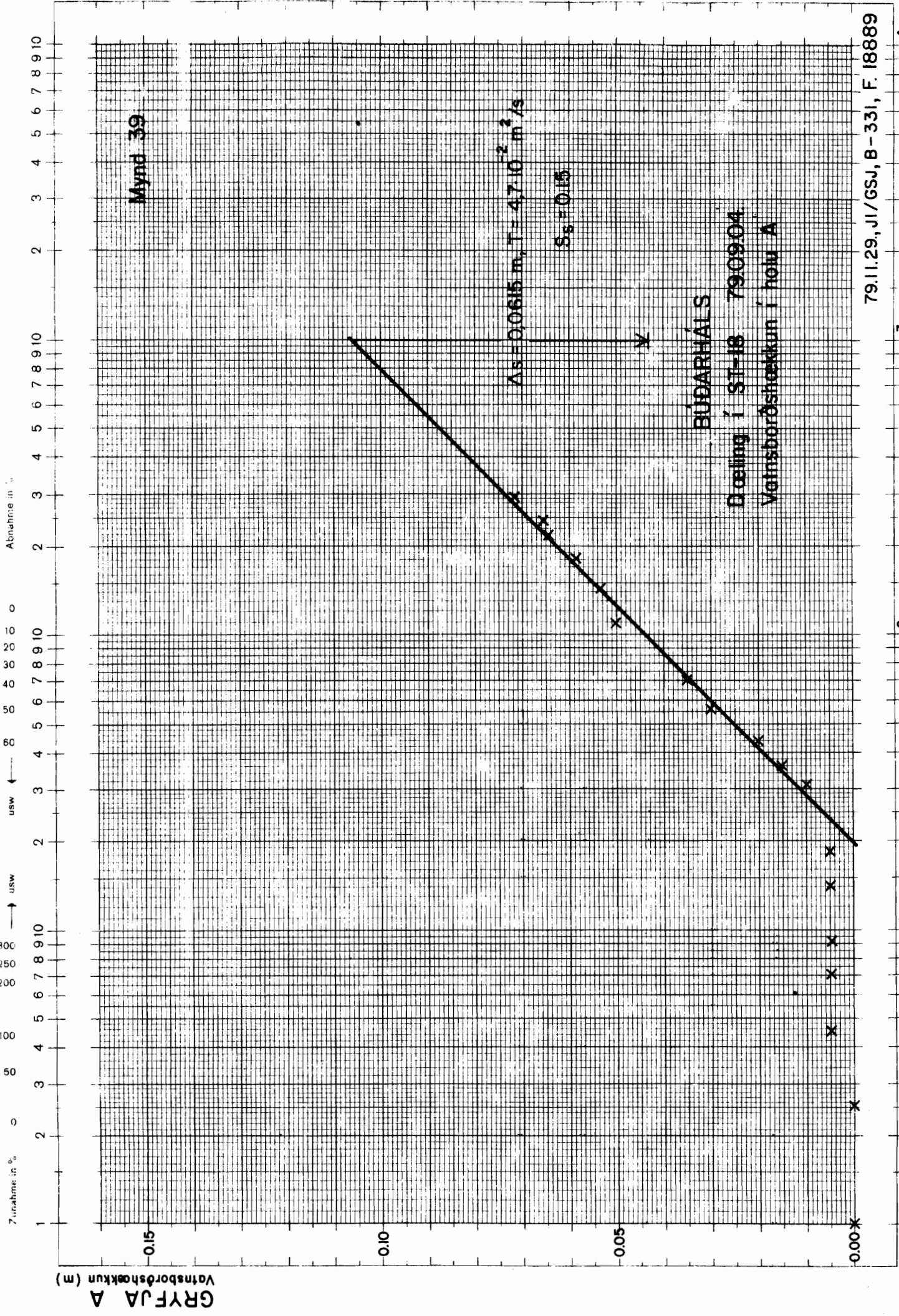
 Vatnsborðs-  
 hækkun (m)  
 í ST-17




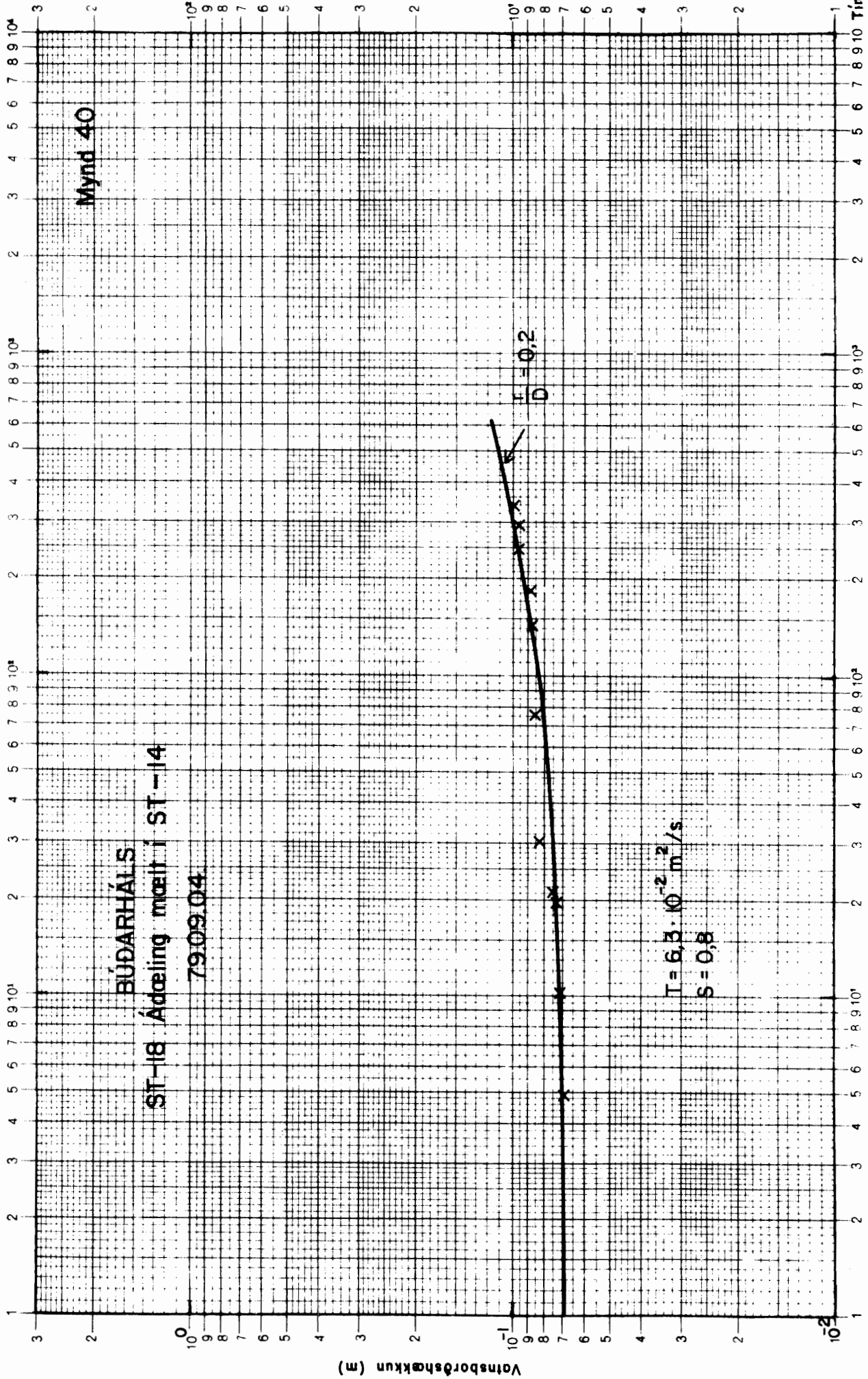
79.11.29., JI/GSJ, B-33I, F.18887



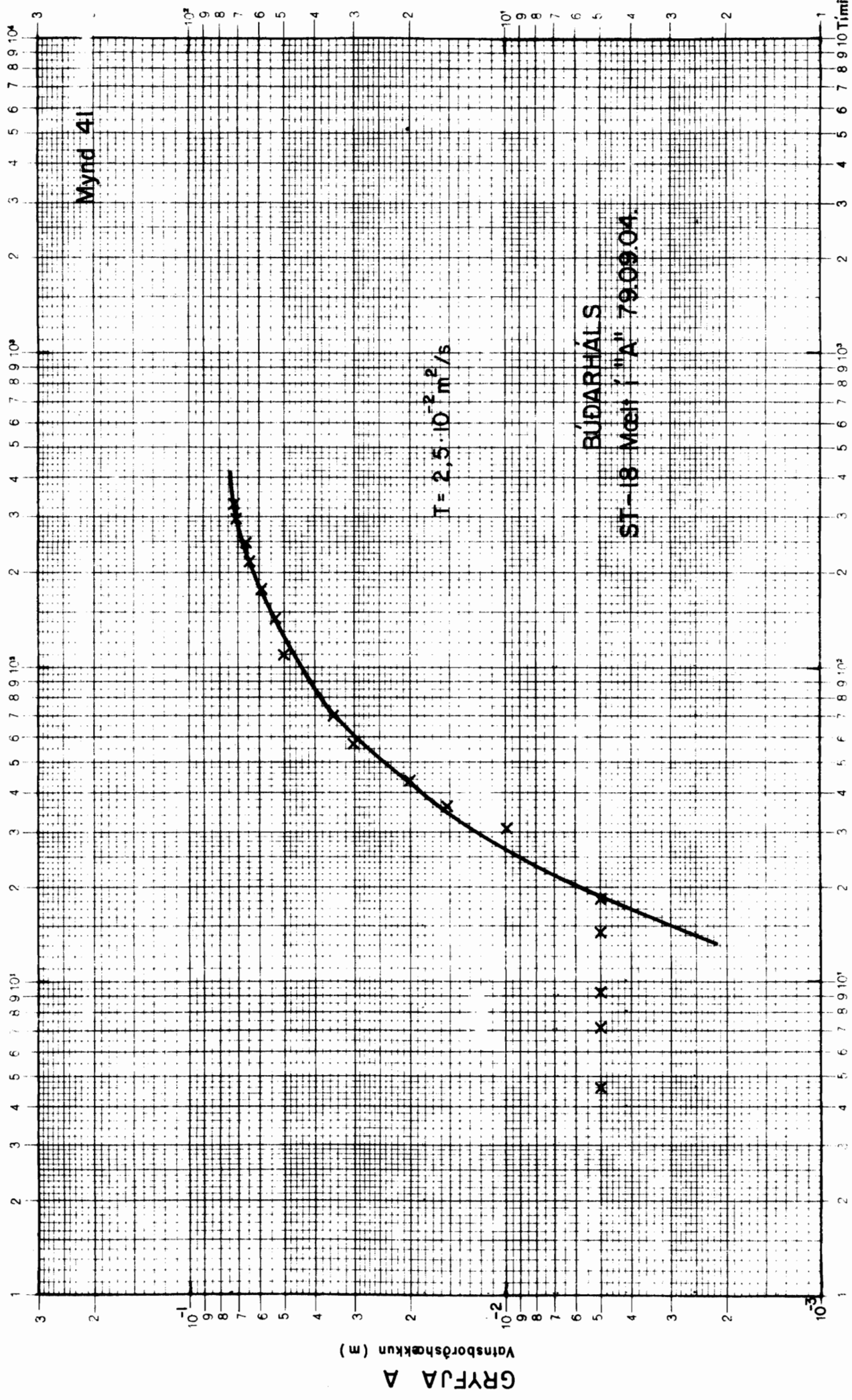
Eine Achse logarith. geteilt von 1 bis 10000. Einheit 62.5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab



