

ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

SVARTSENGI-REYKJANES

Verklýsing háhitaborunar

Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

1997

OS-97032



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer 630 234

SVARTSENGI - REYKJANES

Verklýsing háhitaborunar

Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS - 97032

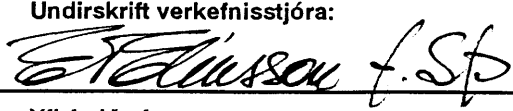
Júlí 1997

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569-6000 - Fax 5688896
Netfang os@os.is - Heimasíða <http://www.os.is>

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97032	Dags.: Júlí 1997	Dreifing: ☐ Opin ☒ Lokuð til 31.12.99
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: SVARTSENGI - REYKJANES Verklýsing háhitaborunar		Upplag: 10
		Fjöldi síðna: 31
Höfundar: Sverrir Þórhallsson		Verkefnisstjóri: Sverrir Þórhallsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Verklýsing		Verknúmer: 630 234
Unnið fyrir: Hitaveitu Suðurnesja		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Um er að ræða verklýsingu vegna borunar fjögurra gerða af háhitaholum sem áætlað er að bora á næstu misserum í Svartsengi og á Reykjanesi. Lýsingin á við allar gerðirnar af borholum, sem eru djúp vinnsluhola í Svartsengi, grunn vinnsluhola í gufupúðann í Svartsengi, niðurdælingarhola milli Svartsengis og Eldvarpa og djúp vinnsluhola á Reykjanesi. Gerð er grein fyrir jarðfræðilegum aðstæðum til borunar, fóðringum og dýpi, borplani, öryggiskröfum, skolvökva, steypingu fóðringa og suðuvinnu, og hverjum áfanga borverksins lýst. Einnig eru nefndar þær rannsóknir sem gera þarf meðan á borun stendur.		
Lykilorð: Hitaveita Suðurnesja, verklýsing, háhitaborun, vinnslusvæði, jarðfræði		ISBN-númer:
		Undirskrift verkefnisstjóra: 
		Yfirfarið af:

EFNISYFIRLIT

1. Staðsetning holna.....	3
2. Jarðfræðilegar aðstæður	3
3. Fóðringar og dýpi	4
4. Borplan	4
5. Lýsing á borverkinu	5
6. Öryggiskröfur	8
7. Skolvökvi.....	8
8. Steyping fóðringa.....	9
9. Suðuvinna	10
10. Rannsóknir meðan á borun stendur.....	10
Tafla 1 Mælingar við borun	15

MYNDIR

1. Fyrirhugaðir borstaðir í Svartsengi.....	16
2. Fyrirhugaðir borstaðir á Reykjanesi	17
3. Tenging jarðlaga á gufusvæði í Svartseng	18
4. Jarðhitalíkan af gufusvæði í Svartsengi	19
5. Áætlaður hiti í suðusvæði í Svartsengi	20
6. Áætlaður þrýstingur á suðusvæði í Svartsengi	21
7. Þversnið af jarðlagaskipan í Svartsengi	22
8. Tengsl vatnsæða við jarðfræði á hverju 100 m dýptarbili	23
9. Áætlaður berghiti í jarðhitakerfi í Svartsengi	24
10. Áætlaður þrýstingur í jarðhitakerfi í Svartsengi	25
11. Þversnið af jarðlögum á Reykjanesi	26
12. Áætlaður hiti í jarðhitakerfi á Reykjanesi	27
13. Áætlaður þrýstingur í jarðhitakerfi á Reykjanesi	28
14. Fóðringar í borholum á háhitasvæði.....	29
15. Borplan við borun háhitaholu.....	30
16. Öryggisbúnaður við borun háhitaholu.....	31

1. Staðsetning holna

Hitaveita Suðurnesja hyggst á næstu misserum bora holur af fjórum gerðum í Svartsengi á Reykjanesi. Nákvæm tímasetning borana hefur ekki verið ákveðin né fjöldi holna af hverri gerð. Verklýsing þessi nær til umræddra holna og er í fyrsta áfanga miðað við að bora eina grunna holu í gufupúðann og aðra djúpa holu sem nær niður í vatnskerfið. Einnig er í fyrsta áfanga gert ráð fyrir að bora tvær holur á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi skammt frá saltverksmiðjunni. Í næsta áfanga yrði boruð grunn gufuhola í Svartsengi og niðurdælingarhola. Frekari borun á Reykjanesi ræðst af hvernig áformum um magnesíumverksmiðju reiðir af.

Í skýrslu Orkustofnunar “Hitaveita Suðurnesja: Tillögur að staðarvali fyrir nýjar borholur í Svartsengi” OS-96044/JHD-28B, er að finna ráðleggingu um hvar bora skuli í Svartsengi (sjá mynd 1). Nákvæmt staðarval fer fram síðar og því er ekki hægt að gefa nánari lýsingu á henni. Á mynd 2 eru fyrirhugaðir borstaðir á Reykjanesi sýndir.

2. Jarðfræðilegar aðstæður til borunar

Í eftirfarandi lýsingu er gert ráð fyrir ferns konar aðstæðum við borun holna, þ.e. grunnrar holu í gufupúðann í norðaustur hluta borsvæðis Svartsengis, djúprar vinnsluholu utan gufusvæðisins í Svartsengi, niðurdælingaholu í um 2 km fjarlægð vestan Svartsengis, og djúprar vinnsluholu á háhitasvæðinu á Reykjanesi.

Borhola í gufupúða

Á mynd 3 er sýnt N-S þersnið jarðlaga á gufusvæðinu í Svartsengi (Hjalti Franzson 1997: “Svartsengi. Jarðfræði holu HS-14 og tengsl við nærliggjandi holur”, OS-97024, í útgáfu). Í jarðlagastaflanum skiptast á hraunlagasýrpur og móbergsmýndanir. Niður á rúma 350 m dýpi er hlutur hraunlaga heldur meiri, en neðan þess og niður undir 600 m dýpi verður móberg ráðandi. Yfirborðskönnun hefur leitt í ljós að líklegt er að uppstreymi jarðhitavökvans sé eftir N-S sprungu, eða skurðpunktum þeirrar sprungu og NA-SV sprungum sem hana skera. Ekki er vitað með öruggri vissu hvort einhverjar holanna á gufusvæðinu skeri uppstreymissprunguna. Svo virðist, alla vega í holu HSH-14, að flestar æðanna komi á lagmótum gosbergseininga, en vökvinn úr þeim er þá ættaður frá uppstreymisrásinni. Jarðhitalíkanið fyrir gufusvæðið er sýnt á mynd 4. Áætlaður hiti- og þrýstingur er sýndur á myndum 5 og 6.

Djúp vinnsluhola í Svartsengi.

Á mynd 7 er sýndur þverskurður af jarðlagaskipan í Svartsengi. Hraunlög eru ráðandi niður á um 300 m dýpi þar sem við tekur móberg niður á um 600 m dýpi. Þar neðan við verða hraunlög á ný ráðandi. Innskot byrja að sjást í borholunum neðan um 700 m dýpis, og verða ráðandi á um 1000-1300 m dýpis. Jarðfræðimódelið af kerfinu bendir til að uppstreymi jarðhitans sé eftir N-S misgengi, en breiði síðan úr sér eftir lekum jöðrum innskota, sérstaklega á 1000-1300 m dýpi. Einnig hefur komið í ljós að lekt er nokkur í basalhraunlögnum á 600-700 m dýpi. Á mynd 8 eru sýnd tengsl vatnsæða við jarðfræði á hverju 100 m dýptarbili í Svartsengissvæðinu, sem gefur nokkrar vísbendingar um hvar bestrar lektar sé að vænta. Yfirleitt hafa mestu skoltöpin orðið við innskotin neðan 1000 m dýpis. Áætlaður hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu á þessu svæði er sýndur á myndum 9 og 10.

Niðurdælingahola um 2 km vestan Svartsengis.

Viðnámsmælingar á svæðinu milli Eldvarpa og Svartsengis og önnur gögn benda til að jarðhitasvæðin séu vel samtengd, og að jarðhitinn liggi ekki mikið dýpra en fundist hefur innan Svartsengis. Því má búast við að komið sé niður í "háhitakerfi" neðan 600-900 m dýpis. Þar sem ekki hefur verið borað á þessu svæði fyrr er nokkuð á huldu hvernig jarðlög, ummyndun og lekt er háttað. Samkvæmt reynslu á Reykjanesi er þó sennilegt að gosbergsstaflinn sé svipaður og í Svartsengi, þ.e. að móbergsmýndun liggi á milli ca 300-600 m dýpis, en hraunlög séu ráðandi þar fyrir neðan. Ef ummyndun er miklu minni en á jarðhitasvæðunum getur það leitt til meiri leka og e.t.v. hruns þar sem ummyndunar nýtur ekki við (ofan 600 m?). Í Svartsengi, og á flestum öðrum jarðhitasvæðum þar sem gerð hefur verið jarðlagagreining í borholum, kemur í ljós að lekt í jarðhitageyminum stjórnast mjög af því hvort innskot séu til staðar eða ekki. Lektin í niðurdælingaholunni getur því ráðist mjög af fjölda þeirra í berglagastaflum.

Djúp vinnsluhola í háhitakerfið á Reykjanesi.

Á mynd 11 er sýnt þversnið af jarðlögum á háhitasvæðinu á Reykjanesi. Nokkur munur er á jarðlagaskipaninni þar og í Svartsengi þar sem mun minna er af hraunlögum en því meira af móbergi og setlögum. Þessi munur liggur í því að Reykjanesið er mun nær sjó og augljóst að svæðið hefur ýmist verið ofan eða neðan sjávarmáls. Þótt háhitakerfið á Reykjanesi hafi verið rannsakað nokkuð ítarlega í kjölfar borunar fyrstu 8 holnanna, hefur ekki verið gerð nein úttekt á því við hvers konar jarðfræðifyrirkæri vatnsæðarnar tengjast í þeim holum. Í rannsókn á sambandi vatnslektar og jarðfræði í holu RN-9, sem boruð var 1983, virðast a.m.k. hluti vatnsæðanna sem sún hola sker tengjast basaltinnskotum. Áætlaður hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu á fyrirhuguðu borsvæði á Reykjanesi er sýndur á myndum 12 og 13.

3. Fóðringar og dýpi

Verklýsingin nær til borunar á fjórum gerðum af holum. Lýsing á verkinu í texta er sú sama fyrir allar holurnar. Það sem greinir milli holugerða er þvermál fóðringa og borkrónu og dýpi hvers áfanga. Í textanum er vísað í bókstaf A1, A2, B1, B2) í töflu 1 um mál fóðringa og dýpi sem á við um hverja eftirtalinna holugerða:

- a) Djúpa vinnsluholu í Svartsengi
- b) Grunna vinnsluholu til að nýta gufupúðann í Svartsengi
- c) Niðurdælingarholu milli Svartsengis og Eldvarpa
- d) Djúpa vinnsluholu á Reykjanesi

Holurnar eru hannaðar með tilliti til fjölmargra atriða eins og t.d. reynslu af fyrri borunum á Reykjanesskaga (Svartsengi, Eldvörpum, Reykjanesi), jarðfræðilegra aðstæðna, hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu, hugsanlegra afkasta.

Fóðringar í holunum eru sömu gerðar og áður hafa verið notaðar við í Svartsengi, enda 25 ára áfallalaus reynsla af notkun þeirra í sjö vinnsluholum (mynd 14). Holutoppar í Svartsengi eru hannaðir fyrir ANSI 600 þrýstiklassa en fyrir ANSI 900 á Reykjanesi. Á holutoppi er 3" loki hafður undir aðalloka (áður 2") til að unnt sé að halda holunum heitum og frá því að kafna þegar aðalloki er lokaður. Einnig nýtist hann í neyð til kæfingar á holunni með köldu vatni. Í viðauka er að finna efnislista fyrir borverkið, en án magntalna því fjöldi og gerð holan hefur ekki verið ákveðinn. Í viðauka er einnig að finna drög að tæknilegum útboðsskilmálum á því efni (fóðringum og holutoppum) sem Hitaveita Suðurnesja leggur til verksins. Reiknað er með að verktakinn leggi til annað efni.

a) Djúp vinnsluhola í Svartsengi (víðar fódðringar):

Heiti fódðringar	Þvermál (")	Þungi fódðurrörs	Stál. API	Gengjur API	Röralengd (m)	Heildar-lengd
Yfirborðsfódðring	API 22"		H-40	fösuð	7,62-10,36	70 m
Öryggisfódðring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	fösuð	10,36-14,63	250 m
Vinnslufódðring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	600-800 m
Gataður leiðari	API 9 5/8"	47 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	1000-1200

b) Grunn vinnsluhola í gufupúðann (grannar fódðringar):

Heiti fódðringar	Þvermál (")	Þungi fódðurrörs	Stál. API	Gengjur API	Röralengd (m)	Heildar-lengd
Yfirborðsfódðring	API 22"		H-40	fösuð	7,62-10,36	30 m
Öryggisfódðring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	fösuð	10,36-14,63	120 m
Vinnslufódðring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	220-250 m
Gataður leiðari	API 9 5/8"	47 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	400-500 m

c) Niðurdælingarhola milli Svartsengis og Eldvarpa:

Heiti fódðringar	Þvermál (")	Þungi fódðurrörs	Stál. API	Gengjur API	Röralengd (m)	Heildar-lengd
Yfirborðsfódðring	API 22"		H-40	fösuð	7,62-10,36	70 m
Öryggisfódðring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	fösuð	10,36-14,63	250 m
Vinnslufódðring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	600-800m

d) Djúp vinnsluhola á Reykjanesi:

Heiti fódhringar	Þvermál (")	Þungi fódhurrörs	Stál. API	Gengjur API	Röralengd (m)	Heildarlengd
Yfirborðsfódhring	API 22"		H-40	fösuð	7,62-10,36	70 m
Öryggisfódhring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	fösuð	10,36-14,63	250 m
Vinnslufódhring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	700 m
Gataður leiðari	API 9 5/8"	47 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	1100 m

Verklýsing þessi er frábrugðin verklýsingum fyrri holna að því leiti að nú er gert ráð fyrir þremur steiptum fódhringum en áður voru þær aðeins tvær. Áfram er gert ráð fyrir að innsta fódhringin, vinnslufódhringin, verði 13 3/8". Er þetta gert af öryggisástæðum við borunina til að mæta breytingum sem orðið hafa á jarðhitakerfinu af völdum þrýstibreytinga samfara vinnslu. Opnun í öryggislokum borsins setja síðan skorður á leyfilegt þvermál fódhurröra og því hefur verið ákveðið að nota ofangreint fódhringa "prógram". Leiðarinn verður nú með kringlóttum götum en ekki sporöskjulaga raufum. Götin verða boruð en ekki logskorin eins og tíðkaðist vegna slæmra áhrifa á tæringaþol röranna. Efsta fódhurrörið í vinnslufódhringunni verður efnismeira og úr auðsjóðanlegu efni.

Áður en fódhringar með "buttress" gengjum eru settar í holurnar eru hlífðarmúffurnar skrúfaðar af og gengjurnar hreinsaðar. Er það gert með steinolú og bentoníti og gengjurnar síðan endursmurðar með háhitafeiti (Jet Lube, Kopr-Kote, geothermal eða thermal grade) og hlífðarmúffurnar skrúfaðar aftur á. Mála skal lengd fódhringar á hvert rör ásamt númeri rörs í þeirri röð sem það fer í holuna. Einnig skal merkja hvar þríhyrnda herslumerkið er að finna. Gengjulím er sett á botnskó og flotkolla og tvær fódhringar milli þeirra (Baker-Lock, tvíþátta lím). Gengjurnar eru síðan skrúfaðar í botn, þ.e. þar til þríhyrnt merki sem er á efra rörinu nemur við múffu rörsins hið minnsta. Ekki má herða það mikið að múffan fari yfir topp þríhyrningsins. Komi í ljós að ekki takist að ná tilskilinni herslu, með tilliti til þríhyrnta merkisins, eða að sýnilega er eitthvað að gengjunum, skal rörið tekið frá og það ekki fara ofan í holu. Sjóða má gengjurnar fastar á fjórum stöðum og sleppa notun gengjulímsins.

Sníða skal til sérstakt fódhurrör í réttri lengd fyrir efsta rörið. Lengd þess skal ákvörðað þannig að fyrsta skrúfaða múffan nemi við kjalalabrún þegar fódhurrörið er komið í lokastöðu. Þetta sleppirör er síðan endurnotað við borun næstu holna.

4. Borplan

Fyrst verður forborað með höggbor og er ekki þörf á miklum vegabótum eða borplani fyrir hann. Borplan þarf fyrir borinn og fylgihluti og þró fyrir svarf og annað sem úr holunni berst. Á mynd 15 eru sýnd málín á planinu og þær kröfur sem gerðar eru um jarðvegsskipti og þjöppun. Mikilvægt er að vanda til fyllingar og þjöppunar á skyggða svæðinu umhverfis holuna því bormastur Jötuns með fylgihlutum vegur um 190 tonn þegar borað er á 2000 m dýpi. Stærð plansins er 2780 m² og er aðflutt fyllingarefni allt að 2400 m³. Steiptur "kjallari" sem er um 3 m að dýpt er settur í planið utan um höggborsholuna. Frárennislögn er lögð frá kjallaranum út í leðjuþrónna. Við gerð borplansins og alla borframkvæmd verður þess gætt að valda sem minnstu jarðraski. Athafnasvæðið takmarkast af stærð borplansins og verður fyllingarefni flutt á staðinn, en ekki ýtt upp. Leggja þarf tvær vatnslagnir að bornum frá vatnsveitu sem annar 40 l/s í sírennslí. Vatnsrörin eru úr áli og er hægt að leggja þau án nokkurs jarðrasks. Þau eru síðan fjarlægð að verki loknu.

Við borplanið verður safnþró fyrir borsavarf og leðju og fellur þar til svarf (140 m^3) og megnið af þeirri borleðju og sementi sem berst frá holunni. Úr þrónni er vatni sem ekki er dælt aftur niður í holu fleytt um yfirfall úr leðjuþrónni og út í hraun. Í yfirfallinu verður olíugildra til að fyrirbyggja að olía berist með vatninu.

5. Lýsing á borverkinu

Verklýsingin nær ekki til allra verkþátta, heldur er henni ætlað að lýsa gerð holunnar og efnisvali og þeim atriðum sem Orkustofnun telur að geti stuðlað að öruggu og góðu verki.

Borverkið hefst með borun fyrir yfirborðsfóðringunni með höggbor. Að því lokun verður grafið fyrir kjallaranum og hann steypdur. Eftir að kjallarinn hefur náð styrk er hægt að fylla að og ganga frá borplani og aðstöðu fyrir stóra borinn. Hér er um hefðbundna háhitaborun að ræða, að öðru leiti en því að yfirþrýstingur í gufupúða gerir það að verkum að yfirþrýstingur verður á þeirri holu sem boruð er í gufupúðann (sbr. hola 14). Áætlaður verktími fyrir borun hvernar holu er 35-50 sólarhringar, en þetta ræðst að verulegu leyti af dýpi holunnar og því hvort tafir verða af þéttingu æða, fiskun eða endurteknum steypuadgerðum.

ÁFANGI A, YFIRBORÐSFÓÐRING (0-A1 m)

YFIRBORÐSFÓÐRING nær niður á A1 m dýpi og verður borað fyrir henni með höggbor áður en endanlegt borpan verður gert. Óæskilegt er að halli holunnar fari yfir 1° . Holan verður fóðruð með A3" fóðurröri niður á A1 m dýpi. Yfirborðsfóðringin verður soðin saman og lok sett á með 2" kranastút til ádælingar af steypueðju. Við steypinguna þarf að fergja fóðringuna til að fyrirbyggja að hún gangi upp. Berg á þessum kafla er að mestu nútímahraun.

ÁFANGI B, ÖRYGGISFÓÐRING (A1-B1 m)

Öryggisfóðring er áætluð niður í B1 m dýpi. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu og stærð þeirra, en frekar lítið skoltap var við fyrri boranir á þessu dýptarbili. Þessi áfangi er boraður með borleðju, a.m.k. þar til skoltöp gera það ómögulegt. Komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) verður borun stöðvuð 10-30 m neðar og steypd í lekann, en leitast verður við að þetta minni töp með sagi og spónum eftir föngum. Fara verðu varlega í að setja of stóra leðjutappa með spónum í holuna í senn því það getur stuðlað að festu. Áfanga B má skipta í eftirfarandi þætti:

- a. Borað í planið fyrir "músar- og rottuholu" sem geyma borstöng og drifstöng.
- b. Holuflans ($21 \frac{1}{4}" \times \text{API 2000}$) er soðinn á yfirborðsfóðringuna við kjallarabrun og stútur fyrir loka ($4 \frac{1}{16}" \times \text{API 3000}$) soðinn á fóðringuna. Lokinn er kæfingarstútur en nýtist einnig til að láta steypu streyma út um. "Shaffer" gosvari sem lokar að hverju sem er ($21 \frac{1}{4}" \times \text{API 2000}$) er síðan settur á holuna (mynd 16. áfangi 1).

N.B. Við borun grunnrar gufuholu gilda aðrar og strangari kröfur vegna þess þrýstings sem þar er á litlu dýpi.

- Vatnsveita að bornum þarf að vera tvöföld.
- “Grant” öryggisloki sem snýst með borstreng verður að vera á holunni ofan “Scahffer” og gufuloki á úthlaupinu “flow-line”. Klæða verður krónu og rýmara undir $13 \frac{3}{8}"$ “Grant” lokann verði stærri loki ekki útvegaður.
- Sér dæla verður að vera til taks til að dæla vatni stöðugt á kæfingarlokann á meðan borun stendur yfir og gera verður ráð fyrir að yfirþrýstingur haldist á holutoppi þrátt fyrir það (um

5 bar).

c. Öryggislokin er reyndur með því að loka að stöng og síðan er þrýstiprófað áður en steypa er boruð út. Holan er fyllt af vatni og 30 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans er skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og lok þrýstiprófunar.

d. Borkrónu B2" slakað niður að steypu og hún boruð út með vatni.

e. Borað er með B2" krónu niður á ca. B1 m dýpi. Borleðja verður notuð við borun í bergi, eftir að steypa hefur verið boruð út. Holan hallamæld á 100 m fresti og leitast við að halda hallanum innan 3° frá lóðréttu. Í borstreng skal hafa krónurýmara og eina stýringu milli fyrsta og annarrar álagsstangar (um 10 m frá krónui) og annan milli þriðju og fjórðu álagsstangar (um 40 m frá botni). Einstefnuloki er hafður við krónu.

f. Ákvörðun um fódrunardýpi öryggisfóðringarinnar er tekin af staðarjarðfræðingi út frá gerð jarðlaga, við ca. B1 m dýpi. Einnig er tekið tillit til lengdarmælinga á fódurrörunum sem nota á.

g. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamæling gerð til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.

h. Holan hitamæld og sé þess kostur einnig viddar- og jarðlagamæld.

i. Mikilvægt er að vatn sé látið renna á holuna samfellt, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fódrun stendur.

j. Fóðrað er með B3" fódurrörum og hún síða steipt samkvæmt lýsingu í kafla 8.

k. Öryggislokin er tekinn af yfirborðsfóðringunni og hún skorin í sundur 0,25 m ofan við gólf í kjallara. Síðan er öryggisfóðringin skorin í sundur þannig að efri brún á flangsi hennar verði í réttri hæð (mynd 16, áfangi 2).

ÁFANGI C, VINNSLUFÓÐRING (B1-C1 m)

Borun fyrir vinnslufóðringu má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Holutopps- og öryggislokabúnaði borsins er komið fyrir á holunni (mynd 16, áfangi 2).

b. Áður en steypa, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir. Lokað er að stöng og þrýstiprófað þannig að hver loki fyrir sig er reyndur sér. Holan er fyllt af vatni og 30 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stál liða-leiðsla eða borbarki skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins. Einnig er rör tengt 4" krana (4 1/16" x 3000 API) á millistykki sem úthlaup.

c. Holan er boruð með C2" borkrónu með krónurýmara. Stýringar eru hafðar milli fyrstu og annarrar álagsstangar og milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borun þessa áfanga. Komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) verður borun stöðvuð 20-30 m neðar og steipt í lekann, en leitast verður við að þetta minni töp með sagi og spónum.

- d. Borun er stöðvuð og holan hallamæld með tækjum borsins á u.þ.b. 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og fari hallinn yfir 3° skal athuga aðgerðir til að rétta holuna af.
- e. Ákvörðun um fóðrunardýpi vinnslufóðringar verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings.
- f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.
- g. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld (viðnám, nifteindir, gamma) eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.
- h. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfelld á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp meðan á mælingum og fóðrun stendur.
- i. Vinnslufóðringin C3" er sett í holuna og fóðringin er steipt með tækjum borsins (sjá kafla 8).
- k. Öryggislokarnir eru teknir af holunni og fóðringarnar skornar í sundur í réttri hæð. Endanlegur holuflans ("casing head") með hliðarstúti er síðan soðinn á öryggisfóðringuna eins og lýst er í kafla 9 "Suðuvinna". Sérstök verklýsing mun liggja fyrir þegar kemur að þessum verkþætti.

ÁFANGI D, BORUN VINNSLUHLUTA (C1-D1 m)

Borun vinnsluhluta holunnar og fyrir RAUFUÐUM LEIÐARA má skipta í eftirfarandi þætti:

- a. Fyrst er endanlegur holuloki settur á og síðan er holutopps- og öryggislokabúnaður borsins fyrir áfanga D komið fyrir (mynd 18, áfangi 3).
- b. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir hver í sínu lagi. Lokað er að stöng og holan fyllt af vatni. Þá er 30 bar þrýstingur settur á og látinn standa í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stál liða-leiðsla eða borbarki skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins.
- c. Holan er boruð með C2" borkrónu með krónurýmara. Stýringar eru hafðar milli fyrstu og annarrar álagsstangar og milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borunina.
- d. Borun er stöðvuð og holan hallamæld með tækjum borsins á u.þ.b. 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og fari hallinn yfir 5° skal athuga aðgerðir til að rétta holuna af.
- e. Ákvörðun um lokadýpi holunnar verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings.
- f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.
- g. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld (viðnám, nifteindir, gamma) eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

h. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfellt á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fódruun stendur.

i. Nú er raufaður eða gataður leiðari D3" settur í holuna. Neðst á leiðarann er settur stýriskór. Miðað er við að leiðarinn sé hengdur um 20 m frá botni holunnar og að hengistykkið sé um 30 m upp í vinnslufóðringunni. Efst á leiðaranum er hengistykki með D3" buttress pinna og gripklossum fyrir C3" fódningu. Þegar leiðarinn hefur verið hengdur, er sleppistykkið aftengt og tekið upp.

j. Áður en borinn er tekinn af holunni er holan þrepaðeld og er áætlað að það taki hálfan sólarhring.