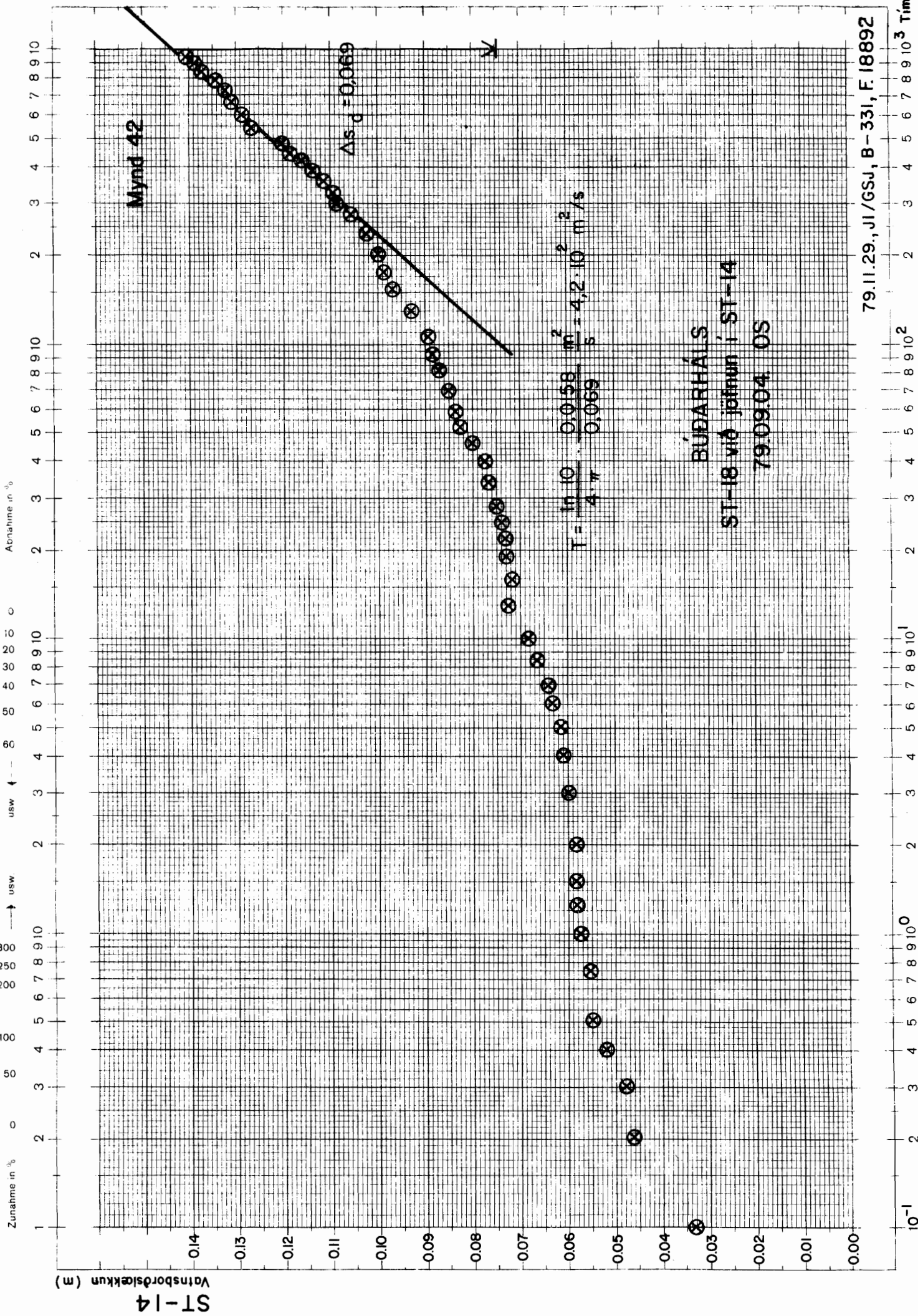


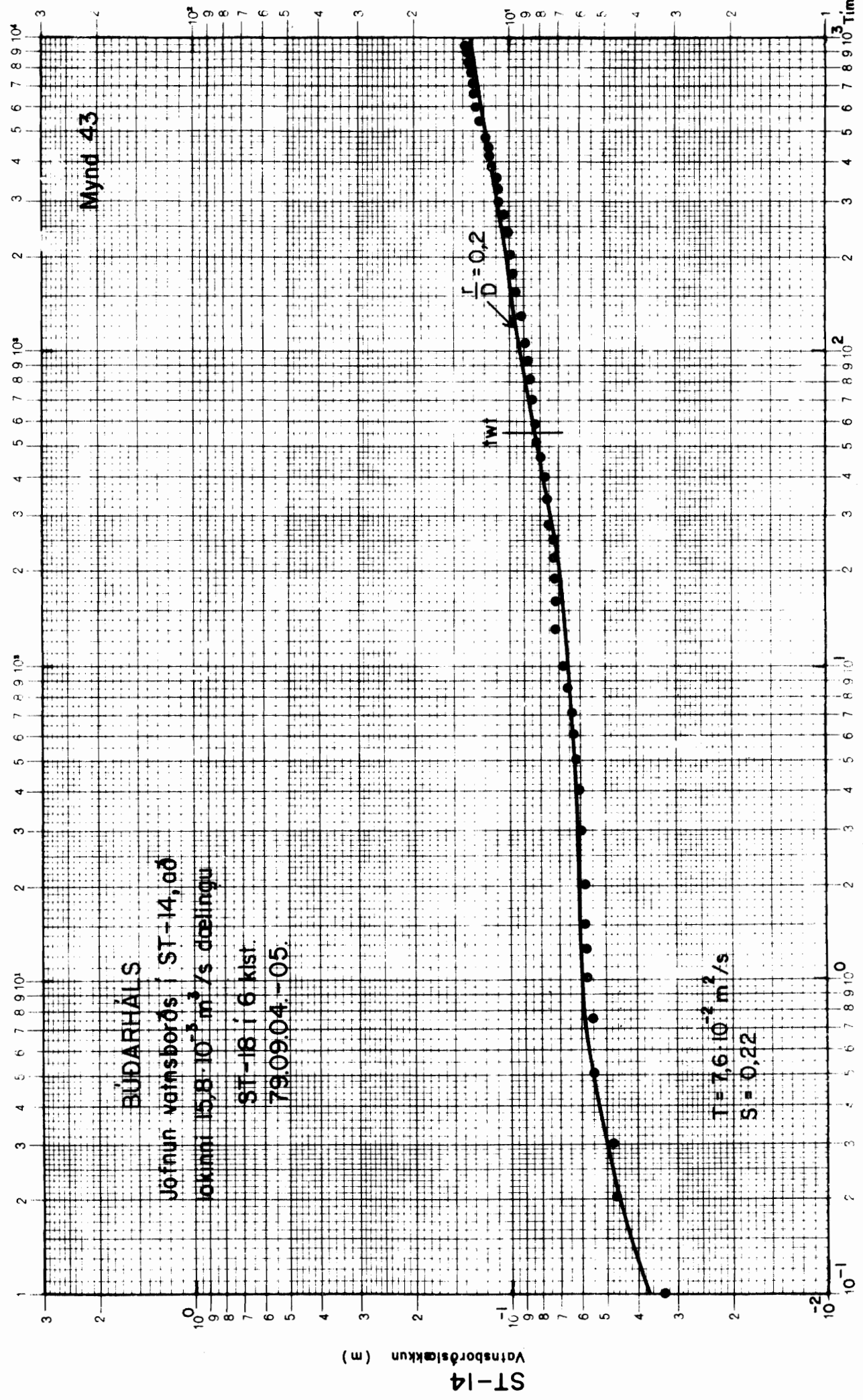


79.11.29., JI/GSJ, B-33I, F. 18890



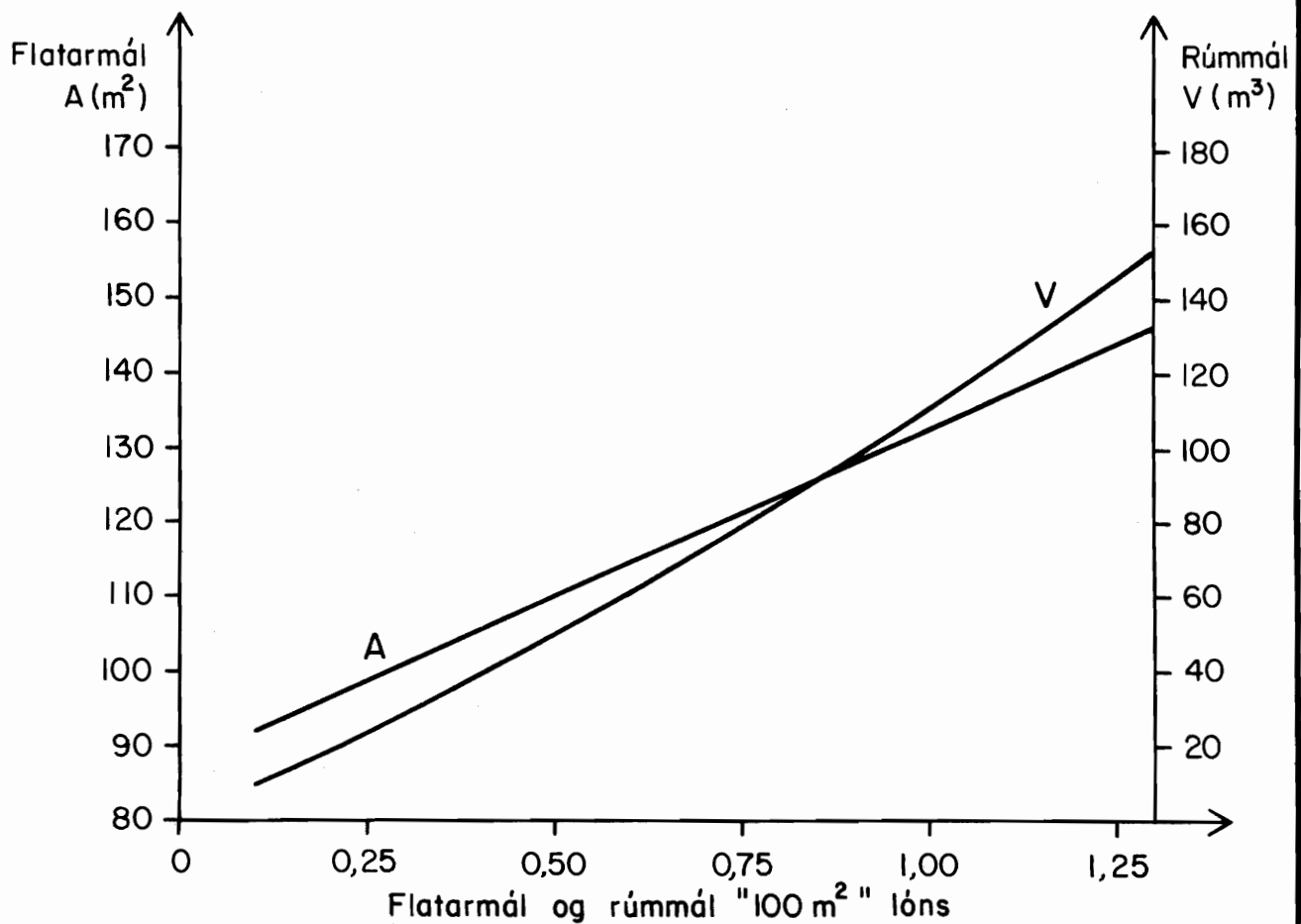
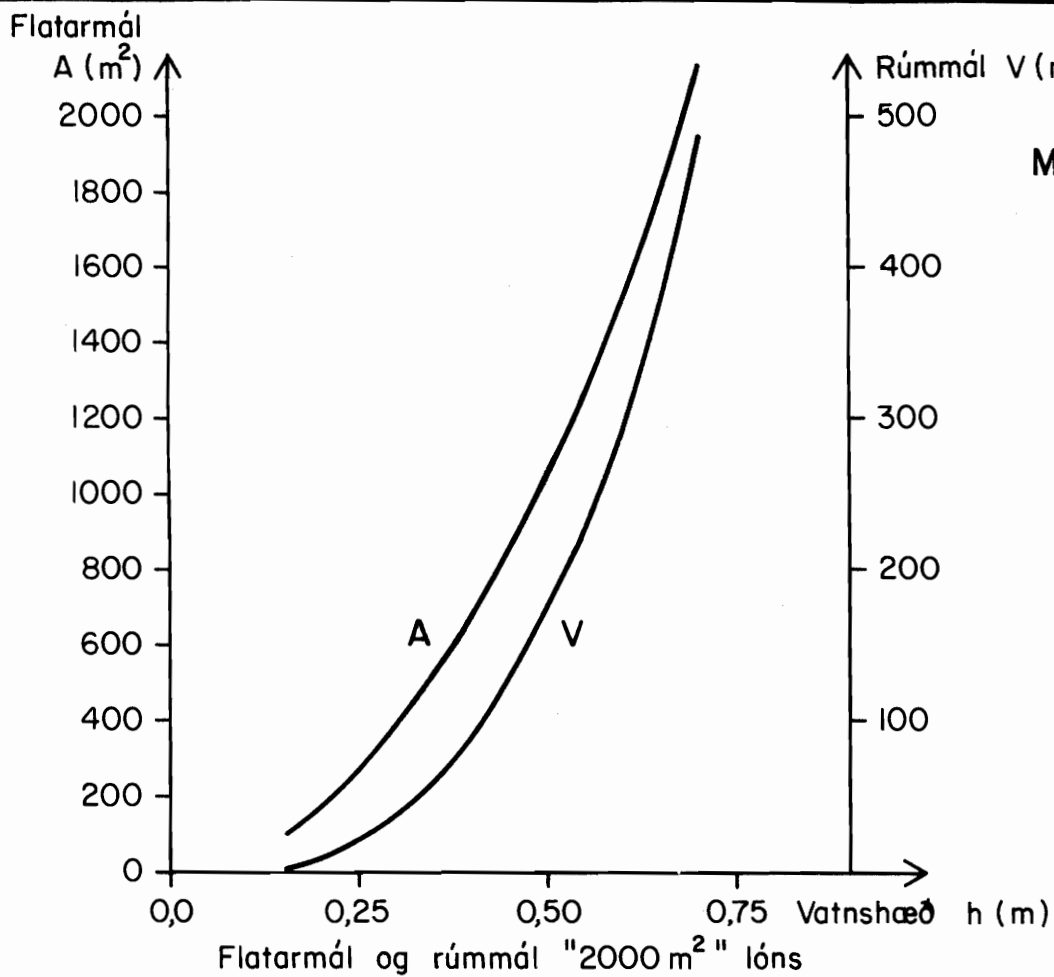
GRYFJA A







BÚÐARHÁLS  
Flatarmál og rúmmál lóna





ORKUSTOFNUN  
Straumfræðistöð

BÚÐARHÁLS

Vatnshæð og leki í "2000m<sup>2</sup>" lóni

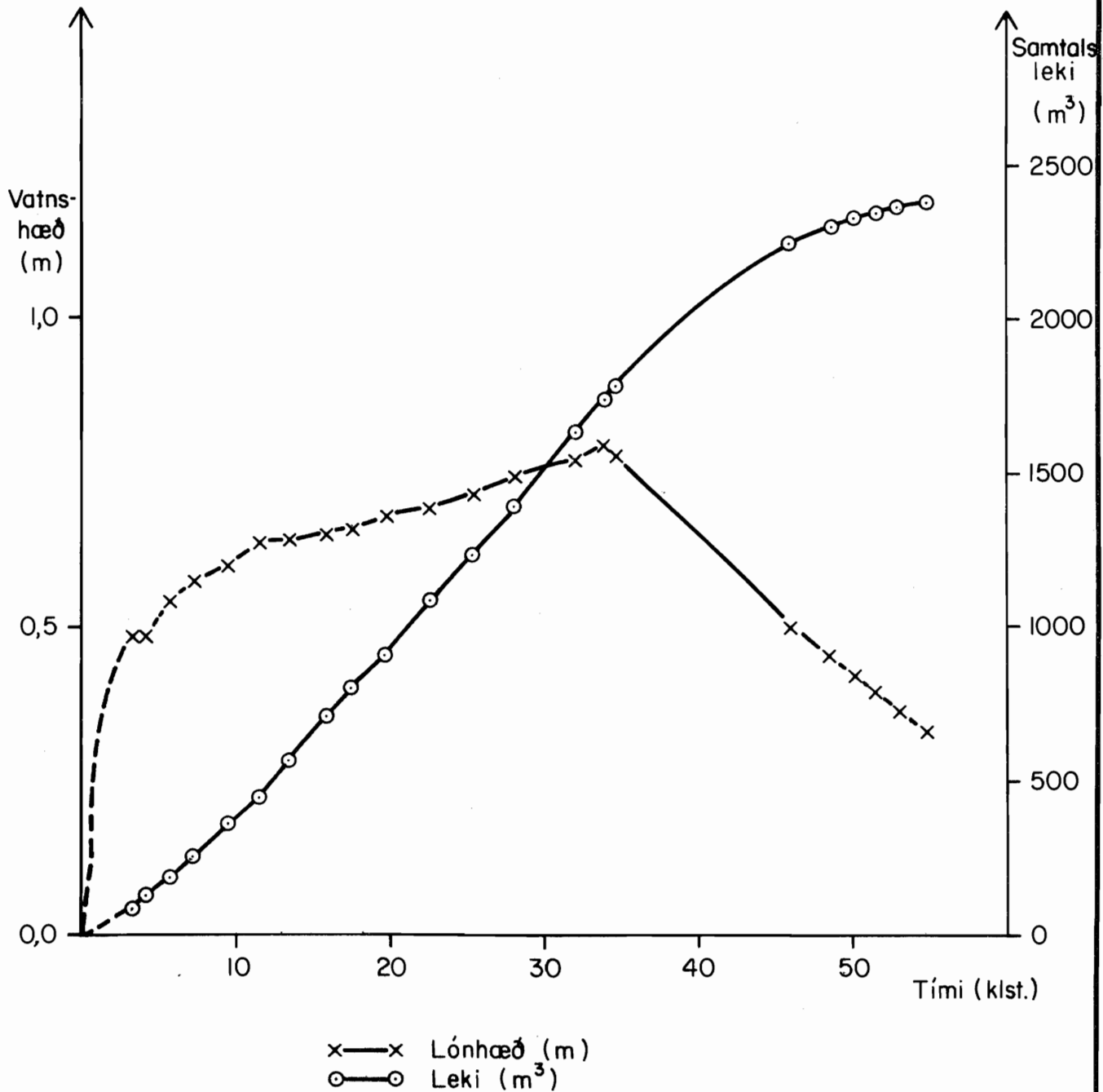
79.11.29.