6. Öryggiskröfur

Við borverkin verður að viðhafa ýrustu varkárni, einkum vegna borunar í gufupúða. Gufupúðinn stendur fullur af mettaðri gufu með stöðugum 24 bar þrýstingi og nær nú frá um 200 m dýpi og niður fyrir 600 m. Þetta eru gjörbreyttar aðstæður frá borun í Svartsengi fyrir 27 árum síðan. Við botn holu 14 í Svartsengi þurfti að fást við þennan yfirþrýsting, sem var gert með því að dæla með tveimur dælum á holuna (annarri að staðaldri um kæfingarlokann) og nota GRANT gosvara til að þétta að stöngum þann 4 bara yfirþrýsting sem var á holutoppi við borun á bilinu 220-600 m.

Krafa er gerð um notkun fjögurra öryggisloka þ.e. fyrir fulla lokun, að stöngum, lokun um hvað sem er ("annular BOP") og loka sem snýst með borstöngum og lokar að þeim ("rotating head"). Kröfurnar eru við það miðaðar að hættuástand skapist ekki þótt holur taki óvænt upp á því að gjósa. Þá skipta rétt viðbrögð boráhafnar höfuðmáli til að kæfa gosið og fást við önnur ófyrirséð atvik. Mikilvægasta öryggisatriðið til að fyrirbyggja skyndigos er að sífellt sé dælt í holuna, helst þannig að hún haldist full af vatni. Kynningarfundur verður haldinn með allri áhöfn borsins og þeim sem nærri borverkinu koma. Þar verði fyrirhuguðu borverki lýst og farið yfir helstu viðbrögð við óvæntum atburðum og skyndigosum. Um aðrar örygisráðstafanir og kröfur við borverkið er vísað í nýútkomna reglugerð Öryggiseftirlits ríkisins.

7. Skolvökvi

Vatn er notað til skolonar að mestu og mun verktaki leggja til vatnslögn að bornum og annast rekstur vatnsveitunnar. Verði algert skoltap þarf 40 l/s af vatni að staðaldri á borinn, því annars geta komið til tafir meðan vatni er safnað í karið. Til að vatn berist bornum truflanalaust er ráðlagt að leggja tvö aðflutningsrör að bornum með óháðum tengingum inn á veituna.

Við borun á 17 ½" holum og víðari er gert ráð fyrir að borleðja verði notuð. Bentonít leir er þá blandaður í vatnið (um 5%) og er seigju leðjunnar haldið á bilinu 45-55 sek (trektartími). Leðjan er hreinsuð á hristisigti og í sandskiljum. Leðjunotkun fer fyrst og fremst eftir hve mikil töp verða í boruninni. Seigju leðjunnar skal skrá á tveggja stunda fresti ásamt bentonít notkun.

8. Steyping fódringa

Fóðringarnar skal steypa með sementsefju. Þurrefnið er portlandsement frá Sementsverksmiðju ríkisins, auk innflutts kísilsalla, perlusteins og bentoníts. Er þurrefninu blandað saman á borstað með tækjum borsins áður en til steypingar kemur. Blöndunarhlutföll þurrefnis eru eftirfarandi:

Portland sement frá SR	100 kg
Kísilsalli -325 mesh (SikronM-300 eða sambærilegur)	40 kg
Perlusteinn (Harborlite 20x30)	2 kg
Bentonít (Wyoming)	2 kg
Tafefni (eftir þörfum, ca. 0,5%)	0,5 kg

Framangreind efni eru sett á sementskúlu borsins og blásið í réttum hlutföllum í einn sementsgeymi sem tekur um 35 tonn. Efninu er síðan blásið milli tveggja geyma a.m.k. þrisvar sinnum (3) til að það nái að blandast. Verktakinn leggur til framangreind bætiefni í sementið auk tækja og mannaskaps við að blanda þeim saman. Upplýsingum um efnisgæði og framleiðendur skal skila með fódðingarskýrslu (steypuskýrslu).

Framangreindu sementsefni er síðan blandað við vatn í blandara sem þarf að afkasta um 1 tonni af þurrefni á mínútu. Þar þískast saman við ofanefnt þurrefnismagn í töflunni (byggt á 100 kg af portland sementi) um 80 l af vatni og úr verða 139 l af sementsefju sem hefur eðlisþyngd 1,6.

Þegar steyp er skal eðlisþyngd efjunnar skráð á fimm mínútna fresti og henni haldið sem næst 1,60. Steyp skal þar til sement kemur upp utan með fódðingunni og skal liðlega tvöfalt sementsmagn (120% umfram reiknað magn út frá rúmmáli bils milli fódðingar og holu) vera til staðar þegar steypingin hefst. Einnig er tekið tillit til niðursöðu viddarmælinga og reiknaðs rúmmáls við ákvörðun á steypumagi.

Við steypingu á fódðingum er steypu dælt um borstengur (“inner string cementing”) um sérstök tengi (“float collar”) sem eru sett í fódðinguna. Neðst á fódðinguna kemur fódðingarskór með einstefnuloka síðan tvö heil fódðurrör og þvínæst svonefndur flotkollí. Á fódðinguna eru settar grindur til miðjustillingar, tvær á neðsta rörið, og síðan ein á þriðja hvert rör. Endanleg staðsetning miðjustilla tekur mið af niðurstöðum viddarmælinga, þannig að þeir lendi ekki við skápa í holunni. Miðjustillarnir eru látnir yfir röramúffurnar. Eftir að vinnslufódðingin er komin í lokadýpi, ca. 1,5 m frá botni og hangir í slifsunum eru borstöngunum með stungustykki fyrir steypingu slakað niður að flotkollanum. Því næst er borstengurnar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla holuna fyrir steypingu og til að meta skoltap. Ef skoltap er meira en 5-10 l/s verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður milli fódðingar og holuveggjar samtímis því að vatni er dælt hægt um borstrenginn. Eftir að fódðingin er komin á loka dýpi eru stilliskrúfur á millistykki hertar jafnt að vinnslufódðingunni. Þetta er gert til að miðjustilla fódðinguna fyrir steypingu. Mjög mikilvægt er að miðjustillingin sé sem nákvæmust.

Grannt er fylgst með eðlisþyngd steypunnar á meðan steyping stendur yfir og hún mæld ekki sjaldnar en á 5 mínútna fresti ásmat þrýstingi á borstöngunum og dæluslögum.

Að steypingu lokinni er gengið úr skugga um að einstefnulokarnir á fódðingunni hafi lokast og þá er stungustykkið skrúfað laust frá flotkollanum og borstengurnar teknar upp. Ef sementsefjan hefur ekki náð upp til yfirborðs er steypugæðamælt (CBL) til að ákvarða hvar steypuborðið liggur. Einnig er dælt ofanfrá á bilið milli fódðingar og holu til að sjá hvar lekinn sé. Borinn skal hafa aðgang að 1” rörum, allt a 800 m að legnd, sem þræða má niður með fódðingunni að utanverðu. Rörin skulu vera án múffu að utanverðu og viðeigandi hífinipplar og slífsi fyrir þau. Í flestum tilfellum yrðu tvö rör þrædd niður að stypuborði og sína fyllt upp með steypu. Að því loknu eru rörin dregin upp úr holunni. Ákvörðun um hvernig staðið skuli að frekari steypuaðgerðum í smáatriðum er tekin þegar upplýsingar liggja fyrir um steypuborð og hvar leakastðir eru. Steypuaðgerðunum verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á

staðnum. Nauðsynlegt er að fódðringarsteypa fái a.m.k. 8 klst hörnunartíma áður en borun hefst að nýju. Í holum sem þarf að steypa tvisvar eða oftar skal stypugæðamæla (CBL) áður en borun næsta áfanga hefst til að ganga úr skugga um að steypa sé samfelld og styðji við fódðringuna. Steypingum verður stjórnað af borverkfræðingi.

9. Suðuvinna

Eftirfarandi suðuvinna tengist borverkinu:

- Suðuvinna við yfirborðsfódðringu.
- Flans fyrir öryggisloka á yfirborðsfódðringuna og kæfingarstút.
- Boltar til miðjustillingar á öryggisfódðringu.
- Fódðringarflans á öryggisfódðringuna (sem er aðalflans holunnar í vinnslu).

Hér er um vandasamar suður að ræða og er því algert skilyrði að suðumenn sem vinna verkin hafi gild hæfnisvottorð fyrir viðkomandi verk. Suðumaður skal leggja fram afrit af vottorði og suðuferilslýsingu áður en verkið hefst. Suða á endalegum fódðringarflansi skal tekin út af eftirlitsmanni viðurkenndum af Vinnueftirliti ríkisins.

Um suðu endanlegs fódðringarflans ("casing head") gildir eftirfarandi lýsing. Þessi aðferð gæti átt eftir að taka breytingum eftir því hvaða tilboði verður tekið. Þetta á til dæmis við um hvort "Hot-Hed" hitameðferð verður beitt til eftirhitunar á suðunni.

1. Hallamál borið á flansinn á fjórum stöðum. Flansinum tyllt með suðupunktum og halli kannaður að nýju.
2. Flansinn og fódðringin forhituð í 120-200°C á 10 cm svæði ofan og neðan við suðustað. Notið hitakrít til ákvörðunar á forhitun.
3. Botnstrengur soðinn með 3-4 mm vír (rafsuðuvír OK 53.05 eða sambærilegum vír). Byrjað er á að sjóða að innan. Yfirsuða gerð með 4 mm vír.
4. Eftirhitun í 260-480°C og þá vafið teppi til að stykkið kólni ekki of hratt.
5. Þegar toppurinn hefur kólnað niður fyrir 100°C er gasflaska tengd við fódðringarflansinn og þrýstiprófað með 60 bar þrýstingi. Þessum þrýstingi er haldið í minnst 15 mínútur og kannað með sápu hvort leki sé á suðum.

Fódðringar úr efnisgæðum API J-55 og K-55 má sjóða, en þau þekkjast á grænmáluðum hring (einum eða tveimur) á rörinu og á múffunni. Athugið að fódðurrör sem merkt eru með bláum, rauðum eða brúnum hring má ekki sjóða þar eð þau eru úr hástyrktarstáli.

10. Rannsóknir meðan á borun standur

Mikilvægt er að halda reglubundinni skráningu á upplýsingum, sem fást meðan á borun standur, og kemur það mikið til í hlut áhafnar borsins að sinna því. Veigamikilið er að borskýrslur séu fylltar út samviskusamlega eins og þær gefa tilefni til eins og t.d. helstu upplýsingar um borstrenginn, álag og snúningshraða krónu, þrýsting á bordælum, seigju borleðju, og gerð grein fyrir töfum ef einhverjar eru. Ennfremur að skrá á fjögurra tíma fresti eða oftár ef tilefni er til: skolvatnsbreytingar, þ.e. slög á dælu, skoltöp/aukningu, hita á skolvökva niður og upp og athugasemdir ef einhverjar eru.

Auk framangreindra atriða skal verktaki sjá um að skrá gang verksins á "Geograph" sírita (kjaftakerlingu) og afhenda staðarjarðfræðingi afrit þess ásamt afriti af borskýrslum. Þesi gögn skulu afhent eftirlitsmanni verkkaupa kl. 8:00 að morgni fyrir sólarhringinn þar á undan.

Svarfsýnum skal safna á tveggja metra fresti og setja í 100 ml plastdósir. Auk þess skal safna 5 kg sýni af svarfi á 100 m fresti. Eftirfarandi merkingar þurfa að koma fram á hverri dós: staður, holunúmer, dýpi, dagsetning og tími.

Þegar vart verður við skoltap eða aðra vísbendingu um að vatnsæð hafi verið skorin, þá skal það skráð í borskýrslu og tilkynnt verkkaupa sem fyrst.

Verkkaupi hefur heimild til að stöðva verkið tímabundið og fara fram á að prófanir eða mælingar verði gerðar á holunni. Slík fyrirmæli skal verkkaupi gefa skriflega.

Í verkinu er gert ráð fyrir að holurnar verði hallamældar á 100 m fresti og er það gert með mælitækjum borsins. Einnig eru all umfangsmiklar borholumælingar fyrirhugaðar að loknum hverjum áfanga. Tilgangur þeirra er að tryggja öryggi (mat á goshættu) við fóðrun og steypingar með því að hitamæla holuna áður en fóðrun hefst. Holan er víddarmæld til að meta ástand hennar (hrunkaflar og skápar), hvar setja skuli miðjustilla og til ákvörðunar á sementsmagni. Svonefndar jarðlagamælingar (viðnám, náttúrulegt gamma) eru gerðar áður en fóðrað er, til söfnunar á jarðfræðilegum upplýsingum um eðli bergsins og vatnsæðar. Í lokin er holan þrepaðæld með því að dæla vatni á hana til þess að sjá hve vel hún tekur við því. Það gefur vísbendingu um lekt berglaga og væntanleg afköst holunnar. Meðfylgjandi tafla, Sundurliðun mælinga við borun, sýnir hvenær og hvað mælt er, og áætlun um frátafir vegna þeirra.

Tafla 1

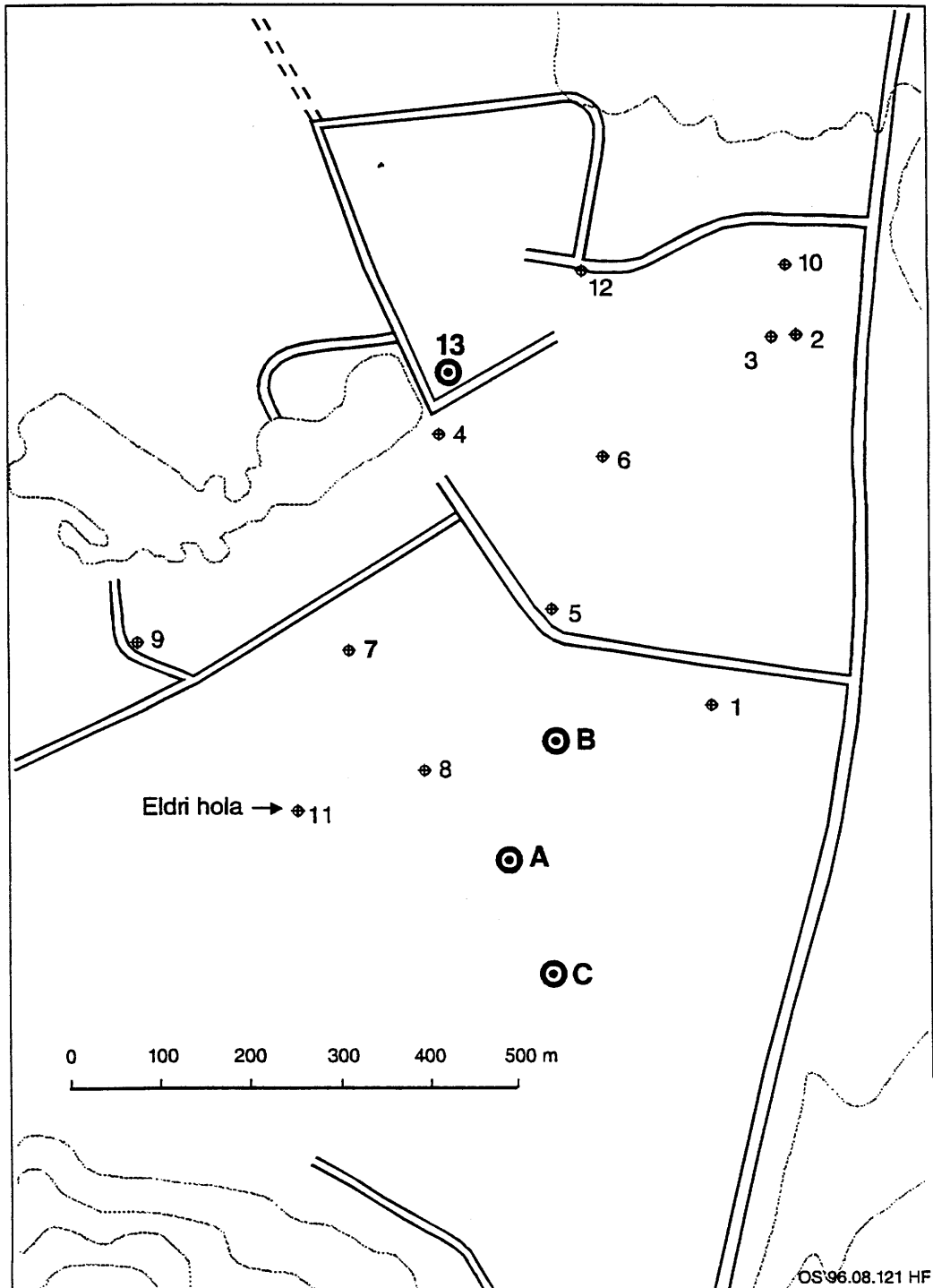
SUNDURLIÐUN BORHOLUMÆLINGA VIÐ BORUN

	Tím	Fjöldi	Metrar	Samtals (m)
RANNSÓKNARHOLA Í 2000 m:				
1 Í fóðrunardýpi fyrir öryggisfóðringu 300 m:				
Hitamæling	1	4	300	1200
Viddarmæling	1	1	300	300
Steypugæðamæling (CBL)	2	1	300	300
2 Í fóðrunardýpi vinnslufóðringar 0-800 m:				
Hitamæling	1	3	800	2400
Viddarmæling	2	1	800	800
Viðnám	1	1	500	500
NN & gamma	2	1	500	500
3 Eftir steypingu vinnslufóðringar:				
Hitamæling	1	1	800	800
Steypugæðamæling (CBL)	3	1	800	800
4 Við borun 800 - 2000 m				
Hitamæling (?)	2	2	2000	4000
Viddarmæling (?)	2	1	2000	2000
5 Í verklok fyrir fóðrun með leiðara:				
Hitamæling	2	2	2000	4000
Viddarmæling	3	1	2000	2000
Viðnám	2	1	1200	1200
NN & gamma	4	1	1200	1200
6 Prepadæling eftir fóðrun:				
Hitamæling	2	2	2000	4000
Þrýstimæling	6	1	2000	2000
HÖGGBORSHOLA - 50 m:				
7 Hitamæling		2	50	100
8 Viddarmæling		1	50	50
Frátafir við borun vegna mælinga 48 tímar				28150

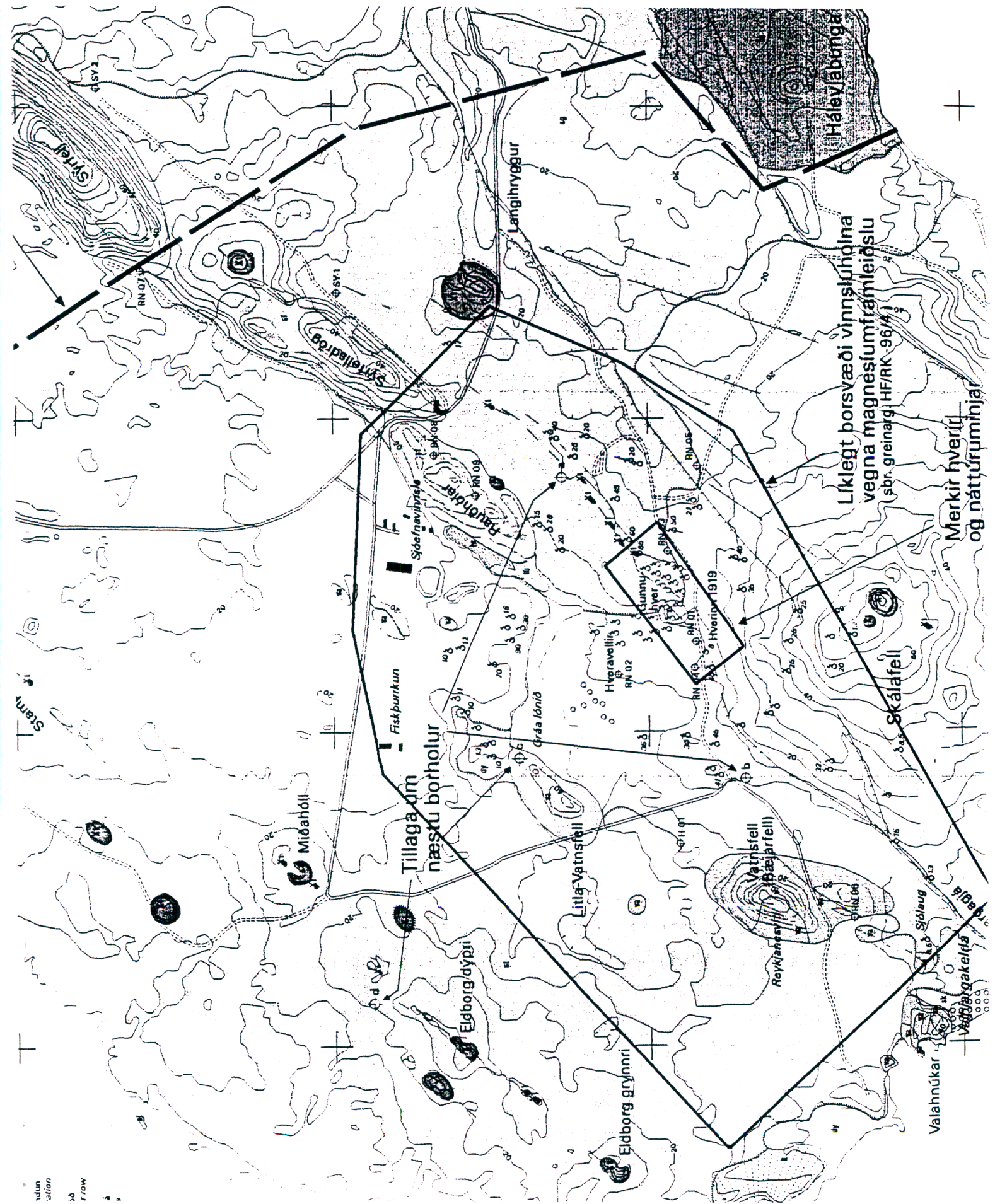
Ath.

Auk framangreindra mælinga verður hallamælt á 100 m fresti á meðan á borun stendur.

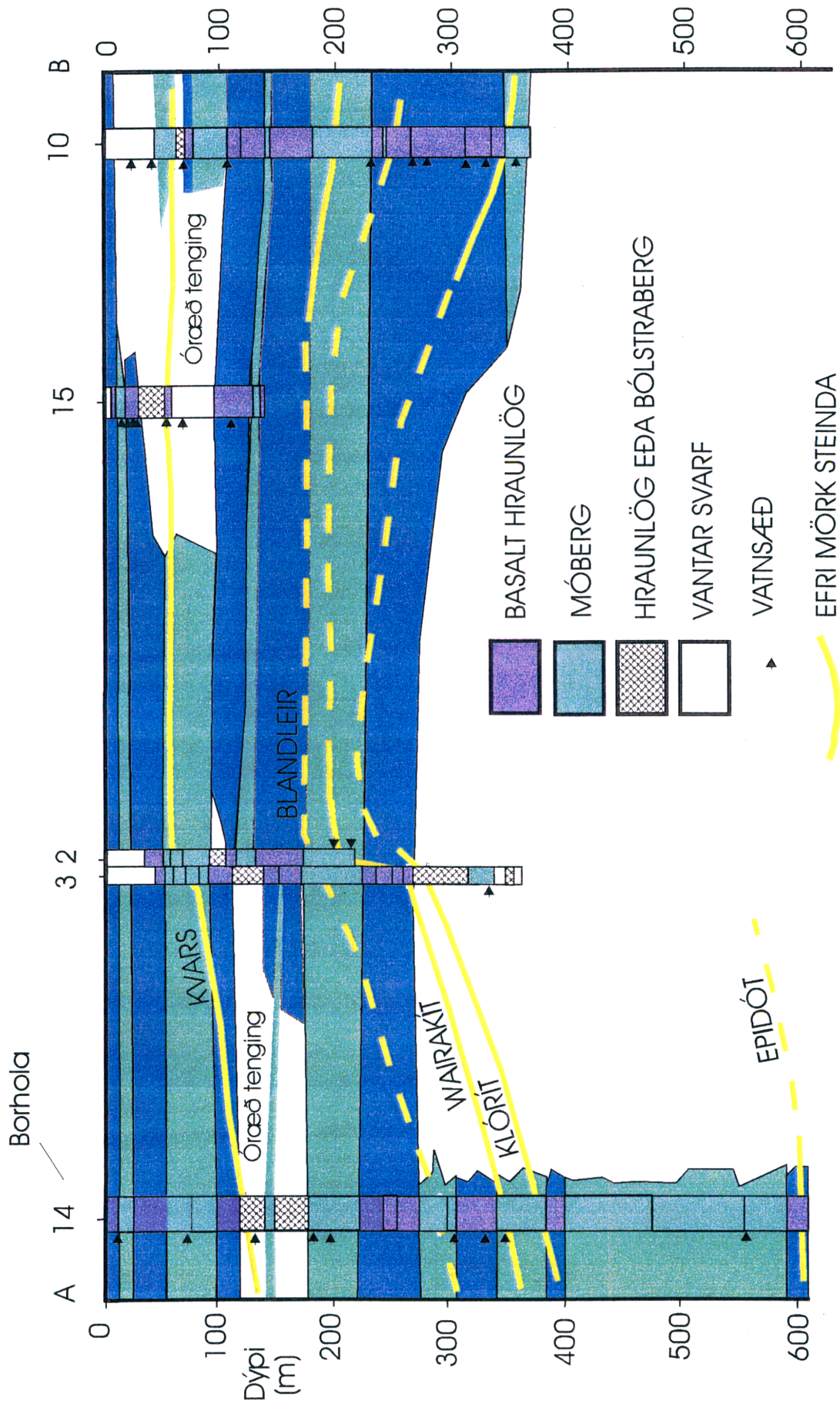
(?) Þýðir að óvíst er hvort þörf verður fyrir mælinguna.