J1 / G5J

B-331

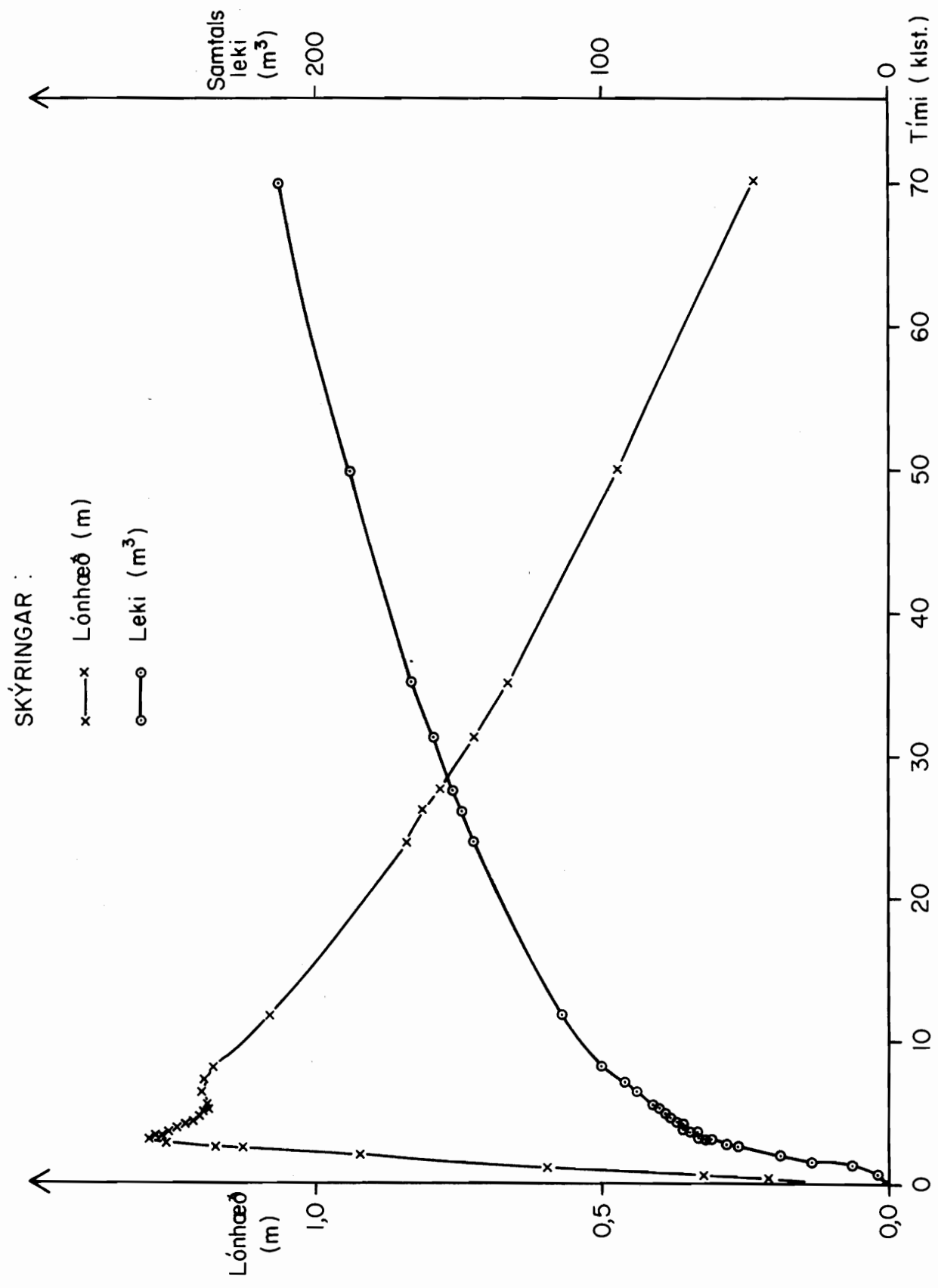
F. 18895

Mynd 45



BÚÐARHÁLS  
 Vatnshæð og leki í "100 m<sup>2</sup>" lóni

Mynd 46

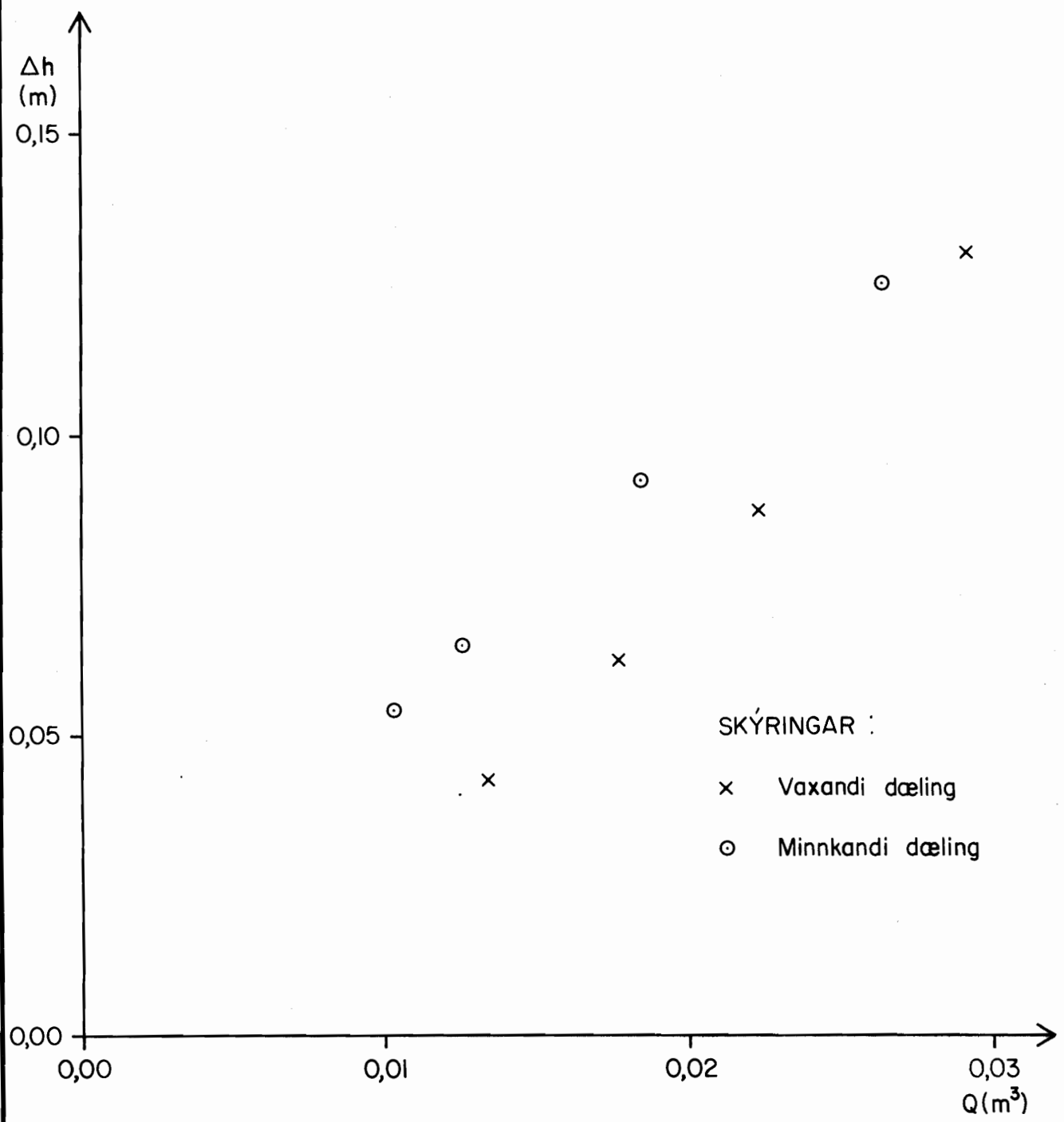


**ORKUSTOFNUN**  
Straumfræðistöð

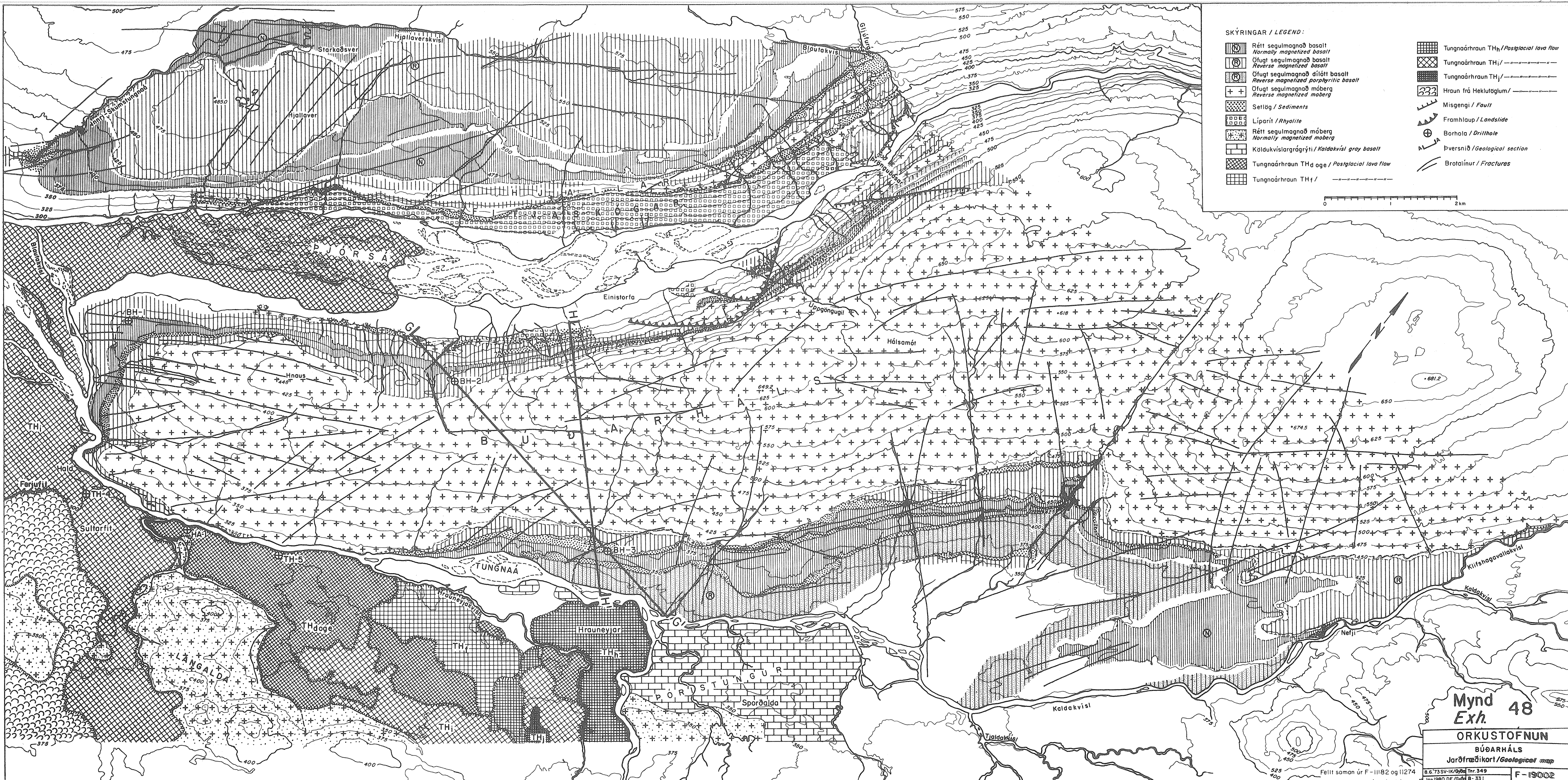
**BÚÐARHÁLS**  
Prepadæling á ST-18 79.08.24.  
Vatnsborð í ST-14

79.11.29.  
JI / GSJ  
B-331  
F.18897

Mynd 47







**SKÝRINGAR / LEGEND:**

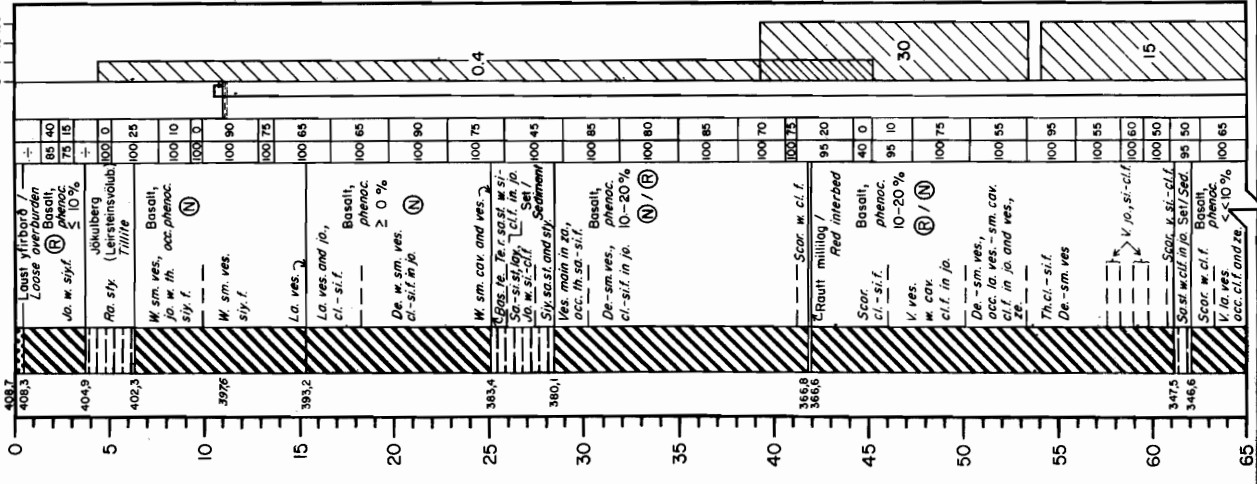
	Réttt segulmagnað basalt Normally magnetized basalt		Tungnaárhraun TH <sub>h</sub> / Postglacial lava flow
	Ófugt segulmagnað basalt Reverse magnetized basalt		Tungnaárhraun TH <sub>i</sub> / Postglacial lava flow
	Ófugt segulmagnað díótt basalt Reverse magnetized porphyritic basalt		Tungnaárhraun TH <sub>j</sub> / Postglacial lava flow
	Ófugt segulmagnað móberg Reverse magnetized moberg		Hraun frá Heklugötum / Lava flow
	Setlag / Sediments		Misgengi / Fault
	Liparít / Rhyolite		Framhlaup / Landslide
	Réttt segulmagnað móberg Normally magnetized moberg		Borhola / Drillhole
	Kaldakvíslargráviti / Kaldakvísl gray basalt		Þversnið / Geological section
	Tungnaárhraun TH <sub>d</sub> oge / Postglacial lava flow		Brataínur / Fractures
	Tungnaárhraun TH <sub>f</sub> / Postglacial lava flow		

0 1 2 km

Mynd 48  
 Exh. 48  
 ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHÁLS  
 Jarðfræðikort / Geological map  
 Felld saman úr F-11182 og 11274  
 8.673SV-1K/0/00 Tr. 349  
 Jan 1980 DE/6904 B-331  
 F-19002

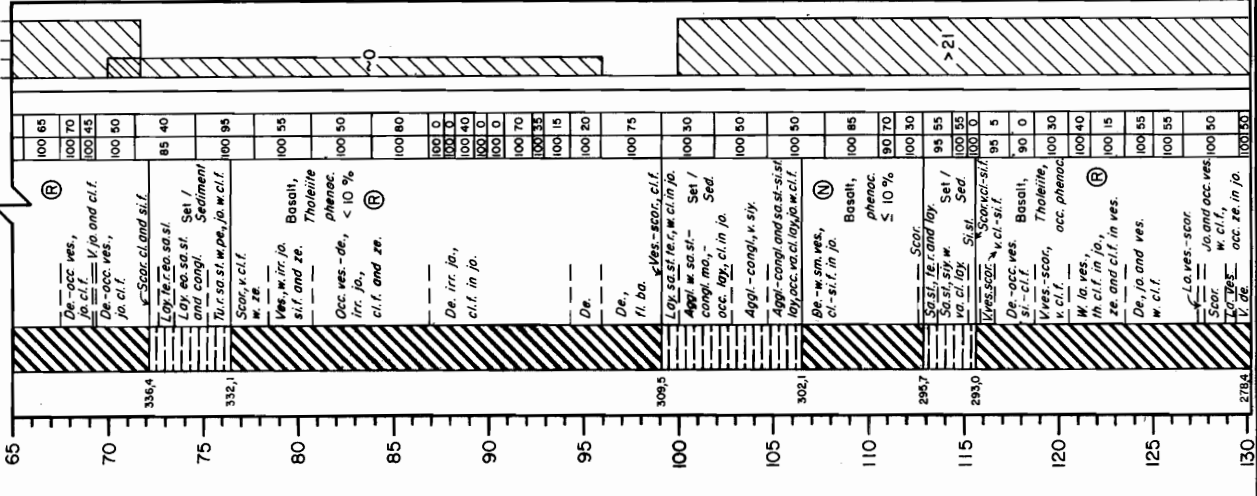
HEED	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	JVB GWT	LEKT PERMEABILITY LU
------	-----------	-------------------------	---------------	---------	----------------------

Dýpi Depth  
m



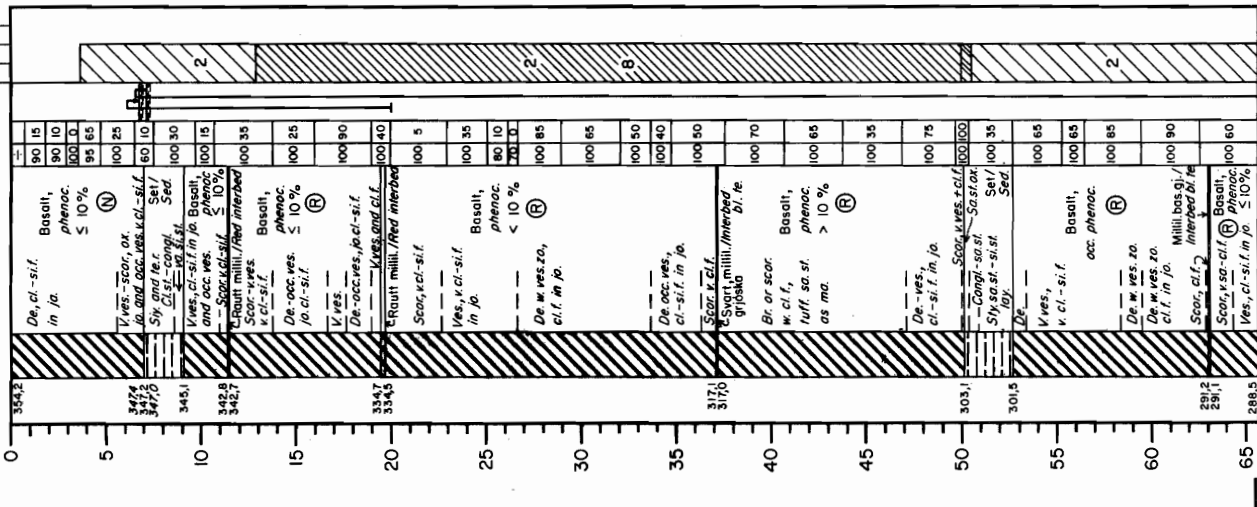
HEED	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	JVB GWT	LEKT PERMEABILITY LU
------	-----------	-------------------------	---------------	---------	----------------------

Dýpi Depth  
m



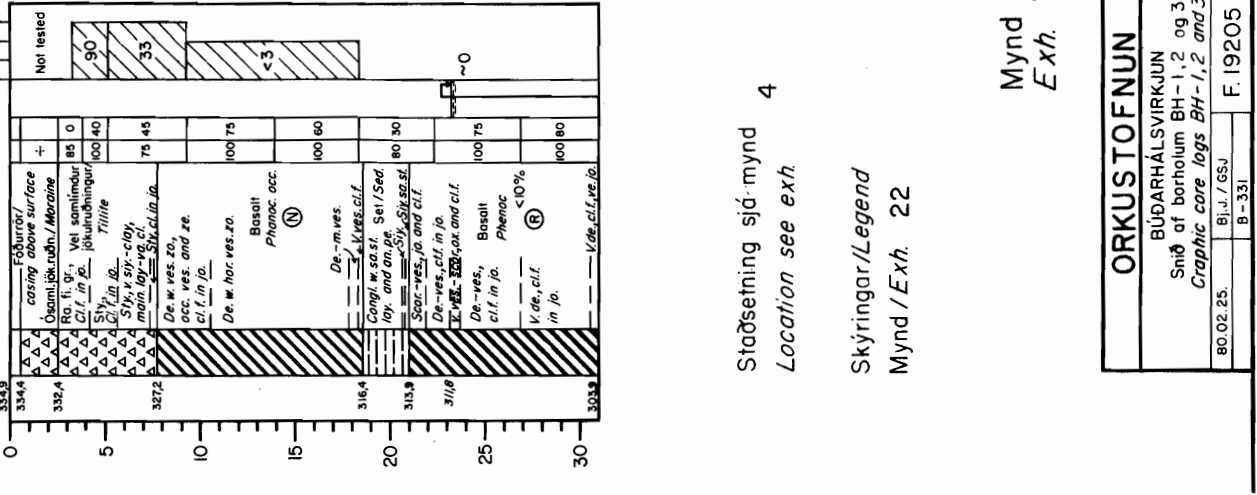
HEED	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	JVB GWT	LEKT PERMEABILITY LU
------	-----------	-------------------------	---------------	---------	----------------------

Dýpi Depth  
m



HEED	Elevation	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	JVB GWT	LEKT PERMEABILITY LU
------	-----------	-------------------------	---------------	---------	----------------------

Dýpi Depth  
m



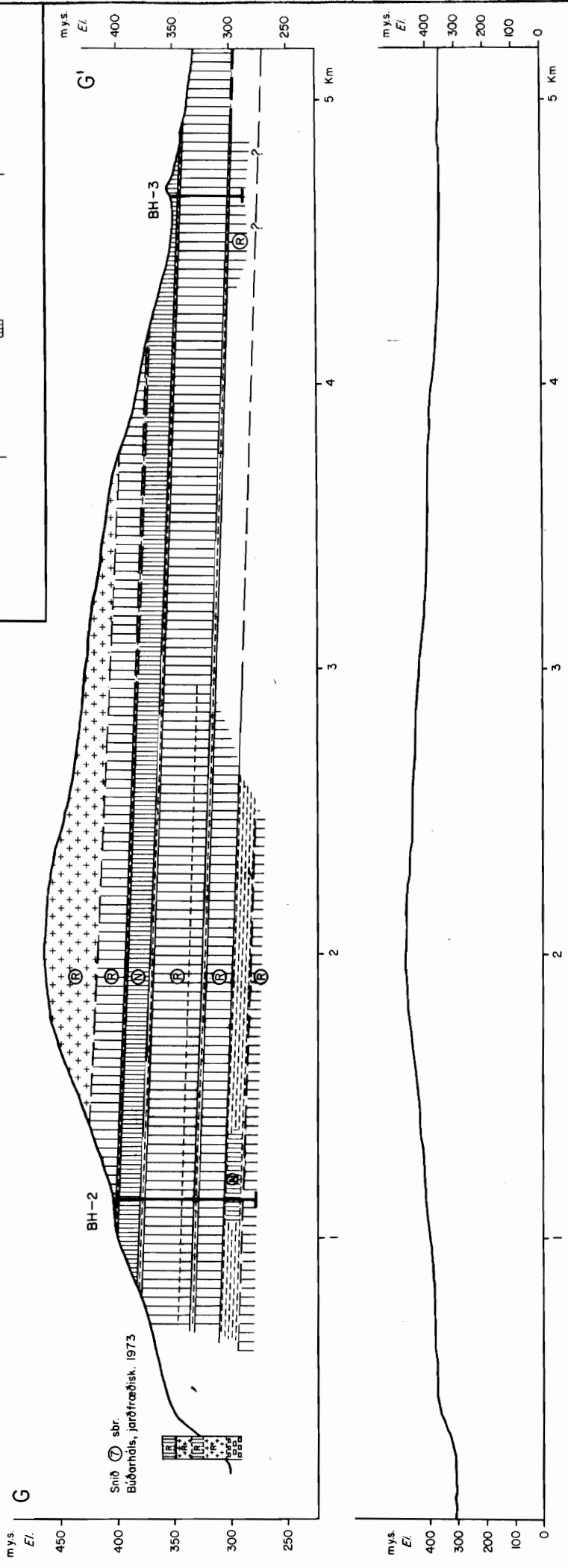
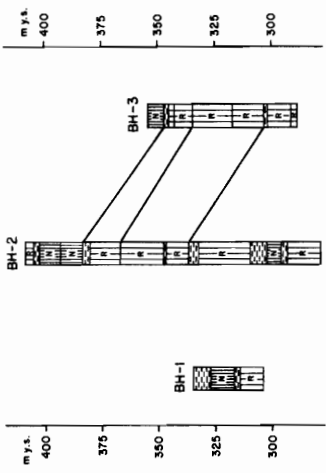
Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh

Skýringar/Legend  
Mynd / Exh. 22

Mynd 49  
Exh.