Mynd 1. Fyrirhugaðir borstaðir í Svartsengi

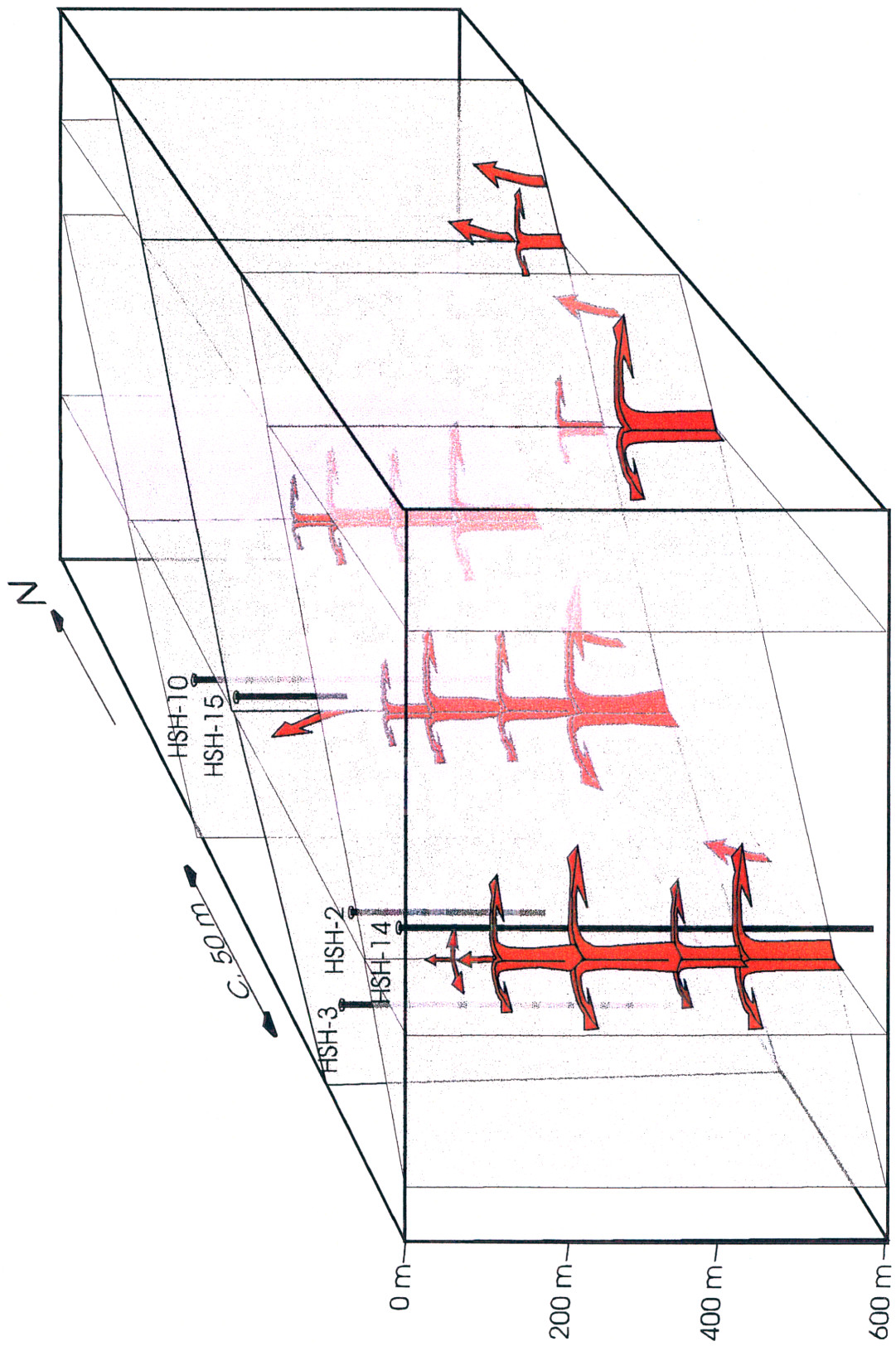


Mynd 2 Fyrirhugaðir borstaðir á Reykjanesi



Mynd 3. Tenging jarðlaga á gufusvæði í Svartsengi

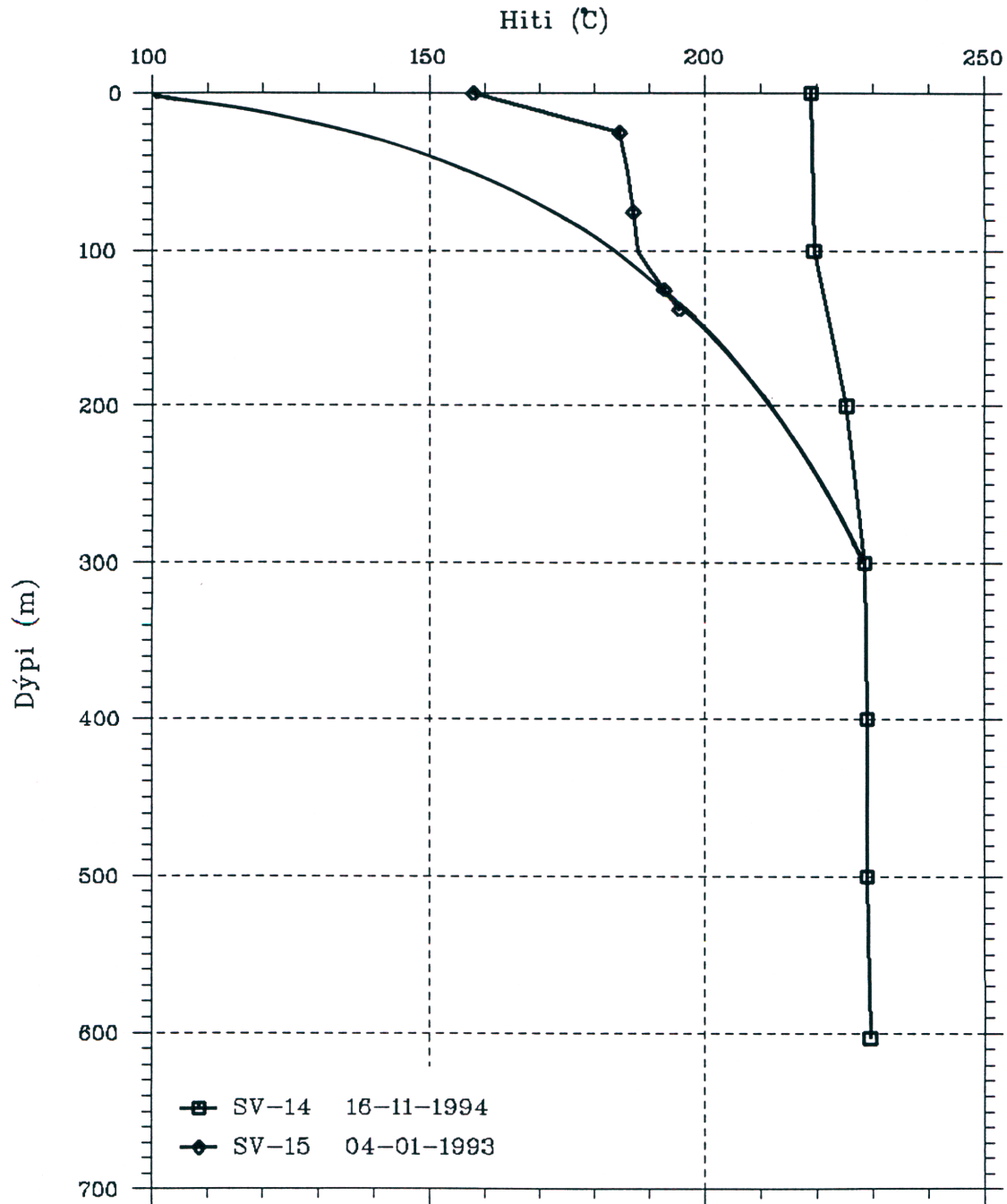
Mynd Svartsengi. Tenging jarðlaga milli borhola á gufusvæðiog líkleg tenging ummyndunarsteinda



Mynd 4. Jarðhitalíkan af gufusvæði í Svartsengi

17 Jul 1997 hs
Oracle

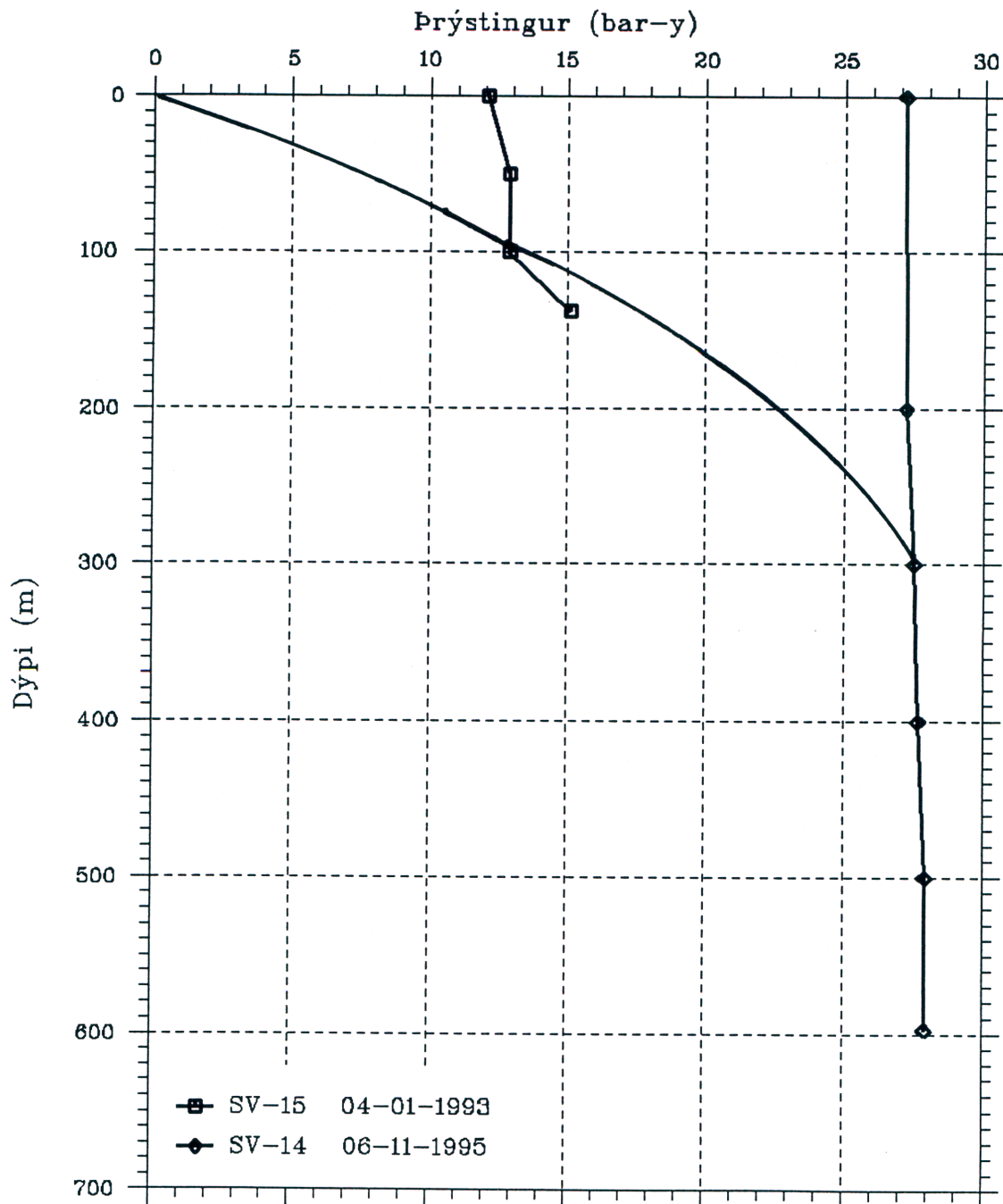
Hiti á suðusvæði



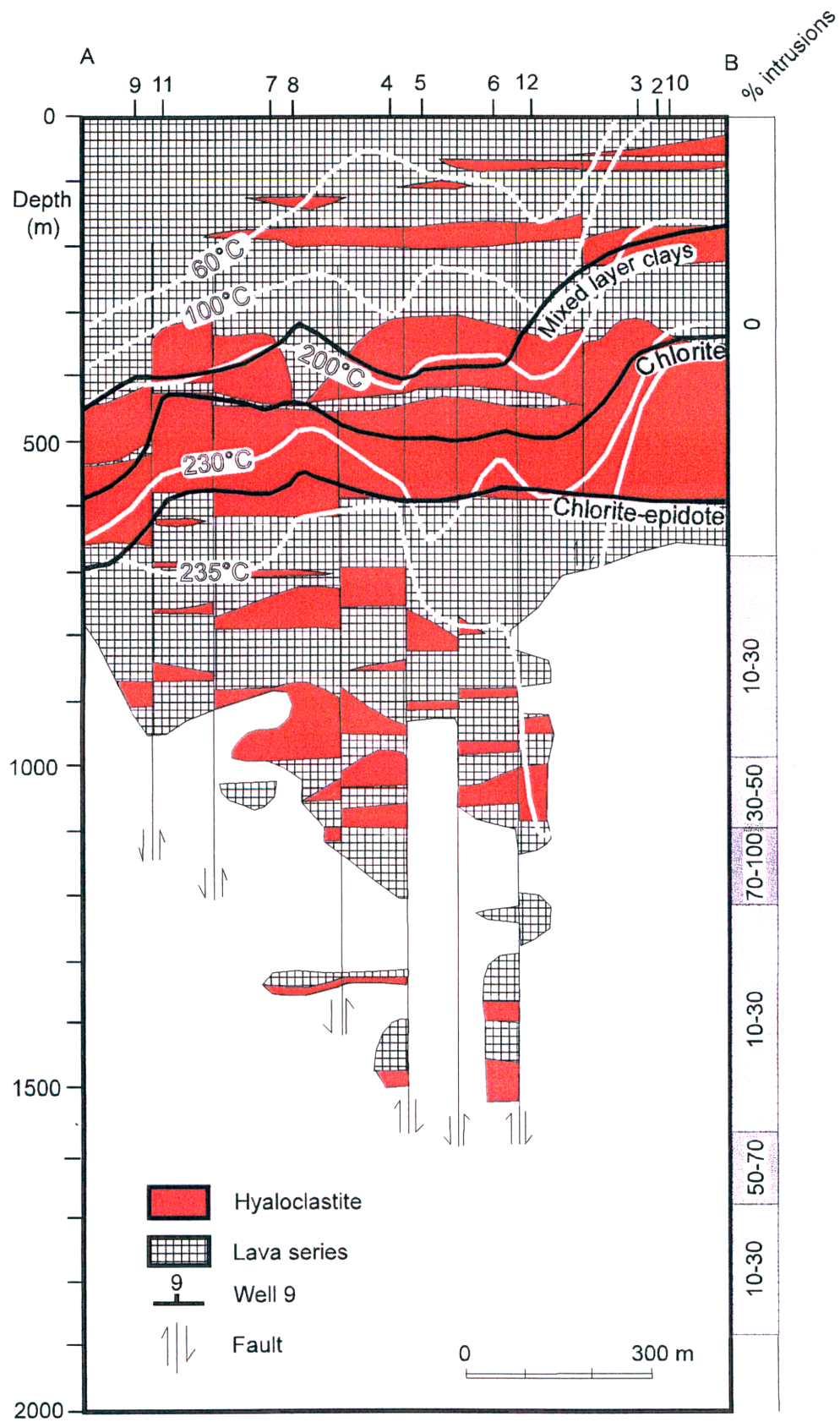
Mynd 5. Áætlaður hiti í suðusvæði í Svartsengi

18 Jul 1997 hs
Oracle

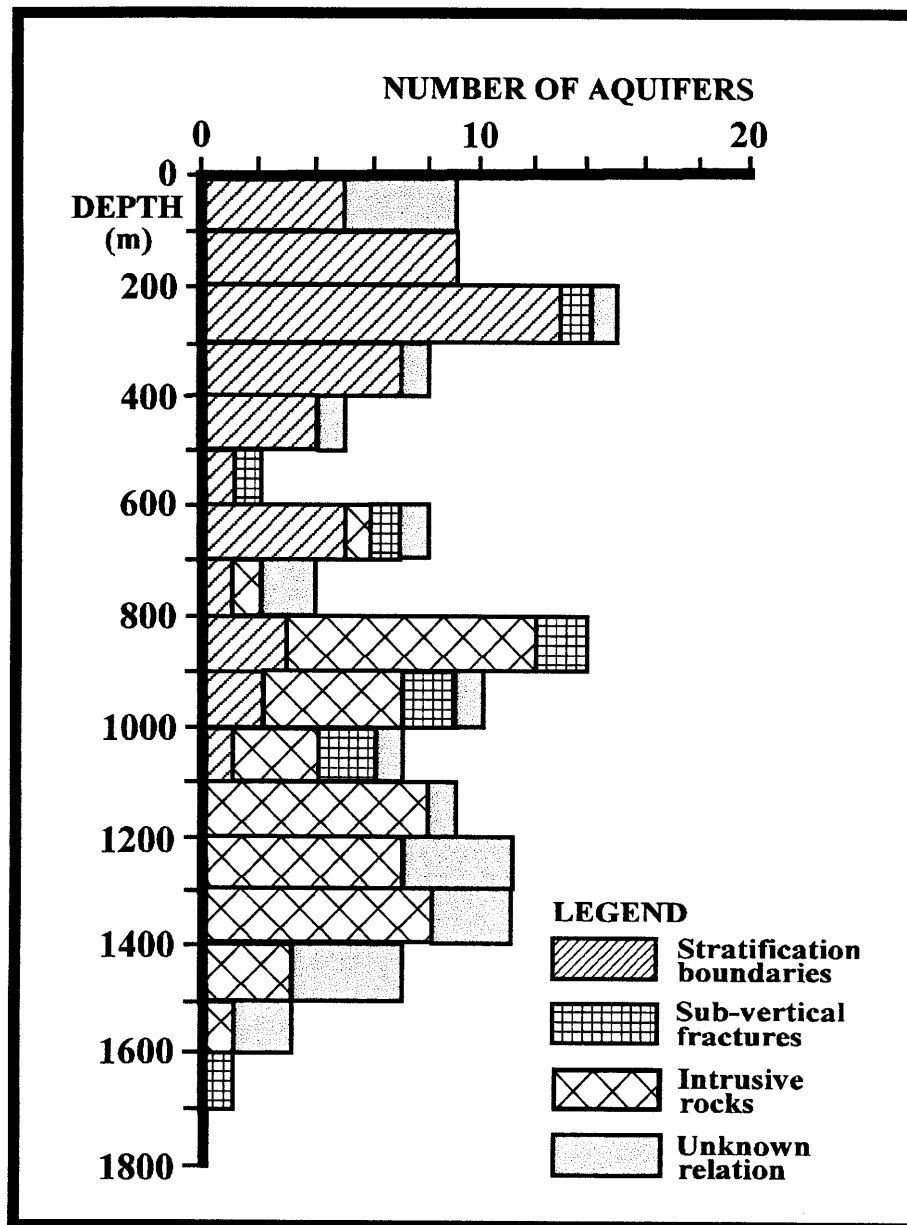
Þrýstingur á suðusvæði



Mynd 6. Áætlaður þrýstingur í suðusvæði í Svartsengi



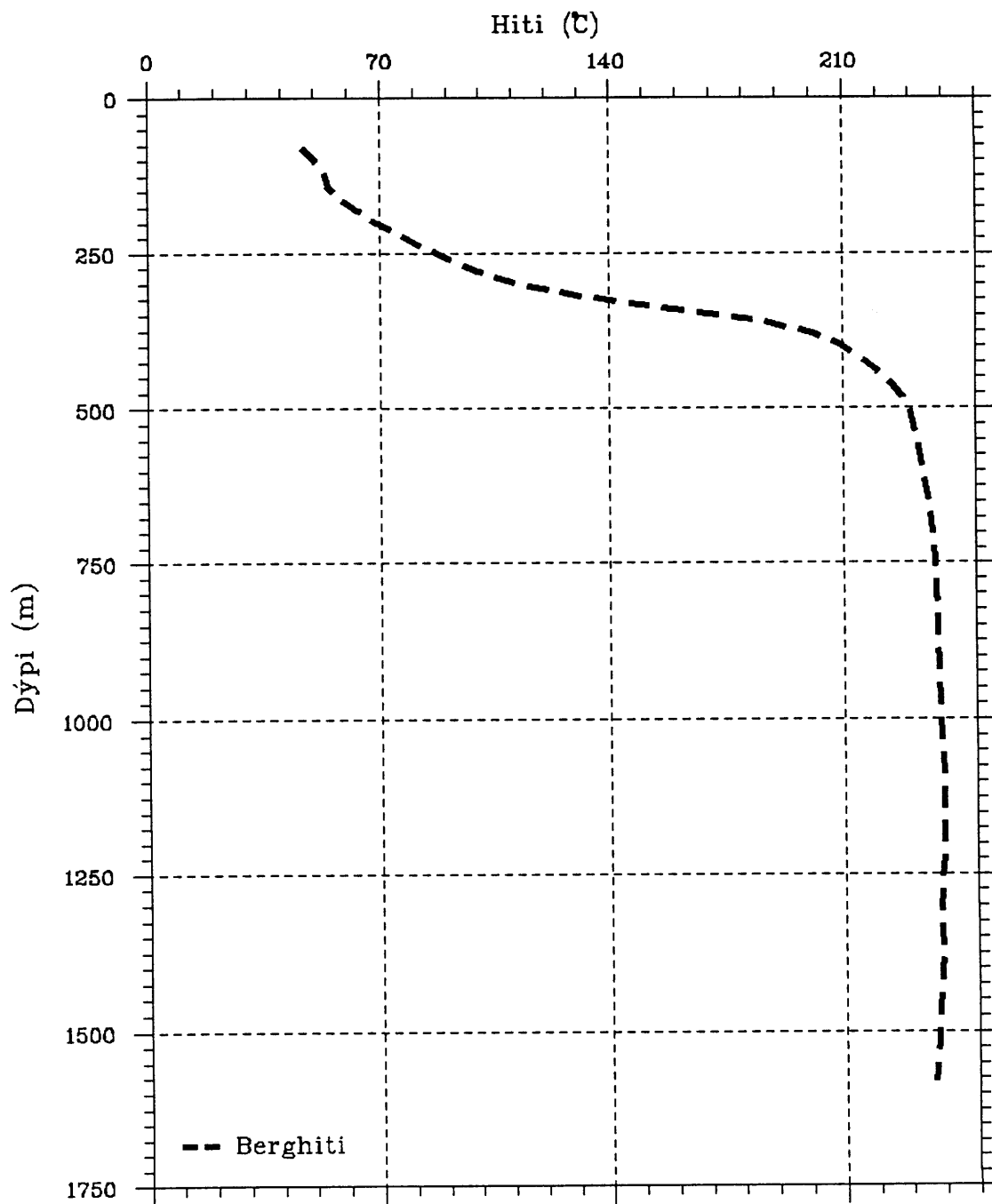
Mynd 7. Þversnið af jarðlagaskipan í Svartsengi