**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 Snúð of borholum BH-1, 2 og 3  
 Graphic core logs BH-1, 2 and 3  
 80.02.25. B.I./GSJ  
 B-331 F.19205

TINGING BORHOLUSNIÐA








Mynd 50  
Exh.

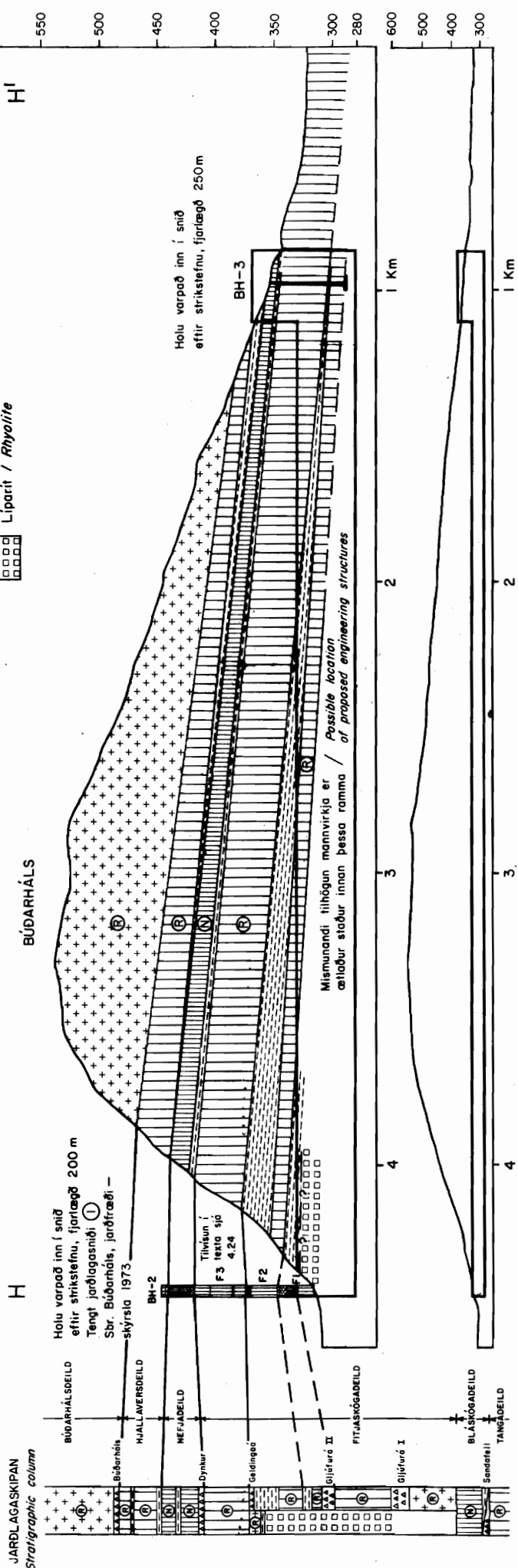
ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHÁL SVIRKJUN	
Pversnið milli BH-2 og BH-3	
80.01.24.	F. 19004
DE./Bj.J./GSJ	
B-331	

Staðsetning sjá mynd 4  
Location see exh.

Skýringar sjá mynd 51  
Legend see exh.

SKÝRINGAR / LEGEND :

-  Öfugt segulmagnað basalt  
Reverse magnetized basalt
-  Rétt segulmagnað basalt  
Normally magnetized basalt
-  Öfugt segulmagnað móberg  
Reverse magnetized moberg
-  Setlög / Sediments
-  Líparit / Rhyolite



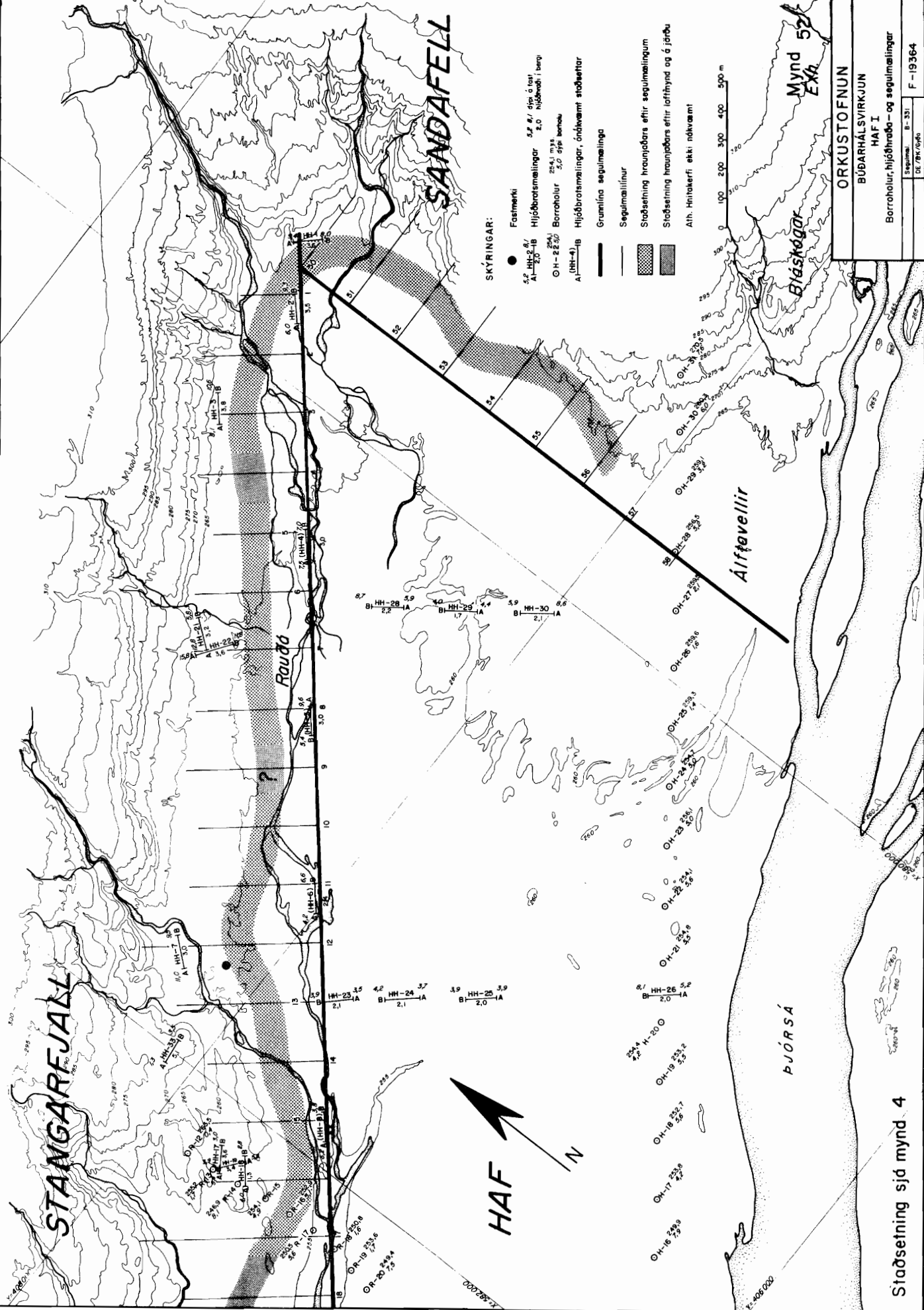
JARÐLAGASKIPAN: Síð. Ingibjörg Kaldal og Stratigraphic column: Skúla Víkingsson 1973

Jarðlagasniðið er byggt á jarðfræðikortlagningu, sbr. Búðarháls, jarðfræðiskýrsla, Orkustofnun 1973 og borholusniðum BH-2 og 3

Staðsetning sjá mynd 4 Location see exh.

Mynd 51 Exh.

ORKUSTOFNUN  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 Þversnið á fyrirhugaðri jarðgangnaleið  
 80.01.24. DE / BJJ / 6S.J B - 331 F. 19003

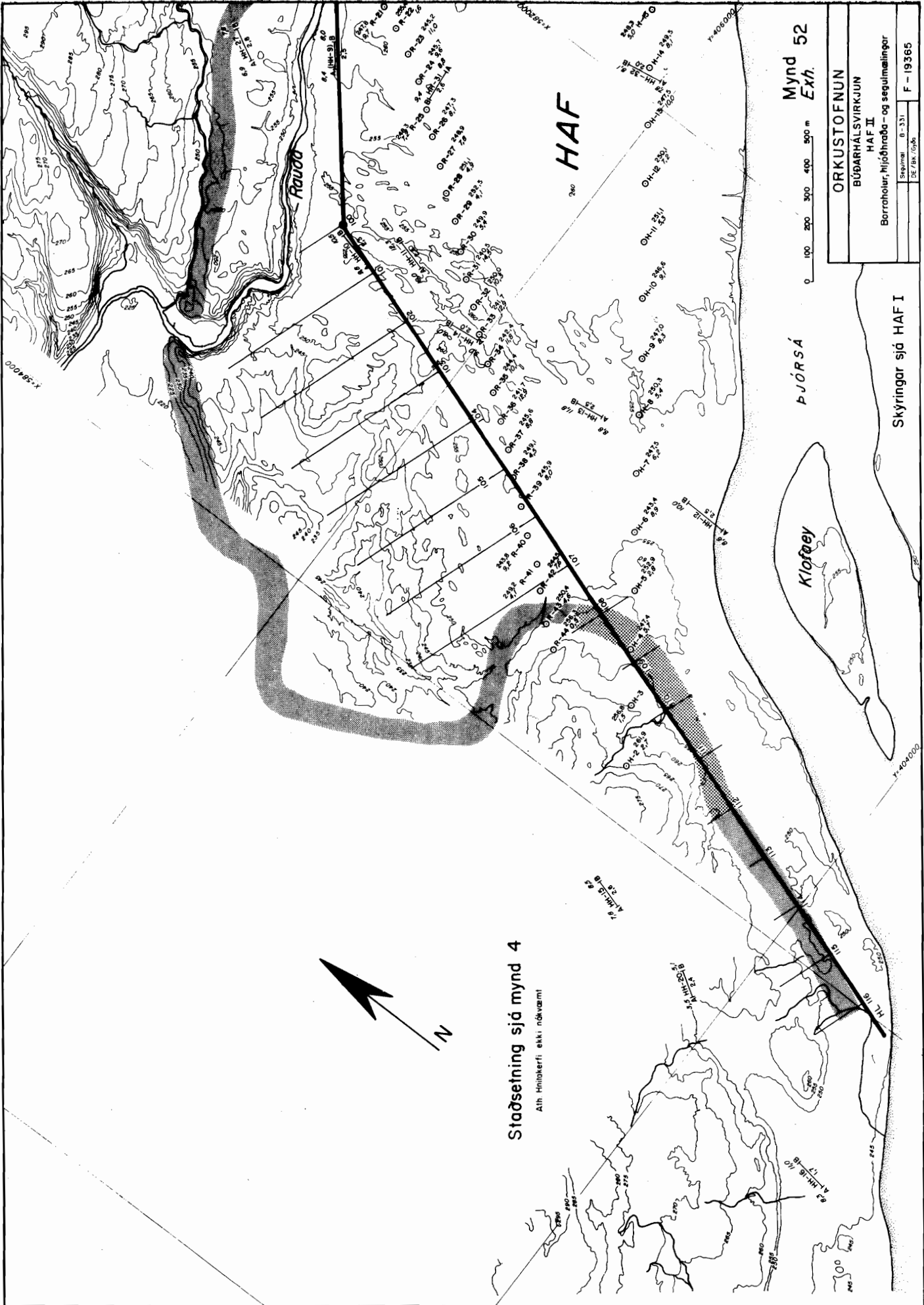


SKÝRINGAR:

- Fastmerki
- HH-2-6/1 Hljóðrotamælingar 5,7 8,7 djúpi á tæsi
- H-2-2-20 Borrohólar 25,4, 1 m 3,4
- HH-4/1 Hljóðrotamælingar, óndæmami staðsethor
- Grumflina segumælinga
- Segumællifnur
- ▨ Staðsetning hraunljóðars eftir segumælingum
- ▩ Staðsetning hraunljóðars eftir loftmynd og á jörðu
- Ath. Hnitakerfi ekki nákvæmt

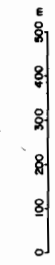
ORKUSTOFNUN	
BÚGARNAÐSVIRKJUN	
HAF I	
Borrohólar, hljóðhróð- og segumælingar	
Skjalnúmer	B-331
Útgefning	10/84/04/0
F-19364	

Staðsetning sjá mynd 4



Staðsetning sjá mynd 4  
Ath Hmákerfi ekki nývæmt

Mynd 52  
Exh.



ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHÁLSVIRKJUN	
HAF II	
Borrorholur, Mjóðhróða- og segulmælingar	
Skjalnúmer	B-331
DE/ÁR	05/65
F	19365

PJÓRSA

Klifaey

Skýringar sjá HAF I

VIÐAUKI A

Hljóðhraðamælingar





EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR .....	145
2 GERÐ BYLGNA .....	145
3 ÚTBREIÐSLA HLJÓÐBYLGNA .....	146
4 MÆLIÐFERÐIR .....	150
4.1 Hljóðbrotsmælingar (seismic refraction) .....	150
4.2 Bergmálsælingar (hljóðspeglun) .....	152
TAFLA 1 Algengur hljóðhraði í íslenskum jarðlögum .....	147

MYNDIR

1 Afmyndun efnis sem bylgjur fara um. a) P-bylgjur b) S-bylgjur .....	145
2 Geisli bylgju sem brotnar undir markhorni (artical angle) og sendir frá sér orkugeisla (head wave) til yfirborðs .	149
3 Hljóðbrotsmæling .....	150
4a Fartími .....	153
4b Ferill bylgnanna .....	153
5 Hljóðhraðalínurit .....	153

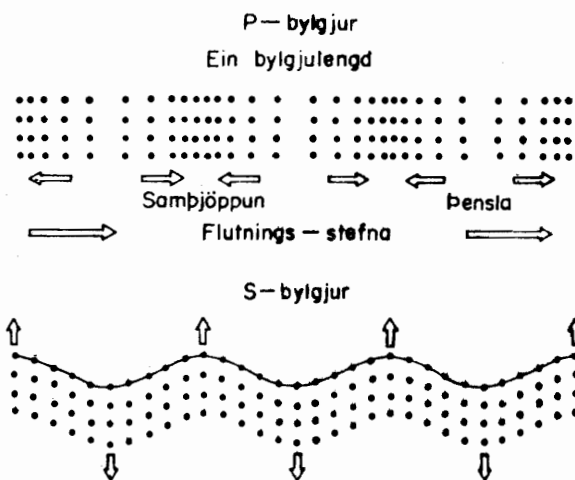
JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

1 Inngangur

Jarðsveiflumælingar (seismic prospecting) eru einkum notaðar í tvennum tilgangi við undirbúningsrannsóknir fyrir mannvirkjagerð. Annars vegar og mest, til að mæla dýpi á lagamót og þykkt jarðlaga og hins vegar til að gefa hugmynd um gerð og styrk jarðlaga. Hér verður greint lauslega frá einstökum þáttum þessara mælinga og leitast við að skilgreina takmörk og notagildi hinna ýmsu aðferða.

2 Gerð bylgna

Jarðsveiflumælingar byggjast að mestu á mælingu á útbreiðsluhraða hljóðbylgna í jarðlögum. Það myndast aðallega þrjár tegundir bylgna þegar orka er leyst úr læðingi í föstu efni. Þar af eru P og S bylgjur mikilvægastar (mynd 1).



Mynd 1 Afmyndun efnis sem bylgjur fara um a) P-bylgjur b) S-bylgjur

a) P-bylgjur eru þrýstibylgjur (compressional waves) Þær afmynda efnis í útbreiðslustefnu sína og breiðast út í öllum formum efnis. P-bylgjur breiðast hraðast út af öllum bylgjum og eru því mest notaðar við jarðsveiflumælingar.

b) S-bylgjur eru skerbylgjur (Shear waves), þær afmynda efnioð hornrétt á útbreiðslustefnu og breiðast aðeins út í föstu efni. Útbreiðsluhraði þeirra fer eftir skerstyrk efnisins en hlutfallið  $V_P/V_S$  fer eftir stælni þess. S-bylgjur hafa lítið verið notaðar fram að þessu af tæknilegum orsökum. Búast má við að með bættri tækni verði þær notaðar í auknum mæli til mælinga á eðliseiginleikum jarðlaga.

c) R- og L-bylgjur eru yfirborðsbylgjur. Þær berast um yfirborðs fasts efnis með lágum hraða. Þær hafa ekki notagildi við jarðsveiflumælingar en valda oft truflunum.

### 3 Útbreiðsla hljóðbylgna

Þættir sem skipta mestu máli við útbreiðslu hljóðbylgna eru eftirfarandi:

a) Hljóðhraði, b) deyfing, c) hljóðbrot og d) bergmál (hljóðspeglun).

#### a) Hljóðhraði

Útbreiðsluhraði P-bylgna í jarðlögum sem við koma mannvirkja-gerð á Íslandi er á bilinu 300 - 5000 m/s. Hljóðhraði í jarðlögum fer eftir eðlisástandi þeirra. Í ósprungnu bergi fer hann mest eftir eðlisþyngd og poruhlutfalli, en aðrir þættir hafa minni áhrif. Sprunguhlutfall, sprungustefna, sprungufyllingar og vatnsstaða hafa auk þess mikil áhrif í sprungnu bergi. Í lausum jarðlögum hafa þéttleiki, samlíming og raki mest áhrif á hljóðhraða. Vatnsmettun lausra efna breytir hljóðhraða þeirra mjög. Breytingin er oft frá 300 - 500 m/s ef um ósamlímd jarðefni er að ræða, og upp í u.þ.b. hljóðhraða vatns c.a. 1500 m/s, við mettnun. Hljóðhraði í lausum jarðlögum eykst að vissu marki með dýpt, en í bergi hefur dýpi oftast lítið að segja.

Eftirfarandi yrðingar gilda yfirleitt um ýmis áhrif á hljóðhraða en þó ekki alltaf:

Hljóðhraði er meiri í:

- basisku storkubergi en súru bergi
- storkubergi en seti
- samlímdu seti en ósamlímdu
- vatnsmettuðu ósamlímdu seti en þurru ósamlímdu
- blautum jarðvegi en þurrum
- ólífrænum jarðvegi en lífrænum
- heilum bergi en sprungnu
- þéttu bergi en blöðróttu
- eldra bergi en yngra

TAFLA 1

Algengur hljóðhraði í íslenskum jarðlögum.

	Vp km/s	Vs	log deyfing
Þétt storkuberg, ósprungið	3-4		1-2
Þétt storkuberg, sprungið	1,5-3		3-5
Ung hraun leirborin	1,2-3,5	* blöðrótt með litlum eða engum holufyllingum	3-4
Ung hraun m. gjósku			5
Vel samlímt setberg	2,2-3		2-3
Móbergstúff - bólstraberg	2-2,8		2-4
Samlímdur leir og jökulruðningur	1,4-2,2		2-3
Blaut möl, árset	1,2-1,6		2-3
Þurr möl, sandur	0,5-0,8		3-4
Lífrænn jarðvegur	0,3-0,6		4-5
Vatn	1,5		1
Loft	0,33		3

\* Verulegur hraðamunur er innan einstakra hraunlaga. Gjóska og kargi eru yfirleitt 0,6-1,5 km/s, en kjarni hraunlaganna getur náð 3,5 km/s.

b) Deyfing

Deyfingarstuðull hljóðbylgna í jarðlögum er að flestu leyti háður sömu skilyrðum og hljóðhraði í þeim. Í lausum jarðlögum getur deyfingin orðið það mikil að mæling verði erfið eða útilokuð, þrátt fyrir kraftmikinn orkugjafa (stóra sprengju). Deyfing hljóðbylgju í einleitu efni (homogen) fylgir líkingunni.

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha r}}{r}$$

þar sem:

$I$  : Bylgjustærð í fjarlægð  $r$  frá upptökum.

$I_0$  : Upphafsbilgjustærð.

$\alpha$  : Deyfingarstuðull efnisins.

Auk þessarar deyfingar tapast orka vegna hljóðbrota og speglana. Í sprungnu efni verður því viðbótar orkutap í hverri sprungu og því heildartapið meira.

c) Hljóðbrot

Um hegðun hljóðbylgju við lagamót milli efna með mismunandi eðliseiginleika gilda sömu reglur og hegðun ljóss þ.e.

1. Bylgja berst beint í efni með einleitum eðliseiginleikum.
2. Þegar bylgja fer yfir lagamót milli efna með mismunandi eðliseiginleika (hljóðhraða) brotnar hún. Brothornið ákvarðast samkvæmt Snells lögmáli:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

þar sem  $i$  er innfallshornið

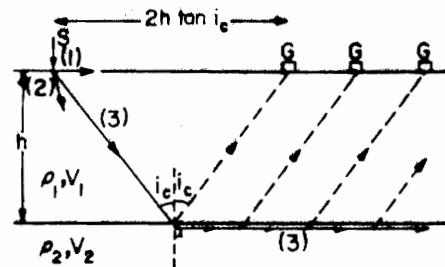
$r$  er útfallshornið

bæði mæld frá falllínu (normal) lagamótanna.

$v_1$  er útbreiðsluhraðinn í laginu sem bylgjan berst úr

$v_2$  er útbreiðsluhraðinn í laginu sem bylgjan berst inn í.

Við ákveðið innfallshorn  $i_c$  (markhorn) verður útfallshornið  $90^\circ$  þ.e. bylgjan berst eftir lagamótunum (réttara: eftir yfirborði háhraðalagsins). Bylgjan berst frá yfirborði háhraðalagsins undir markhorninu í átt að yfirborðinu. Þessi regla er meginundirstaða hljóðbrotsmælinga (refraction seismic).



Mynd 2

Geisli bylgju sem brotnar undir markhorni (critical angle) og sendir frá sér ortugeista (head wave) til yfirborðsins.

d) Bergmál (speglanir)

Hluti af orku geisla sem fellur á lagamót tveggja efna með mismunandi eðliseiginleika speglast inní sama efnið aftur undir sama horni þ.e. innfallshorn er sama og útfallshorn miðað við falllínu lagmótanna. Hlutfall innfallsorku  $A_i$  og speglaðrar orku  $A_r$  fylgir jöfnunni:

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{P_2 V_2 + P_1 V_1}$$

Þar sem  $P_1, P_2$  er eðlisþyngd og  $V_1, V_2$  útbreiðsluhraði í efnunum.

$R$  er oft nefnt bergmáls- eða speglunarstuðull og hefur meginþýðingu í bergmáls- mælingum.

4 Mæliaðferðir

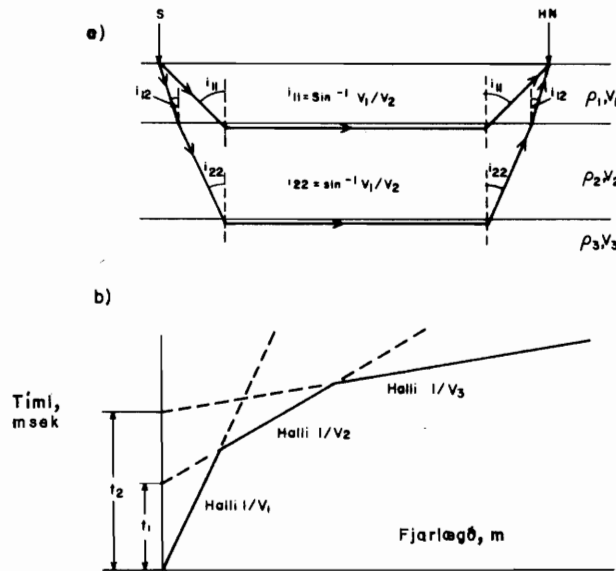
Við jarðsveiflumælingar eru notaðar tvær megináðferðir, hljóðbrots-  
mælingar (refraction) og bergmálmælingar (reflection).

Hljóðbrotsmæling er mest notuð við grynri mælingar í tengslum við  
mannvirkjagerð. Hún er einnig notuð við vísindarannsóknir á dýpri  
jarðlögum.

Bergmálmælingar hafa hins vegar fram til þessa lítið verið notaðar við  
mælingar vegna mannvirkja en þess meir við dýpri rannsóknir eins og olíuleit.  
Stafar þetta mest af því að spegluðu endurvörpin sem dýpið er ákvarðað  
eftir, koma fram rétt á eftir beinum og brotnum bylgjum og er því erfitt  
að greina þau frá, sérstaklega á litlu dýpi.

4.1 Hljóðbrotsmælingar (seismic refraction)

Í hljóðbrotsmælingu eru hljóðnemarnir (geophones) lagðir út í beinni  
línu. Fjarlægð milli einstakra hljóðnema getur verið breytileg eftir því  
dýpi sem kanna á, en er yfirleitt 5-20 m. Mælingin hefst á því að hljóð-  
bylgju er komið af stað, annað hvort með sprengingu eða höggi. Stysti  
tími, sem tekur bylgjuna að berast frá upphafsstað að hverjum hljóðnema,  
er síðan mældur. Komutími hennar í hvern hljóðnema er háður þeirri leið,  
sem bylgjan berst um jarðlögum, og hljóðhraða í hverju lagi (mynd 3a).



MYND 3. HLJÓÐBROTSMÆLING

- a) Fljótasta leið brotinnar bylgju á milli hljóðgjafa (S) og hljóðnema (HN) eftir lagskiptri jörð.
- b) Hljóðhraðalínurit. Fyrsti komutími P-bylgna.

Hljóðhraðinn í hverju lagi er fundinn með því að teikna komutíma bylgjunnar í hvern hljóðnema á mótí fjarðlægð hans frá upphafspunkti (mynd 3b). Þá er hægt að reikna út dýpi á hvert hljóðhraðalag með því að byggja á eftirfarandi forsendum:

1. Hljóðhraði innan hvers lags sé sá sami.
2. Hljóðhraði vaxi með dýpi.
- 3.a Hljóðhraðalög fari þykkandi niður á við.  
b Hljóðhraðaaukning milli laga sé það mikil að hvert hljóðhraðalag komi fram á hljóðhraðalínuritinu.

Margháttaðar skekkjur geta komið fram í dýptarákvörðun hljóðhraðalaga, ef þessum forsendum er ekki fullnægt t.d.

1. Hraðabreyting innan hljóðhraðalags er túlkuð sem breyting á dýpi.
2. Þar sem dýpri lög hafa lægri hljóðhraða en yfirborðslög, sýnist dýpra á háhraðalög en er í raun.
3. Óheppilegt hljóðhraða- og þykkunarhlutfall laga getur valdið því að þunnt hljóðhraðalag "sjáist" ekki. Dýpi á háhraðalag er minna í raun en sýnist.

Þykkunarákvörðun með hljóðbrotsmælingu er í eðli sínu óbein, þ.e. þykktin er ekki mæld beint. Nákvæmni í þykkunarákvörðun er því að mestu háð því hversu vel mæliaðstæður fylgja ofangreindum forsendum. Standist þær forsendur ekki getur komið fram rangtúlkun, sem veldur mikilli skekkju. Ekki má heldur gleymast að þykkunarákvörðun með jarðsveiflumælingu gefur einungis þykkt hljóðhraðalaga. Það hlýtur alltaf að vera matsatriði hvort eða hvaða hljóðhraðalög samsvara ákveðnum jarðmyndunum. Það er því afar nauðsynlegt að slíkar þykkunarákvörðanir hafi stuðning frá beinum mælingum (t.d. borholum), sem gerðar eru á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur, er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum. Borhola getur t.d. veitt vitneskju um tilvist og hraða í lághraðalagi, sem liggur milli laga sem hafa hærri hljóðhraða. Hljóðbrotsmælingar eru mjög óheppilegar við slíkar kringumstæður, þó reikningslega sé hægt að taka þessar upplýsingar inn í myndina. Aðrar mæliaðferðir, t.d. viðnáms- og bergmálmælingar, geta hentað betur þegar þannig stendur á. Það þarf þó



alltaf að meta á hverjum stað í ljósi tilgangs, kostnaðar og nákvæmni.

Við venjulegar aðstæður, þar sem frumforsendur gilda, hefur samanburður við beinar mælingar (borholur, gryfjur, borrobörun o.fl.) sýnt, að skekkjumörkin í þykktarákvörðun eru u.þ.b.

±1 m við dýpi minna en 10 m  
±10% - - meira en 10 m

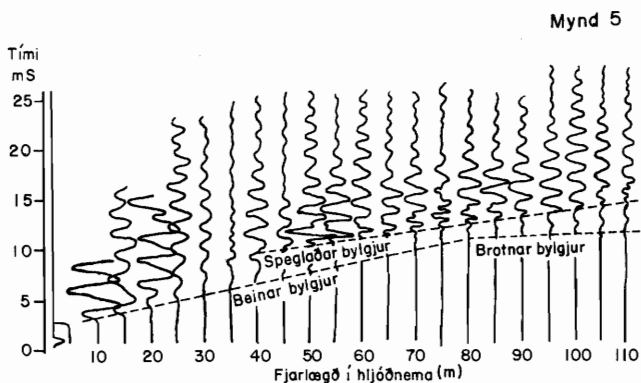
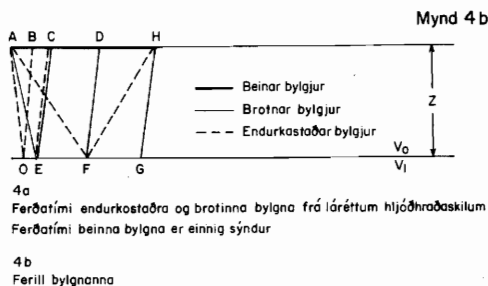
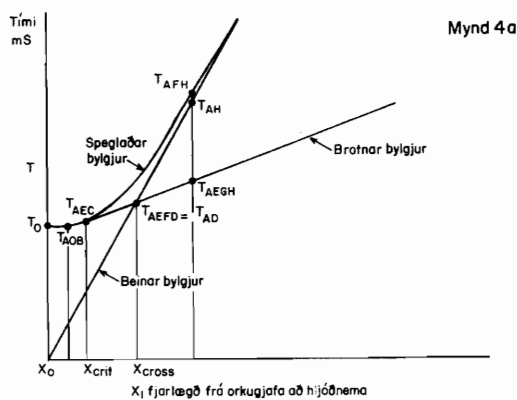
#### 4.2 Bergmálsmælingar (hljóðspeglun)

Bergmálsmæling er framkvæmd líkt og hljóðbrotsmæling þ.e. mældur er ferðatími bylgju milli tveggja punkta þar sem fjarlægðin á milli punktanna er breytileg. Þó er algengara að hafa hlustunarpunktana fasta, en færa orkugjafann. Mynd 4 sýnir samhengið milli komutíma beinna, brotinna og speglaðra bylgna við tveggja laga dæmi þar sem  $V_0 < V_1$ . Ferill komutíma spegluðu bylgjunnar er hyperbóla sem gefur meðalhljóðhraða niður á hið speglaða lag eftir líkingu:

$$v_{\text{avg}}^2 = \frac{XB^2 - XA^2}{TB^2 - TA^2}$$

Dýpið er þá  $Z = T_0 \cdot \frac{v_{\text{avg}}}{2}$

Eins og sést á mynd 4 eru fyrstu bylgjur sem berast í hvern punkt annað hvort beinar eða brotnar, en spegluðu endurvörpin koma seinna. Þar sem hvert skjálftamerki hefur einhverja tímalengd (mynd 5) er erfitt að greina spegluðu endurvörpin frá beinu eða brotnu bylgjunum ef þau koma stuttu á eftir þeim. Á bilinu  $X_0 - X_{\text{crit}}$  á mynd 4 koma spegluðu endurköstin fram áður en nokkurt hljóðbrot kemur fram og oftast nægilega löngu á eftir beinu bylgjunni til að hægt sé að greina endurköstin. Á bilinu  $X_{\text{crit}} - X_{\text{cross}}$  eru endurköstin meira og minna falin af brotnu bylgjunni og illgreinanleg (mynd 4).



Hljóðhraðalínurit:  
Hvert skjáttamerki hefur einhverja tímalengd og getur verið erfitt að aðgreina þau hvert frá öðru

Lengra í burtu nálgast speglaða bylgjan þá beinu og er ógreinanleg. Línustúfurinn  $T_0 - T_{AEC}$  er oft of stuttur til að finna megi meðalhraðann  $V_{avg}$  með vissu og veldur það miklum erfiðleikum við túlkun á mælingunum. Erfitt er að greina endurvörp frá hljóðhraðaskilum sem liggja grynna en ca. 30 m. Aðgreiningarhæfni (upplausn) aðferðarinnar er í hlutfalli við bylgjulengd

endurköstuðu bylgna og því á bilinu 20-40 m við grunnar mælingar. Þó hefur reynst mögulegt við góð skilyrði að greina lagamót með minna en 10 m millibili. Helstu kostir bergmálmælinga er nákvæmni í dýptarmælingu og hversu aðferðin er óháð öfugum hljóðhraðaskilum (lægri hraða í neðra lagi). En sökum þess hve erfitt er tæknilega að framkvæma mælingarnar hefur notagildið reynst lítið við grunnar mælingar, nema á vatni (dýptarmælir, Boomer).

Örar tækniframfarir hafa þó á síðustu árum aukið veg þessarar mæliaðferðar. Má þar nefna digitalminni er leggur saman skjálftamerkin frá endurteknum höggum. Ennfremur eru í mjög örri þróun aðferðir við síun á skjálfta- bylgjunni, þannig að spegluðu bylgjurnar greinast betur. Ekki sér fyrir endann á þeirri þróun.