Mynd 8. Tengsl vatnsæða við jarðfræði á hverju 100 m dýptarbili

18 Jul 1997 hs
L= 0 Oracle

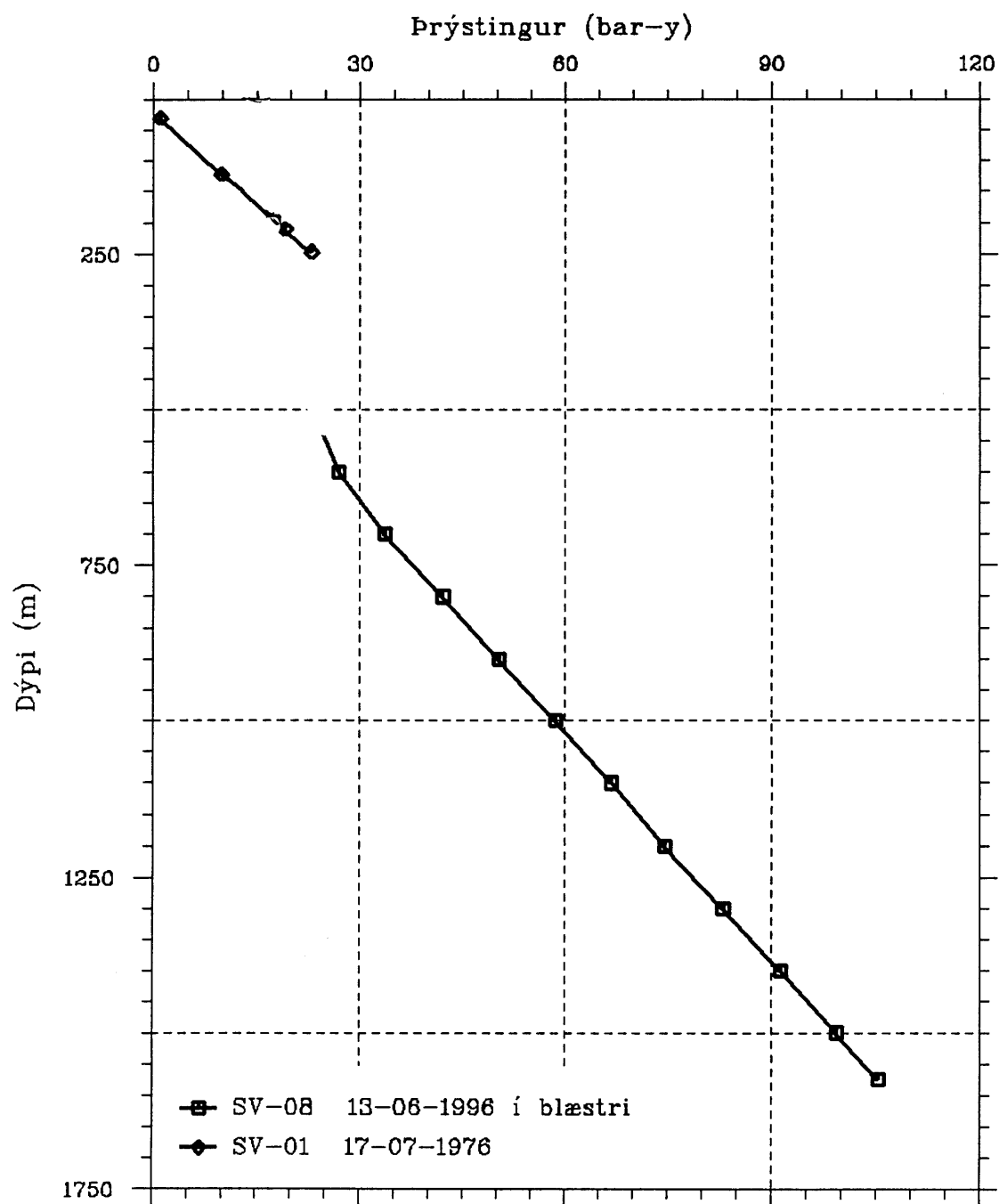
Berghiti við holu SG-8



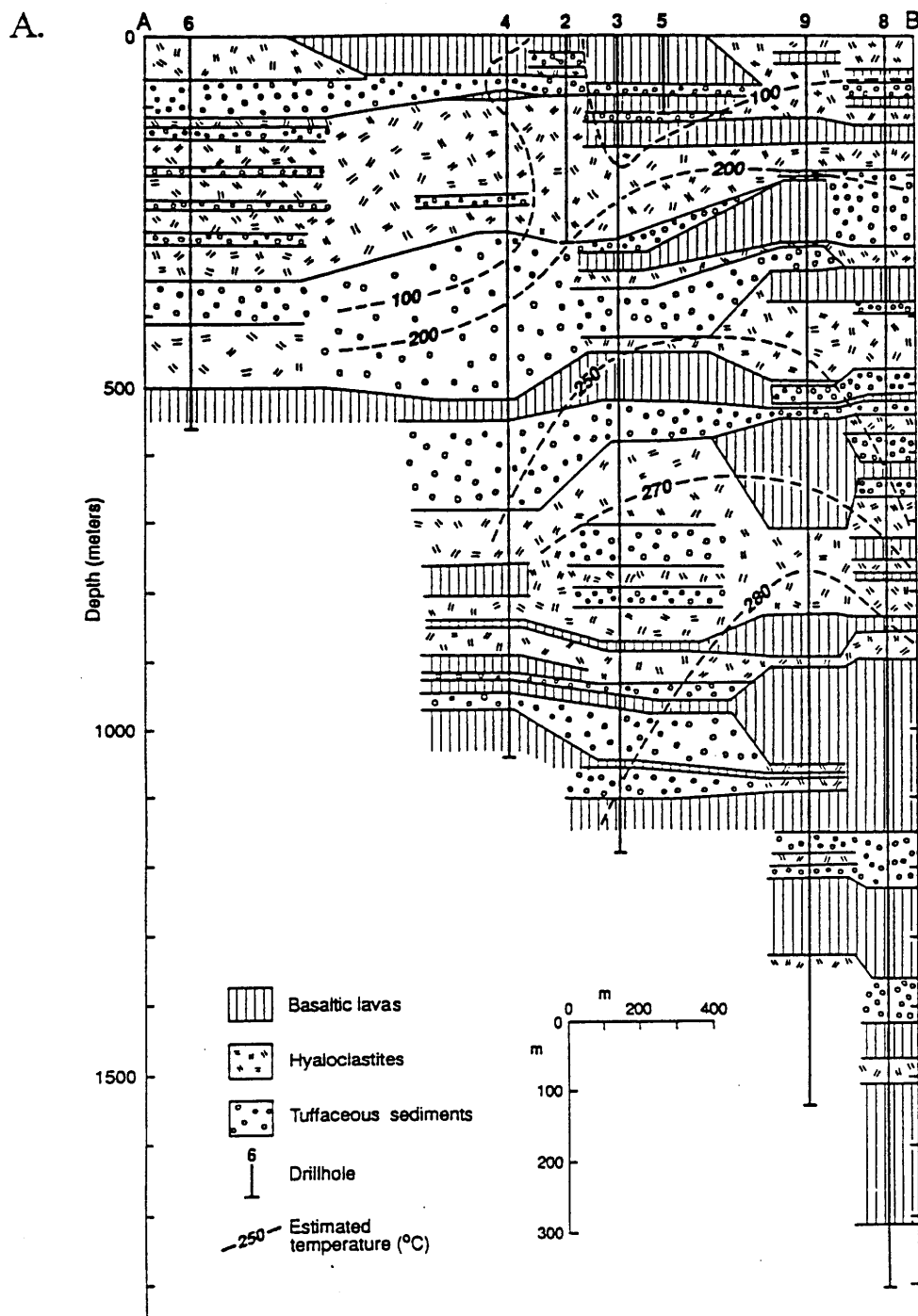
Mynd 9. Áætlaður berghiti í jarðhitakerfi í Svartsengi

18 Jul 1997 hs
Oracle

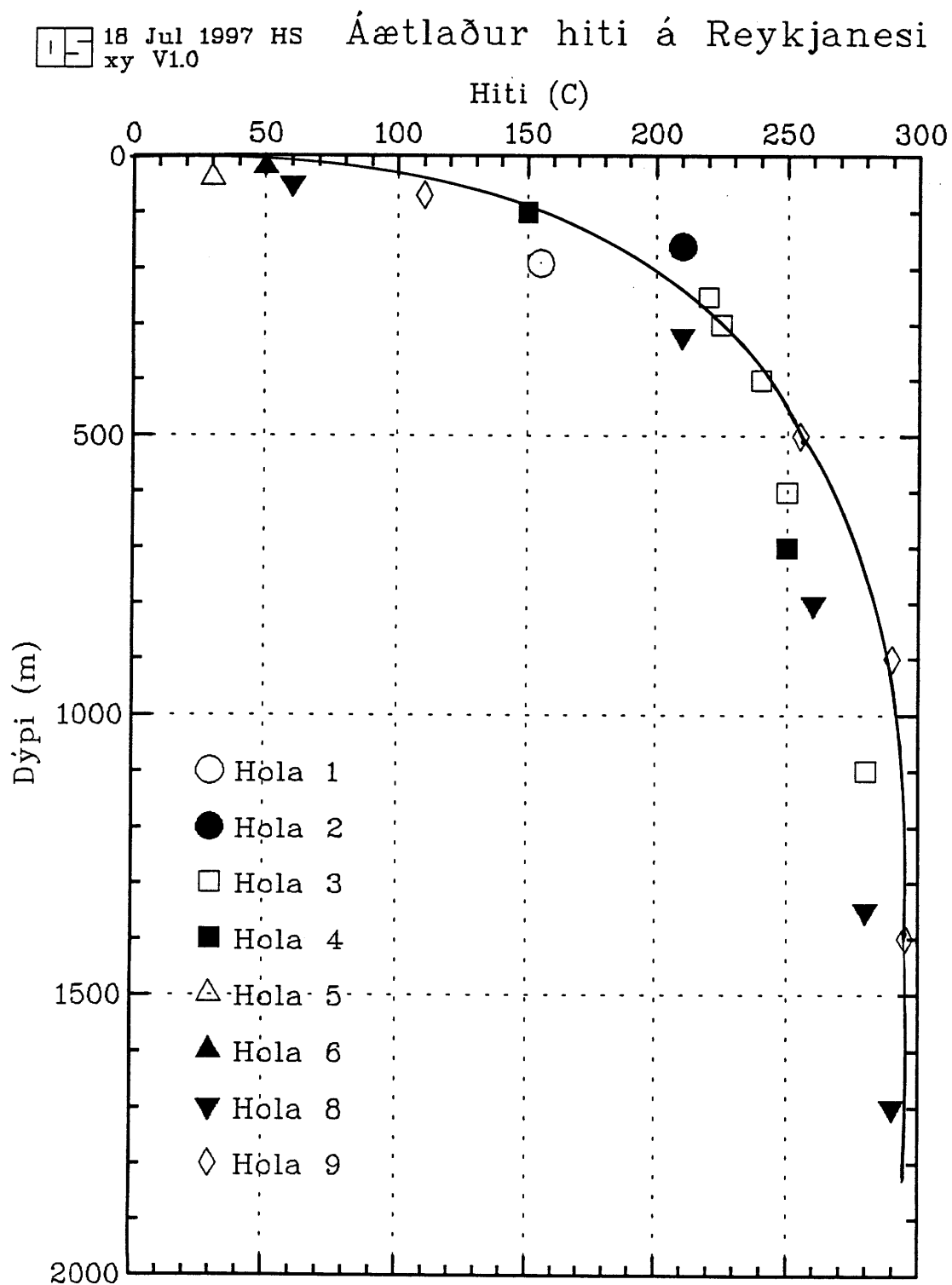
Þrýstingurvið holu SG-8



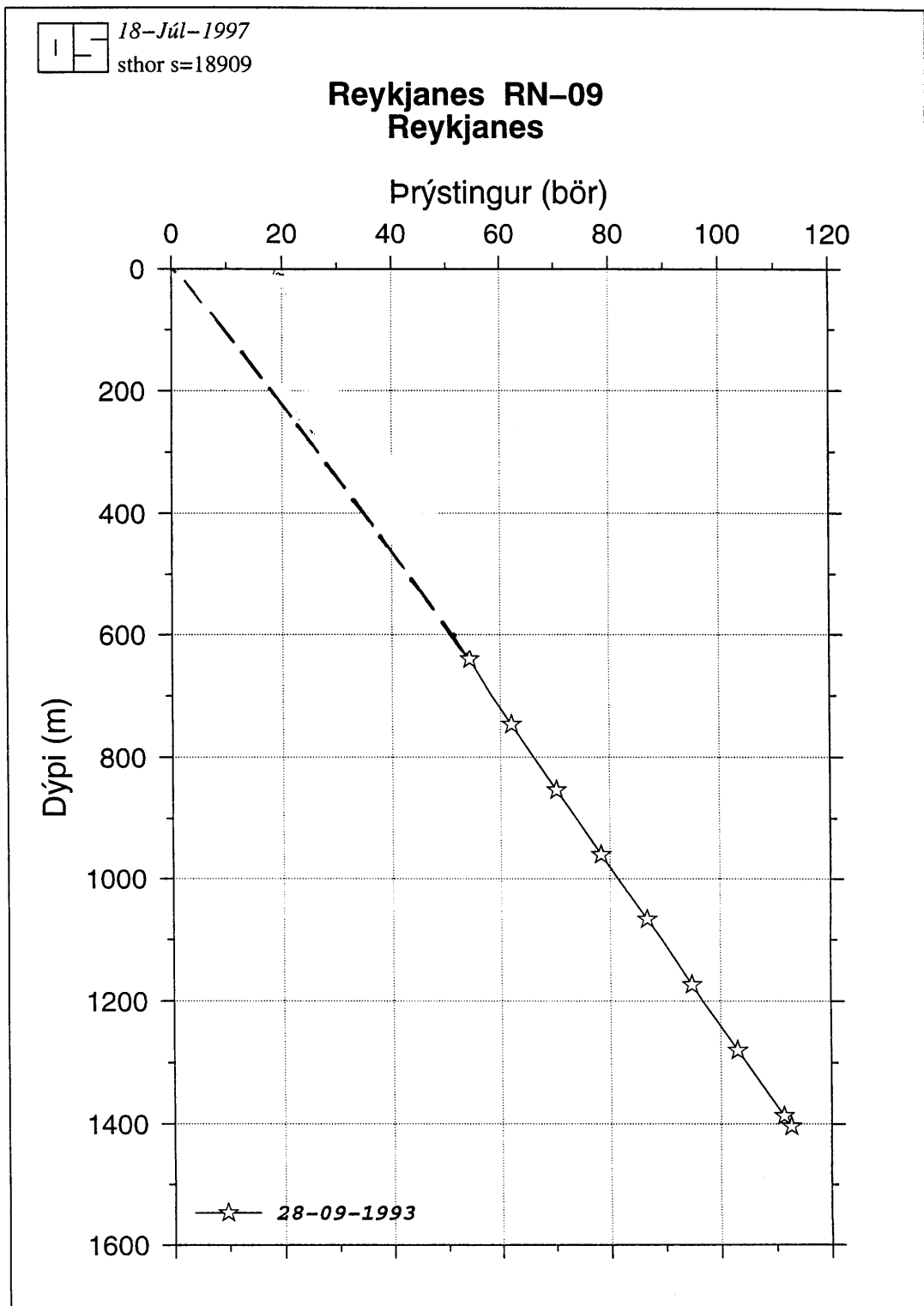
Mynd 10. Áætlaður þrýstingur í jarðhitakerfi í Svartsengi