VIÐAUKI B  
Segulmælingar



## Segulmælingar

1978-06-20

## SEGULMÆLINGAR

Inngangur

Segulmælingar hafa mikið verið notaðar hér á landi við að kortleggja misfellur í berggrunni, sem eru huldar lausum yfirborðslögum, t.d. árfamburði, skriðum og jarðvegi. Slíkar misfellur eru t.d. gangar, misgengi, sprungur og hraunjaðrar. Mælingarnar eru mjög fljótgerðar og fremur ódýrar.

Eðli segulmælinga

Hraunkvika sem storknar í segulsviði jarðar, segulmagnast oftast varanlega. Segulmögnum hraunsins verður samsíða stefnu jarðsviðsins þegar kvikan storknar. Styrkur segulsviðs frá hrauninu er háður styrk jarðsviðsins og magni segulmagnanlegra steintegunda í kvikunni. Segulsvið jarðar er stöðugum breytingum undirorpið og hefur margsinnis breytt um stefnu og styrk á síðustu milljónum ára. Markverðasta breytingin er þegar stefna sviðsins snýst alveg við en slíkt gerist með óreglulegu millibili. Áætlað er a.m.k. 60 slíkar kollsteypur hafi orðið á segulsviði jarðar á síðustu 20 milljónum ára þ.e. á þeim tíma er Ísland hefur verið að hlaðast upp.

Talað er um rétta segulstefnu þegar segulnorðurlína er nærri landfræðilega suðurskautinu og um öfuga stefnu þegar segulnorðurlína er nærri landfræðilega norðurskautinu. Núverandi segulstefna er rétt og hér á landi er hún hallandi niður til norðurs um 75° frá láréttu og 24° til vesturs frá réttvísandi norðri. Breytingarnar á segulsviðinu valda því að hraunlög frá mismunandi jarðsögulegum tíma eru yfirleitt ekki eins segulmögnuð. Með því að mæla segulstefnuna í hraunum má oft ákvarða aldur þeirra. Mæling á segulstyrk gerir oft kleift að greina í sundur jarðmyndanir sem ekki verða aðgreindar á annan hátt.

Notagildi

Segulmælingar hafa mest verið notaðar hér á landi við að leita uppi og kortleggja bergganga, misgengi og sprungur. Þær hafa gefist einkar vel við kortlagningu bergganga og innskotslaga í grennd við jarðhitasvæði á blágrýtissvæðum landsins. Innskot myndast er hraunkvika treóst upp um sprungur og misgengi eða á milli hraunlaga og storknar þar. Innskot myndast því seinna en bergið umhverfis og eru því oft öðruvísi segulmögnuð. Sá hluti innskota sem storknað hefur í sprungum nefnist bergganga. Þeir eru vanalega hornrétt á aðliggjandi jarðlög. Sé segulsvið mælt yfir bergganga kemur venjulega fram frávik frá ótrufluðu jarð-

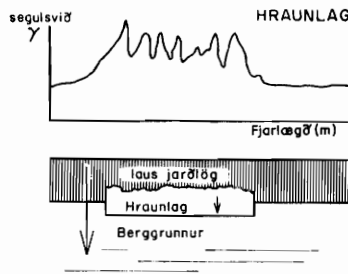
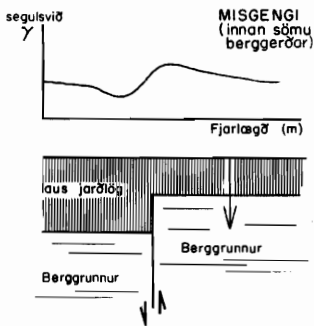
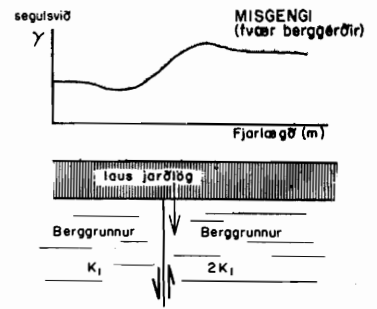
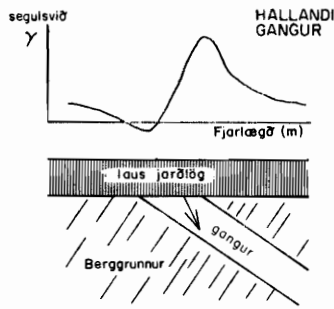
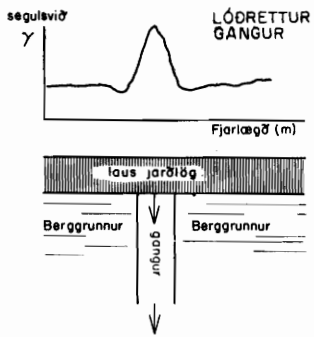
sviði. Frávik er jákvætt yfir rétt segulmögnumgangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmögnumgangi, þ.e. veikara segulsvið.

Mynd 1. sýnir áhrif ýmissa bergmyndana á segulsviðið. Að gefnum ákveðnum forsendum er unnt að reikna út lögum og dýpi þeirra myndana er valda mældu staðbundnu frávikum á heildarsviðinu. Nákvæmni í staðsetningu þeirra bergmyndana er valda frávikum er að mestu háð þykkt yfirborðslaganna, gerð og halla myndanna, halla segulsviðsins og þéttleika mælinganna. Best er að staðsetja lóðréttu bergganga. Yfirleitt er hægt að staðsetja þá með 2 m óvissu undir 4 m þykkum yfirborðslögum. Hallandi ganga og misgengi er mun erfiðara að staðsetja en óvissumörkin eru þó yfirleitt talin vera innan við 20 m undir 4 m þykkum yfirborðslögum.

Stundum eru staðbundin áhrif frá jarðmyndunum það veik að þau valda ekki marktæku segulfrávikum. Segulmælingar gagna að sjálfsögðu ekki þar, við að greina í sundur jarðmyndanir sem eru huldar lausum yfirborðslögum.

Mæliaðferð og mannaflí

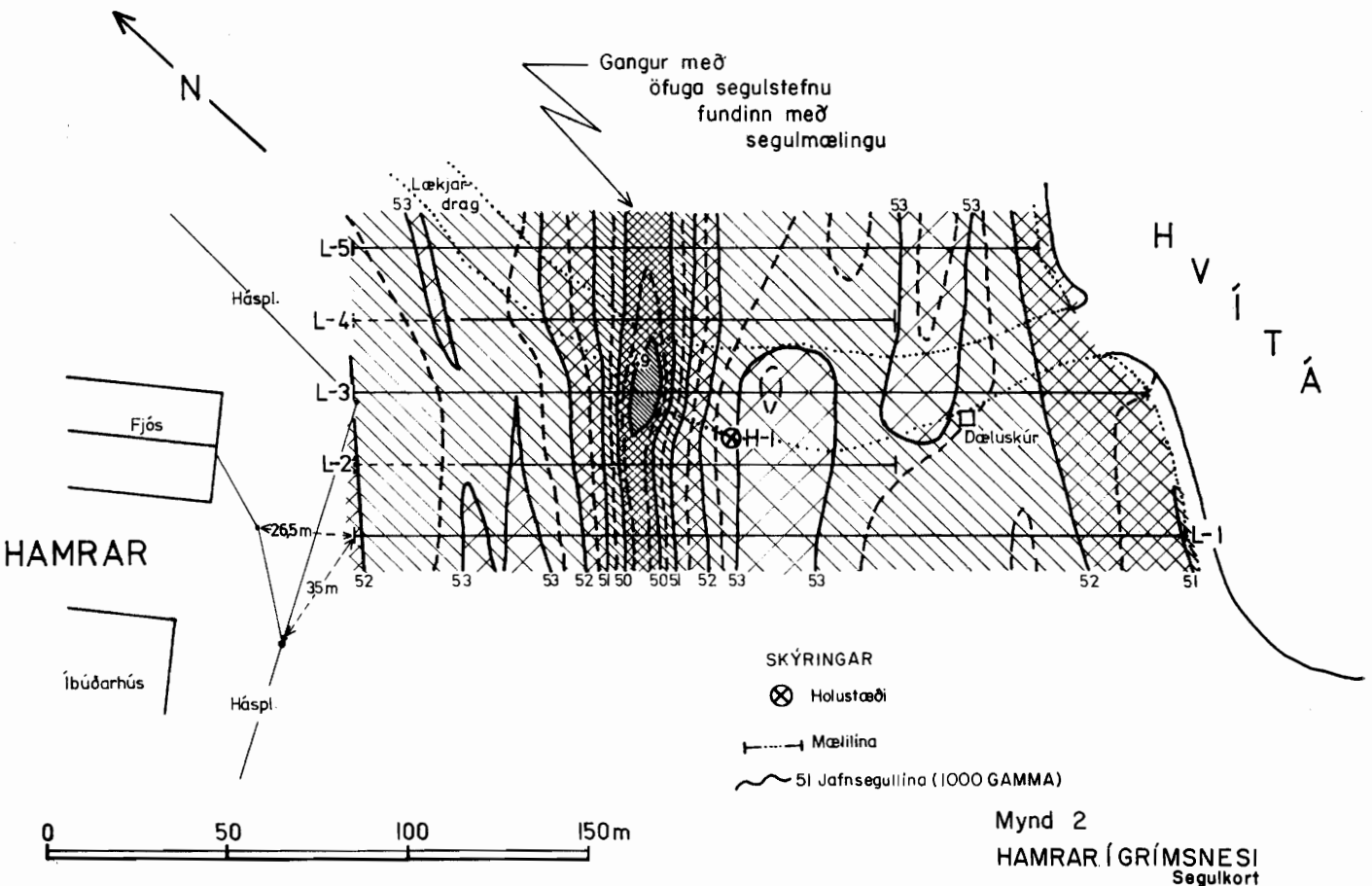
Segulmælingar eru oftast gerðar með segulmæli sem mælir heildarstyrk sviðsins (prótónusegulmælir). Mælt er í um það bil 2,5-4 m hæð yfir jörðu eftir ákveðnum línunum eða í neti. Fjarlægð á milli lína eða punkta í neti fer eftir því hve örur breytingar verða á segulsviðinu og þeirri nákvæmni og upplausn sem krafist er í hvert skipti. Við kortlagningu ganga er oftast mælt eftir beinum línunum og eru 20-30 m á milli mællína en 5 m á milli punkta á hverri línu. Netið er lagt út með hornamælingum og mælisúr-um áður en segulmælingarnar hefjast. Tveir menn framkvæma segulmælingar og lætur nærri að þeir komist yfir um 3-4 km á dag en það er þó mjög háð aðstæðum. Niðurstöður eru venjulega birtar á korti með jafnsviðslínunum og helstu kennileitum, sbr. mynd 2. Jafnsviðslínur sýna því styrk segulsviðsins á svipaðan hátt og hæðarlínur sýna hæð lands yfir sjó á venjulegu landakorti. Það fer eftir stærð og lögum segulfrávika hve þétt jafnsviðslínur eru dregnar en oft er nægilegt að hafa eitt mikrotésla (1000 gamma) á milli lína. Við minniháttar verkefni er oft látið nægja að birta einstaka mæliferla og kort sem sýnir staðsetningu þeirra. Þetta á sérstaklega við ef langt er á milli mællína.



Allar myndanir eru óendanlega langar, hornrétt í plan þessarar myndar.

Myndirnar eru mjög einfaldaðar  
↓ Stefna þeirrar segulmagnunar sem veitur segulfrávikinu

Mynd 1  
Einkennandi segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2  
HAMRAR Í GRÍMSNESI  
Segulkort





VIÐAUKI C

---

Viðnámsmælingar



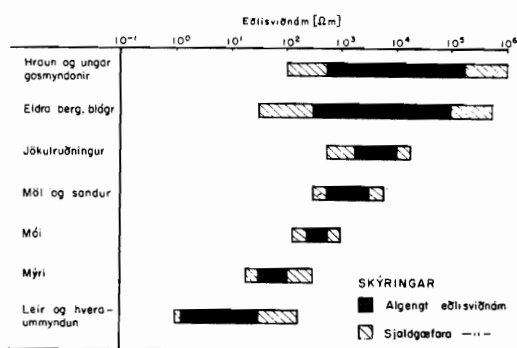
# VIÐNÁMSMÆLINGAR Frumkönnun fyrir mannvirkjagerð

## 1. Inngangur.

Viðnámsmælingar hafa verið notaðar hér á landi við jarðhitaleit í nokkra áratugi og gefist mjög vel. Á seinni árum hefur þeim einnig verið beitt með góðum árangri við ferskvatnsleit og frumkönnun fyrir mannvirkjagerð. Grein þessi fjallar um notkun, túlkun og notagildi viðnámsmælinga við slíka frumkönnun. Markmið viðnámsmælinga þar er að finna þykkt laga með mismunandi eðlisviðnámi. Þessi viðnámslög gefa vísbendingu um jarðlagaskipan á mælistað.

### 1.1. Eðlisviðnám.

Eðlisviðnám er mælikvarði á það hve vel efni leiða rafstraum. Algengasta eining þess er  $\Omega m$  (ohm-m). Margir þættir ráða eðlisviðnámi jarðlaga en mest áhrif hefur vatnsmagn í jarðlögum og magn uppleystra efna (t.d. salts) í vatninu. Flestar berg- og steintegundir leiða rafstraum afar illa þegar þær eru þurrar. Venjulega er vatn með uppleystum efnum í jarðlögum. Slíkar vatnslausnir leiða rafstraum mun betur en fasta efnið og hafa því afgerandi áhrif á hve vel jarðlögin leiða, þar sem þær skammhleypa rafstraumnum framhjá háviðnáminu. Mynd 1 sýnir algengt eðlisviðnám jarðlaga hérlendis.



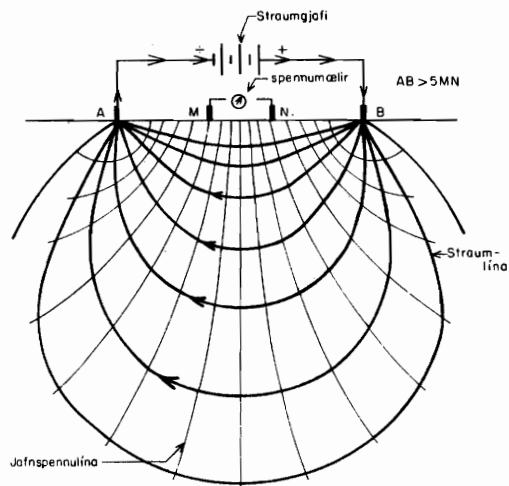
Mynd 1 Algengt eðlisviðnám nokkurra jarðlaga

Myndin er mjög einfölduð og byggir ekki á skipulegri gagnasöfnun, helstu frávik eru ekki innifalin í henni

### 1.2. Eðli mæliaðferðar.

Mælingin er fólgin í því að rafstraumur er sendur gegnum jarðlögin um tvö skaut A og B, og spennufallið milli annarra tveggja skauta M og N síðan

mælt (sjá mynd 2). Viðnámið sem ákvarðast af mældum straum- og spennugildum og uppröðun rafskauta kallast sýndarviðnám ( $\rho_a$ ). Má líta á það sem eins konar meðaltal af eðlisviðnámi undirliggjandi jarðlaga. Margt konar uppsetningar á



Mynd 2 VIÐNÁMSMÆLING-SCHLUMBERGER UPPSETNING

Stráumur er sendur eftir jarðlögum um skautin A og B. Spennufallið sem verður við það, er mælt milli tveggja annara skauta, M og N.

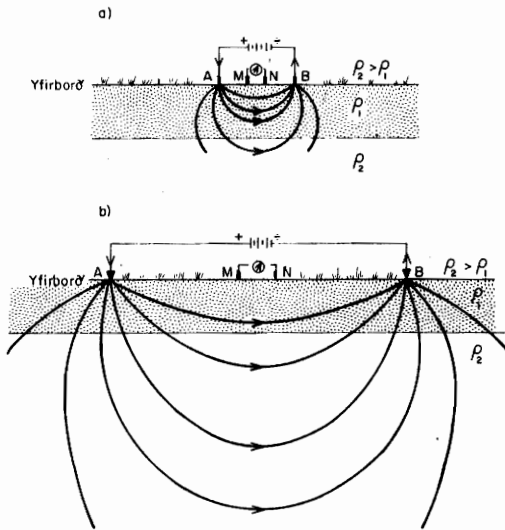
rafskautum hafa verið reyndar, en sú sem mest hefur verið notuð undanfarið er hin svokallaða Schlumberger uppsetning (mynd 2). Hún hefur marga kosti umfram aðrar og er mælt með notkun hennar.

## 2. Mæliaðferðir.

Tvær algengustu aðferðir viðnámsmælinga eru dýptarmælingar og lengdarmælingar.

### 2.1. Dýptarmæling.

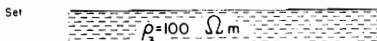
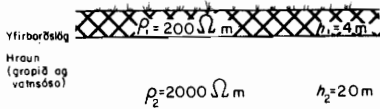
Dýptarmæling er notuð til að kanna fjölda, eðlisviðnám og þykkt mismunandi viðnámslaga undir mælistað. Hún er framkvæmd með því að lengja bilið milli straumskauta eftir hvern einstakan aflestur. Við það eykst hlutfallslega rafstraumurinn sem fer eftir dýpri jarðlögum (mynd 3). Sýndarviðnám er reiknað fyrir hvert skautabil og teiknað upp á móti lengd straumarms ( $AB/2$ ) á log-log pappír. Ferillinn sem kemur fram við það er nefndur mæliferill.



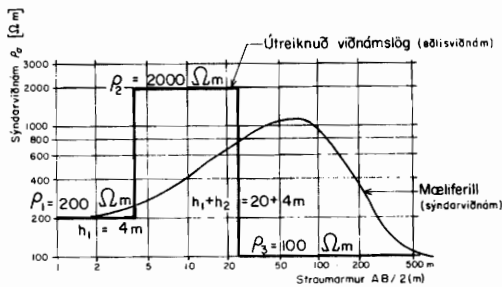
Mynd 3  
DÝPTARMÆLING

Þegar bilið milli straumskautanna er aukið eykst sá hluti strömsins sem fer eftir dýpri jarðlögum

Upplýsingar um eðlisviðnám og þykkt undirliggjandi viðnámslaga eru fólgnar í mæliferlinum. Markmið úrvinnslu dýptarmælinga er að leysa mæliferilinn upp í þessi lög (mynd 4). Nefnist það túlkun.



a) Dæmi um hugsalega viðnáms- og jarðlaga skipan



b) Mæliferill yfir jarðlagaskipan í lið a), og útreiknuð viðnámslög

Mynd 4  
DÝPTARMÆLING

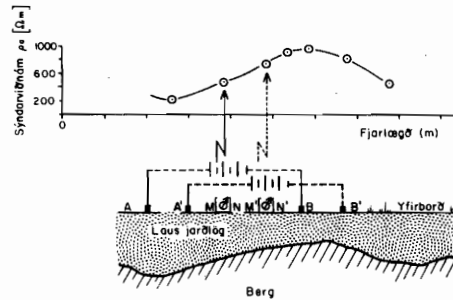
Túlkun dýptarmælinga byggist á eftirfarandi forsendum:  
1) Hvert viðnámslag hafi óbreytt eðlisviðnám og nái í láréttu plani töluvert út fyrir svæði sem hefur fjarlægð milli straumskauta að þvermáli. 2) Viðnámslög liggja hallalítið hvert ofan á öðru.

3) Hvert viðnámslag sé það greinilegt að það komi skýrt fram við mælingu. Við túlkun er mæliferillinn borinn saman við ferla sem eru reiknaðir út frá láréttum lögum með gefnum viðnáms- og þykktarhlutföllum. Mæliferillinn endurspeglar lög af sömu viðnáms- og þykktarhlutföllum og sá reikniferill sem fellur best að honum.

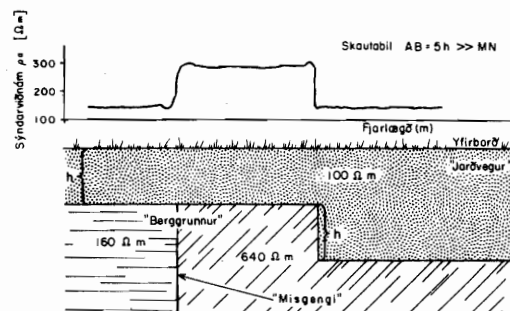
Viðnámslögina má síðan tengja jarðfræði svæðisins og fá þannig nákvæmari mynd af svæðinu. Á það skal leggja ríka áherslu að slík tenging verður ávallt matsatriði þar sem viðnámslög þurfa ekki að fylgja jarðlagaskipan, þótt þau geri það oft.

2.2. Lengdarmæling.

Lengdarmæling hefur yfirleitt þann tilgang að fá vitneskju um hve þykkur jarðvegur liggur ofan á föstu bergi. Mæliaðferðin hefur einnig verið notuð til að finna huldar sprungur og misgengi.



a) Skautin eru öll færð til, eftir hvern aflestur og annar tekinn. Sýndarviðnám er reiknað út í hverjum mælipunkti og tekið á móti fjarlægð hans frá upphafsstað



b) Breyting á jarðvegsþykkt getur hugsanlega haft sömu áhrif á sýndarviðnám eins og breyting í viðnámi berggrunnis

Mynd 5  
LÉNGDARMÆLING

Lengdarmæling er framkvæmd með því að mæla breytingu á sýndarviðnámi eftir einhverri ákveðinni línu fyrir tiltekið fast skautabil. Miðja mæliuppsetningar er því flutt eftir hvern aflestur og annar aflestur tekinn í næsta mælipunkti. Sýndarviðnám í hverjum

mælipunkti er teiknað á móti fjarlægð hans frá upphafspunkti mællínu ( mynd 5a). Lögum þess ferils sem við það fæst, getur endurspeglað breytilega jarðvegsþykkt á línunni eða óreglu í jarðlagaskipan eins og ganga, sprungur eða misgengi (mynd 5b). Slík túlkun verður þó ávallt að taka mið af jarðfræði svæðisins, öðrum jarðeðlisfræðilegum, mælingum eða borholum.

3. Nákvæmni, notagildi og kostnaður.

Þessi kafli fjallar einungis um grunnar mælingar (0-100 m). Notagildi viónámsmælinga við könnun á dýpri jarðlögum er háð allt öðrum forsendum.

3.1. Notagildi.

Frumkönnun fyrir mannvirki byggir að mestu á þykktarákvörðun og styrkleikamati jarðlaga. Þykktarákvörðun er yfirleitt mun fljótvirkari og ódýrari með viónáms- og jarðsveiflumælingum en beinum mælingum (boranir og gryfjutaka). Hljóðbrotsmæling (seismic refraction) er að mörgu leyti heppilegri en viónámsmæling við slíka frumkönnun. Hún er nákvæmari í dýptarákvörðun og mælir hljóðhraða í jarðlögum sem gefur vísbendingu um styrkleika þeirra. Rétt er þó að hafa í huga að túlkun allra jarðeðlisfræðilegra mælinga byggist á gefnum forsendum. Veruleg frávik frá þessum forsendum geta komið fram á einstökum svæðum. Túlkun mælinganna verður þá mjög frábrugðin raunveruleikanum. Þess vegna er mikill kostur að hafa borholu á svæðinu til að sannreyna túlkunina. Þegar borhola er ekki til staðar er mjög æskilegt að nota dýptarmælingu til að kanna hvort forsendur túlkunar á hljóðbrotsmælingunni standist. Í dýptarmælingu mælast aðrir eiginleikar jarðlaganna en í hljóðbrotsmælingu. Það er því afar sjaldgæft að forsendur beggja mæliaðferðanna bresti samtímis. Dýptarmælingar eru annars sjaldnast notaðar nema þegar saman fer að mjög dýrt er að beita beinum mælingum og hljóðbrotsmælingarnar bregðast. Dæmi um slíkar aðstæður er þegar ákvarða þarf þykkt á hraunlagastafla sem liggur ofan á þykku seti.

Lengdarmælingar eru sérlega hentugar til að meta þykkt lausra jarðlaga í fljótandi mýrum þar sem erfitt er að koma við þungum tækjum og hljóðbrotsmælingarnar bregðast algjörlega. Einnig er hagkvæmt að nota lengdarmælingu til að tengja á milli beinna mælinga. Þá má fækka dýrum athugunum án þess að nákvæmni skerðist að nokkrum mun.

3.2. Nákvæmni.

Nákvæmni viónámsmælinga við þykktarákvörðun er að mestu háð því hversu réttar þær forsendur eru sem notaðar eru við túlkun (sbr. kafa 2). Standist þær

forsendur ekki getur komið fram mikil skekkja. Aðrir óvissuþættir og skekkjuvaldar eru einnig hugsanlegir: Mæliferill yfir þunnu lagi með háu viónámi getur t.d. litið svipað út og mæliferill yfir þykkara lagi með lægra viónámi. Stundum getur orðið mjög erfitt að greina þar á milli. Stærstu og alvarlegustu skekkjurnar verða þó þegar viónámsskil falla ekki saman við jarðlagaskil. Sem dæmi má nefna að þar sem jökulruðningar og basaltklöpp hafa svipuð viónámsgildi er stór hætta á að talið verði að allt viónámslagið sé basaltklöpp þótt í raun liggja þykkur jökulruðningur ofan á klöppinni. Frávikin í slíkum tilfellum geta numið mörg hundruð prósentum. Þykktarákvarðanir út frá viónámsmælingu verða því að hafa stuðning frá beinum mælingum, t.d. borholum eða öðrum mælingum sem gerðar eru á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum. Yfirleitt er talið að dýptarákvörðun við sémilegar aðstæður og dýpi minna en 100 m sé nákvæm upp á ± 15%.

3.3. Kostnaður.

Yfirleitt vinna 4 menn að dýptarmælingu, þótt hægt sé að komast af með þrjá við bestu skilyrði. Fjórði maðurinn gerir kleift að grófvinna úr mælingum á staðnum. Þannig er strax hægt að fá lauslegar niðurstöður og mat á gæðum mælingarinnar. Í ljósi þessa mats er síðan tekin ákvörðun um frekari aðgerðir. Í fjögurra manna flokki er verkaskiptingin þannig: Einn mælir, annar reiknar út og vinnur úr niðurstöðum og tveir færa rafskautin til.

Tíminn sem fer í mælingarnar er mjög háður lengd mællínanna, yfirferð á mællandi og þeim tíma sem tekur að aka milli mælistaða. Við góðar aðstæður þar sem stutt er á milli mælinga og land er slétt, má búast við eftirfarandi fjölda dýptarmælinga á dag:

	350 m straumarmur	1500 m straumarmur
4 menn	6 mæl/dag	2 mæl/dag
3 "	4-6 " "	1-2 " "

Dagur er hér skilgreindur sem 12 tímar. Yfirferð í lengdarmælingu með 4 mönnum og 25 m færslu ætti að vera í kringum 2 km á dag. Miðað við verðlag í maí 1978 er kostnaður á mældag áætlaður:

	Einingarverð:	Heildarverð
	kk.	kk.
Menn (4)	50	200
(kaup, gisting, fæði)		
Bíll	10	10
Tækjaleiga	20	20
Túlkun		
(auk skrst. kostn)	20	20
	Samtals	250 kkr.

Ófyrirséð er 10%.

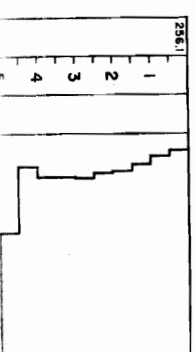
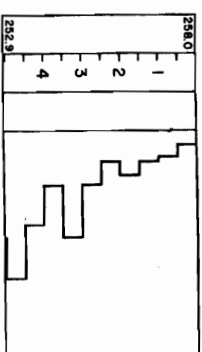
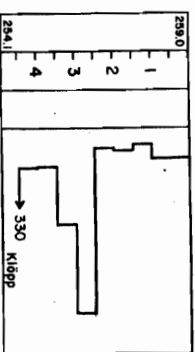
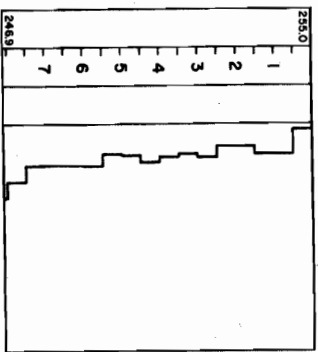
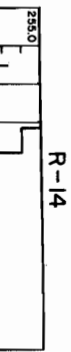
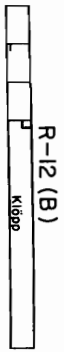
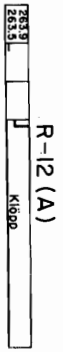
Kostnaður á dag er því um 280 þús. kr.

VIÐAUKI D

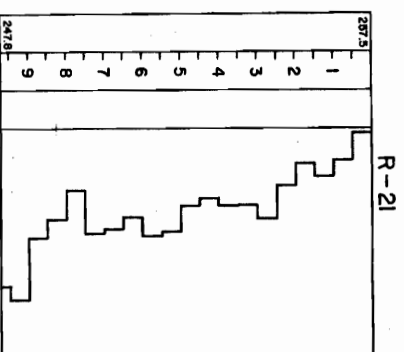
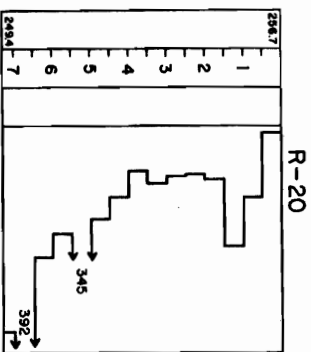
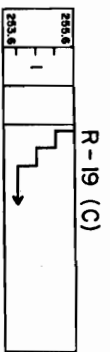
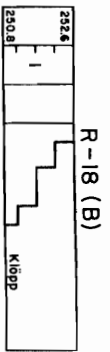
Borrobóranir á Hafi



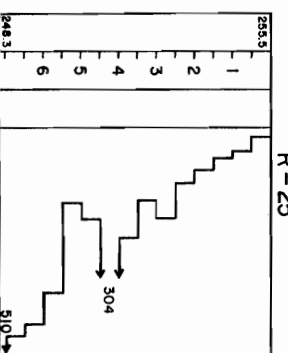
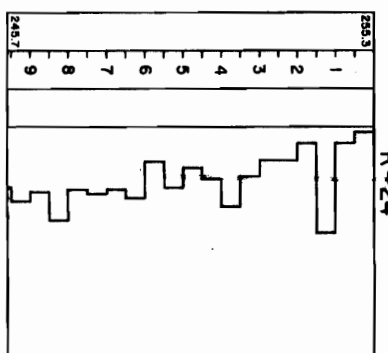
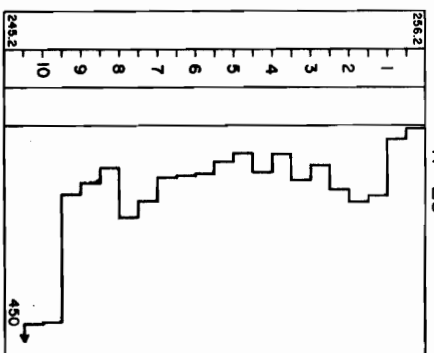
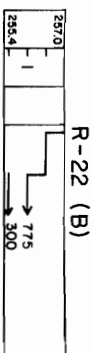
Hæð	E	Högg
Et.	Dýpi	d
	Skýringar	Blows
	Legend	per
		0,5 m
		50 100 150 200 250



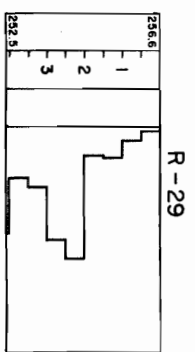
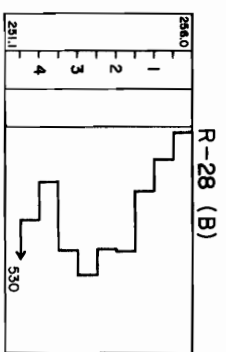
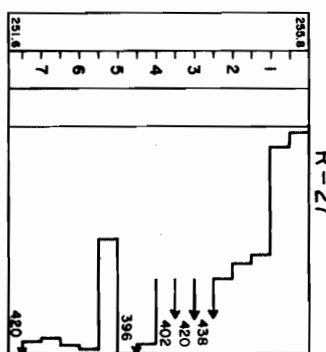
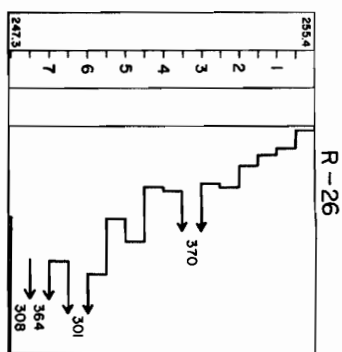
Hæð	E	Högg
Et.	Dýpi	d
	Skýringar	Blows
	Legend	per
		0,5 m
		50 100 150 200 250



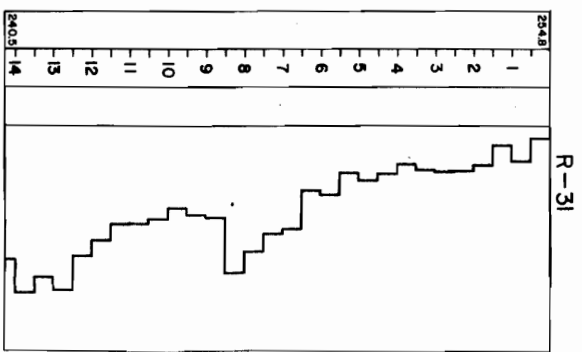
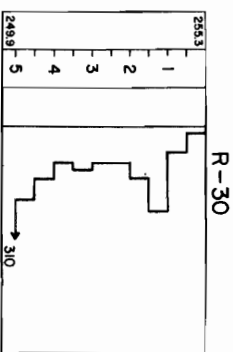
Hæð	E	Högg
Et.	Dýpi	d
	Skýringar	Blows
	Legend	per
		0,5 m
		50 100 150 200 250



Hæð	E	Högg
Et.	Dýpi	d
	Skýringar	Blows
	Legend	per
		0,5 m
		50 100 150 200 250



Hæð	E	Högg
Et.	Dýpi	d
	Skýringar	Blows
	Legend	per
		0,5 m
		50 100 150 200 250



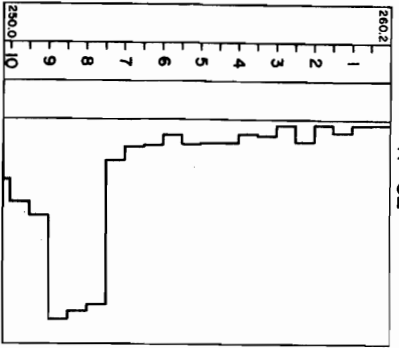
Blad 1

ORKUSTOFNUN

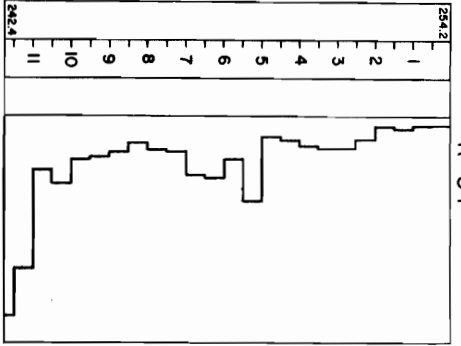
BÜÐARHALSVIRKJUN  
 Borro - boranir við Haf  
 Borro - sounding of Haf

79.10.24 DE / GSJ E 18762

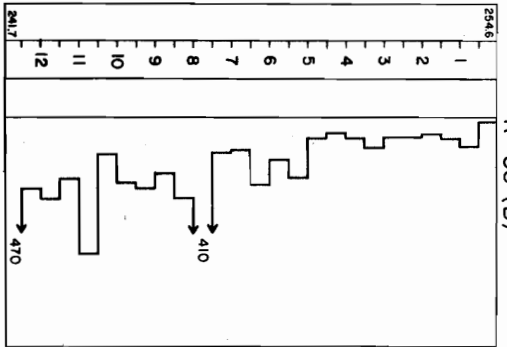
Hæð	my.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
50	Högg d
100	Blows per
150	0.5m
200	
250	



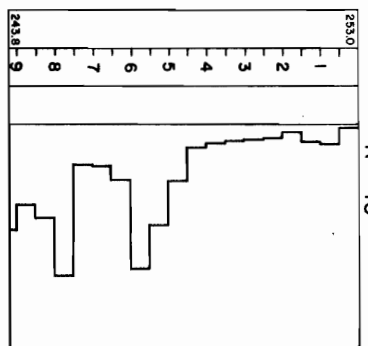
Hæð	my.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
50	Högg d
100	Blows per
150	0.5m
200	
250	



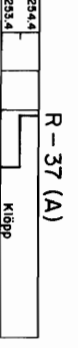
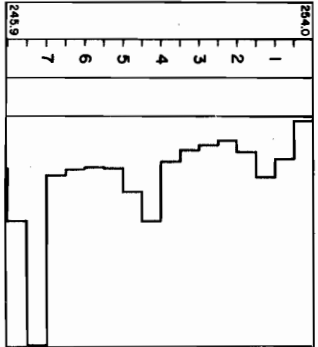
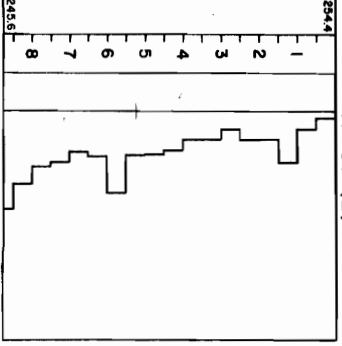
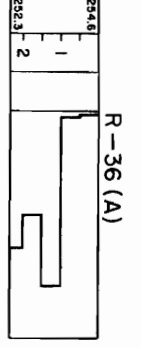
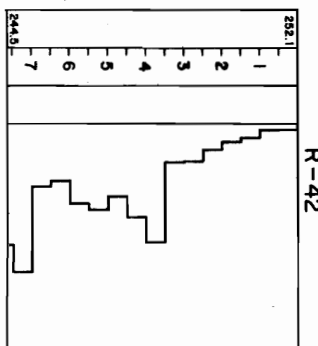
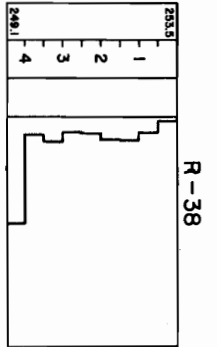
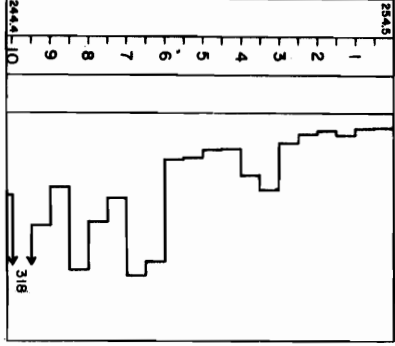
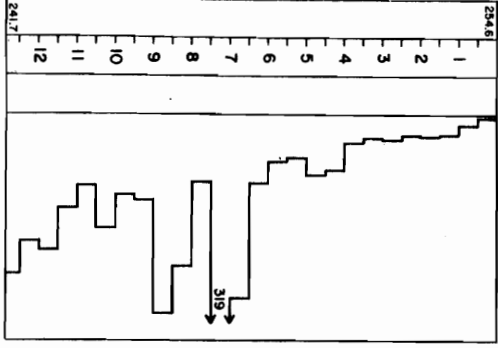
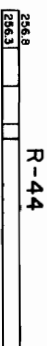
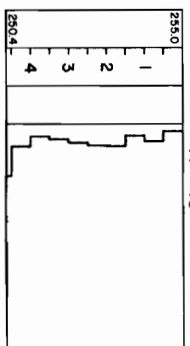
Hæð	my.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
50	Högg d
100	Blows per
150	0.5m
200	
250	



Hæð	my.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
50	Högg d
100	Blows per
150	0.5m
200	
250	



Hæð	my.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
50	Högg d
100	Blows per
150	0.5m
200	
250	

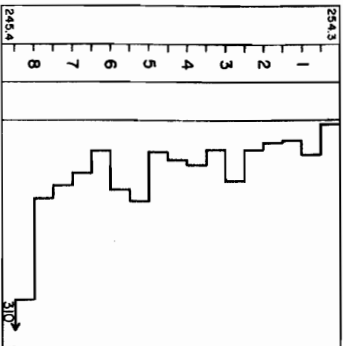
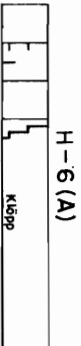
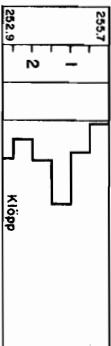
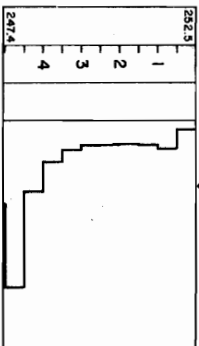
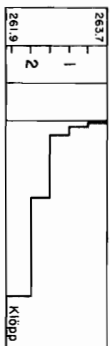


Blað 2

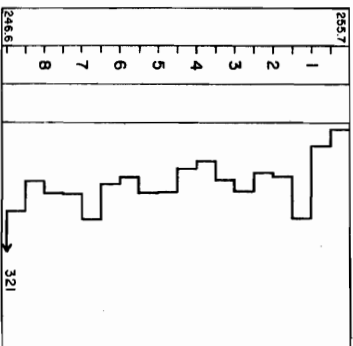
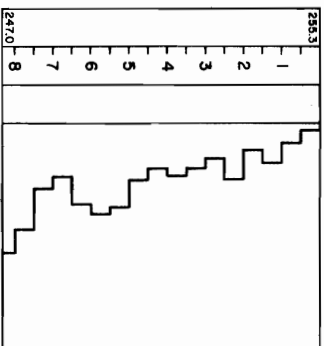
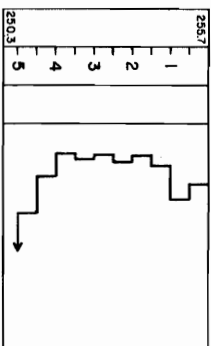
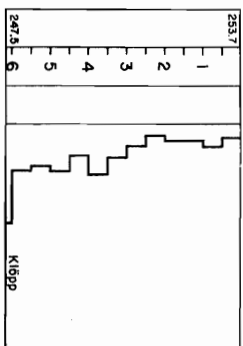
**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIÐKUNN  
 Borro - boranir við Hof  
 Borro - sounding at Hof  
 79.10.24 DE / GSJ B-331 F.18762



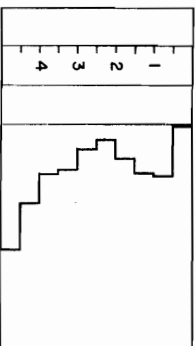
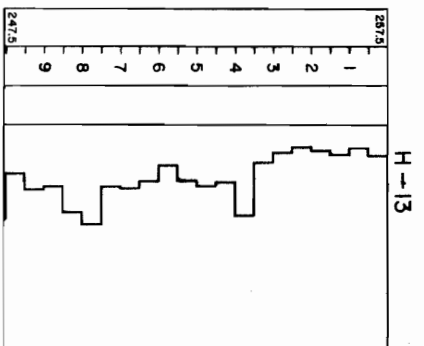
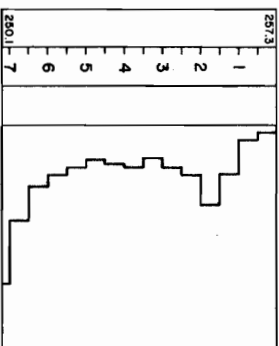
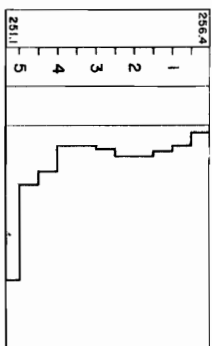
Hæð	m. y.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5m
	50 100 150 200 250



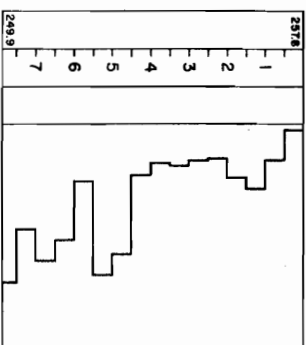
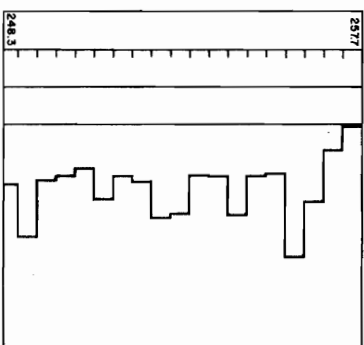
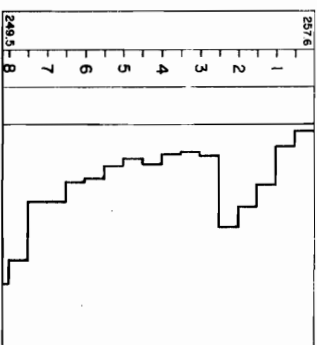
Hæð	m. y.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5m
	50 100 150 200 250



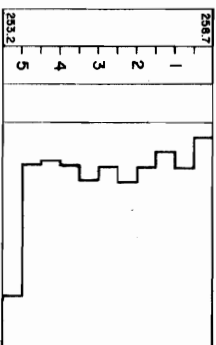
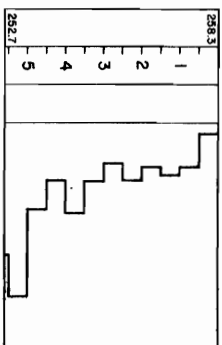
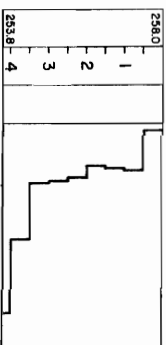
Hæð	m. y.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5m
	50 100 150 200 250



Hæð	m. y.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5m
	50 100 150 200 250



Hæð	m. y.s.
El.	E
Dýpi	Depth
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5m
	50 100 150 200 250



Blað 3

ORKUSTOFNUN

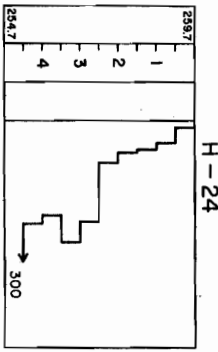
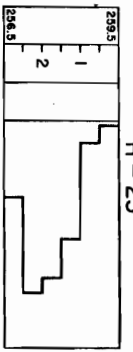
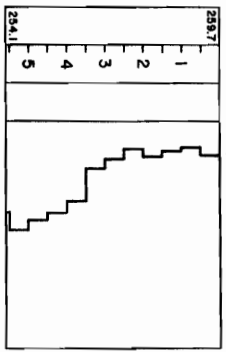
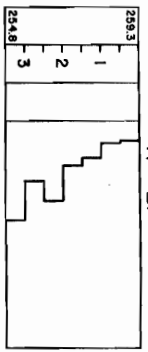
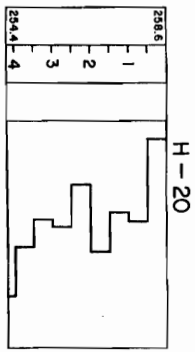
BÜÐARHÁLSVIRKJUN  
Borra- boranir við Haf  
Borra - sounding of Haf

79.10.24.

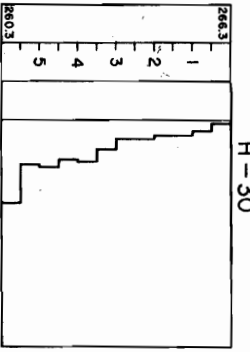
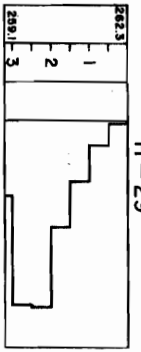
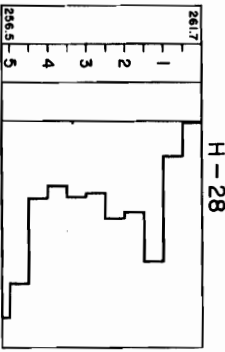
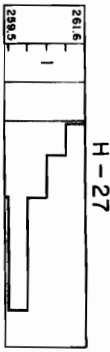
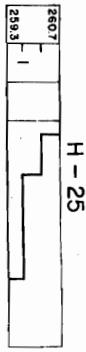
DE / 55v

F 18762

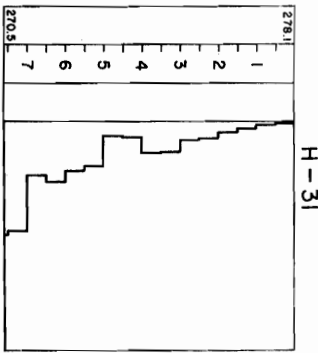
Hæð	m. y. s.
El	m. y. s.
Dýpi	m
Depth	m
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5 m
	50 100 150 200 250



Hæð	m. y. s.
El	m. y. s.
Dýpi	m
Depth	m
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5 m
	50 100 150 200 250

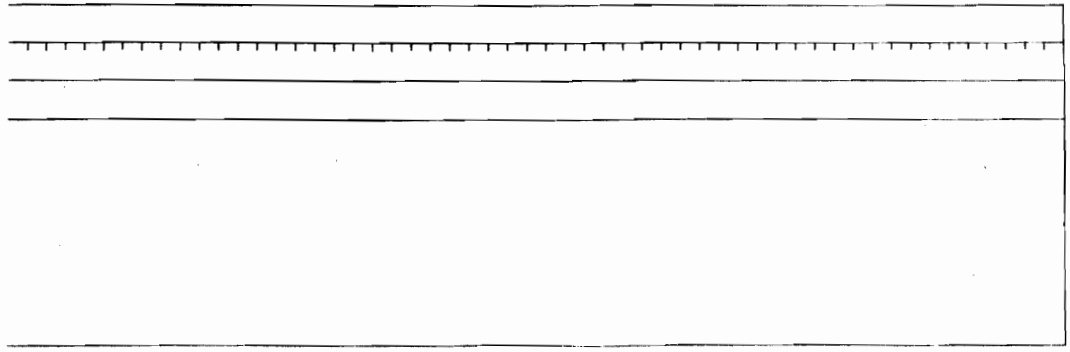
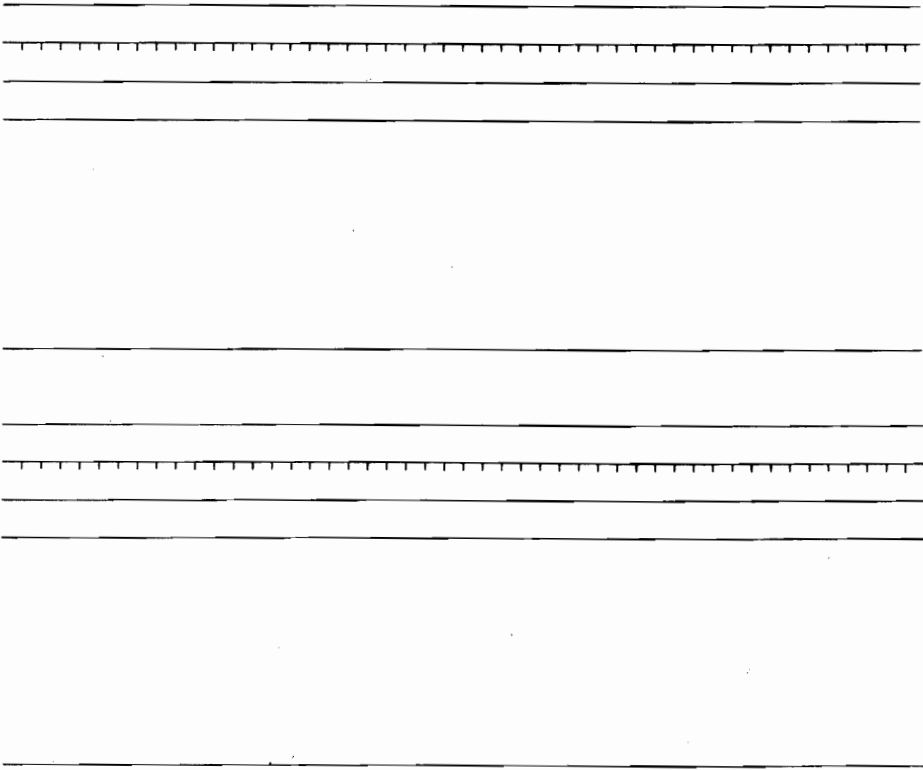


Hæð	m. y. s.
El	m. y. s.
Dýpi	m
Depth	m
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5 m
	50 100 150 200 250



Hæð	m. y. s.
El	m. y. s.
Dýpi	m
Depth	m
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5 m
	50 100 150 200 250

Hæð	m. y. s.
El	m. y. s.
Dýpi	m
Depth	m
Skýringar	Legend
Högg d	Blows per 0.5 m
	50 100 150 200 250



Blað 4

**ORKUSTOFNUN**  
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN  
 Borro - boranir við Hof  
 Borro - sounding at Hof

79.10.24 DE/ GSJ B-331 F.18762