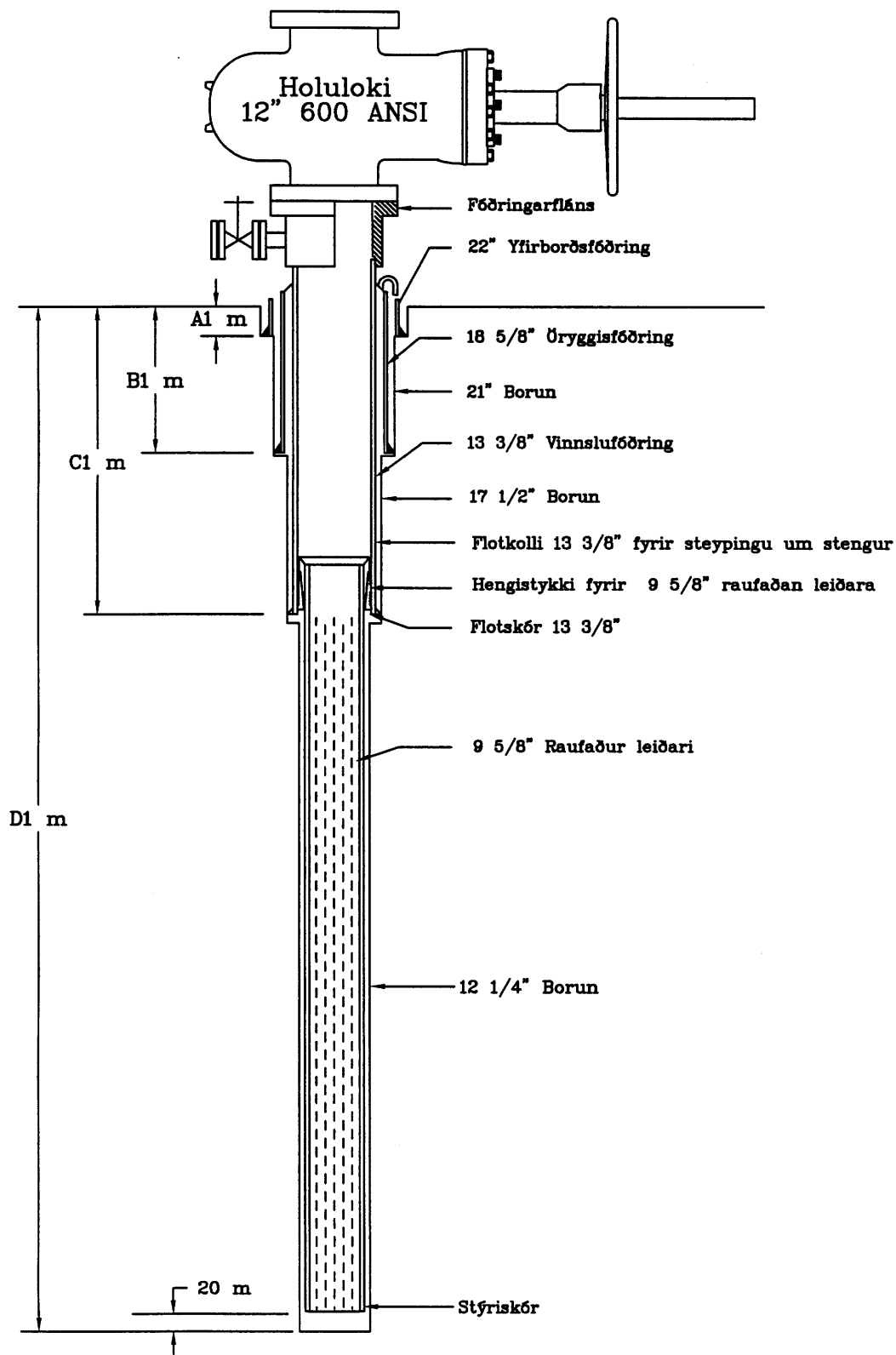
Mynd 11. Þversnið af jarðlögum á Reykjanesi



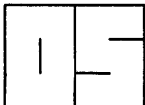
Mynd 12. Áætlaður hiti í jarðhitakerfi á Reykjanesi

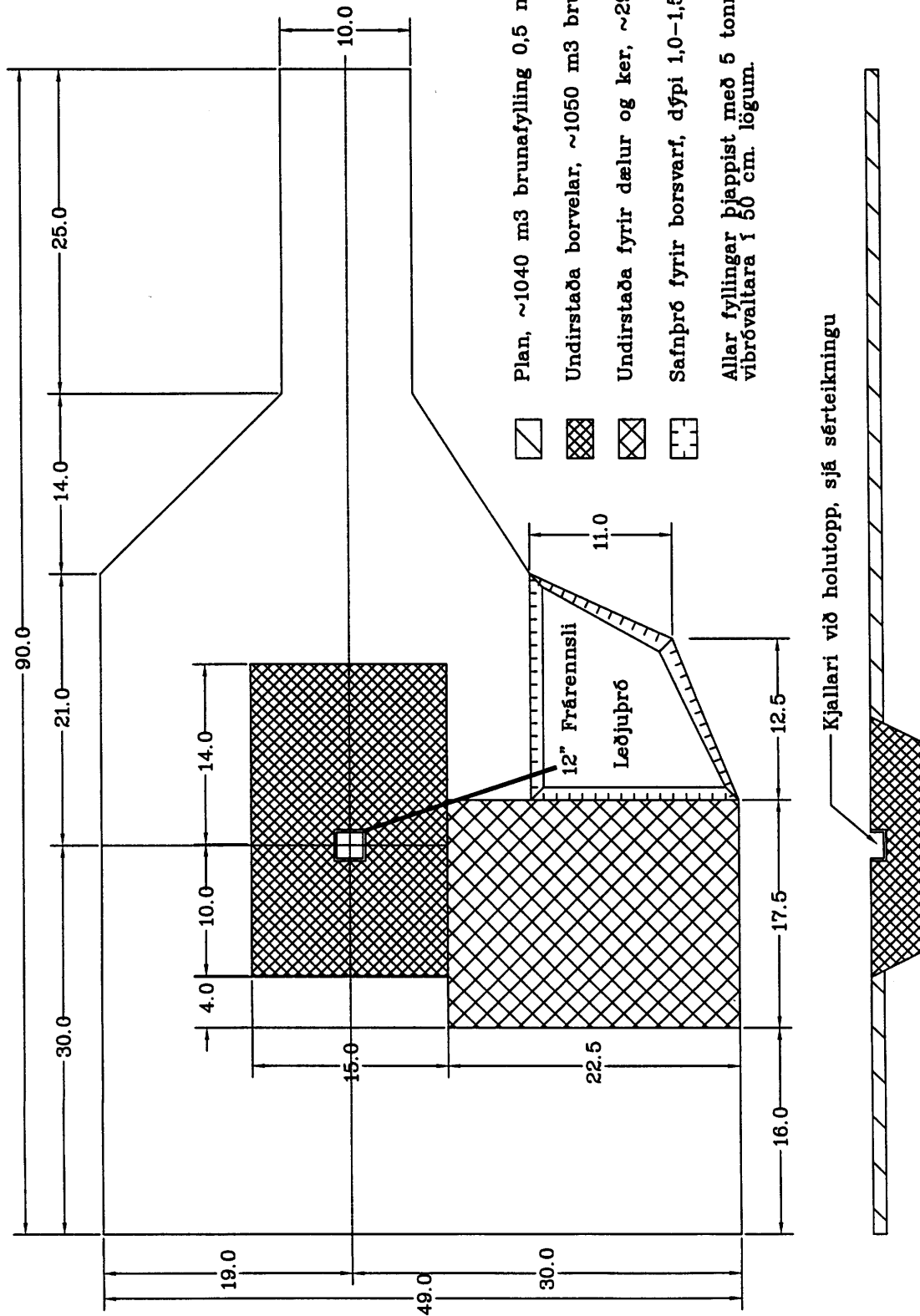


Mynd 13. Áætlaður þrýstingur í jarðhitakerfi á Reykjanesi



Mynd 14. Fóðringar í borholum á háhitasvæði

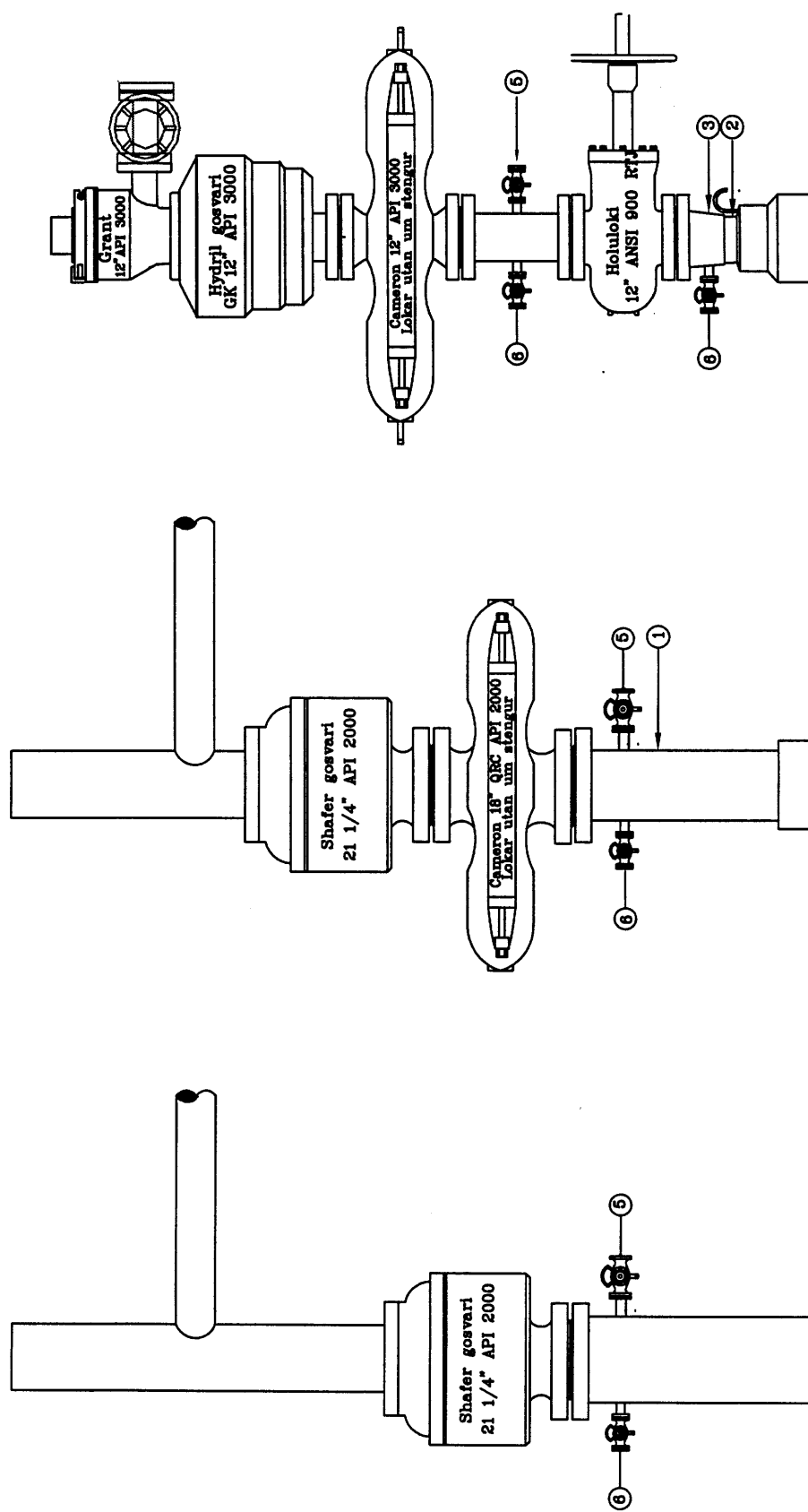
	ORKUSTOFNUN Grensásvegi 9 IS-108 Reykjavík Sími: 5696000		HITAVEITA SUÐURNESJA	
			Við vinnsluhola í Svartsengi	
Mkv.:	Hannað: SP	Dags.: 3.3.1997	Teikning nr.: HShola.dwg	Blað nr.: 2



Mynd 15. Borplan við borun háhitaholu

	SVARTSENGI - REYKJANES	
	ORKUSTOFNUN Grensásvegi 9 IS-108 Reykjavík Sími 5696000	Borplan við borun háhitaholu (fyrir borinn Jötunn)
Máv: 1:500	Skalað: SP/SLJ	Deigi: 3.3.1997
	Tekning nr.: RD-VB borplan.dwg	Blad nr.: 6

1. Afangi: Borun með 21" krönu
í 250 m dýpi
2. Afangi: Borun með 17 1/2" krönu
í 800 m dýpi
3. Afangi: Borun með 12 1/4" krönu
í 1500-2000 m dýpi



Mynd 16. Öryggisbúnaður við borun háhitaholu

6	2	Køfigariloki	3" ANSI 900
5	1	Stevpuloki	NW 100 ND 60
4	1	Holuloki	12" ANSI 900 RTJ
3	1	Fóðringarflans	13 3/8" API 3M
2	800m	Vínslufðring	K-55 13 3/8"x68 lb/ft
1	250m	Örgygistafðring	H-40 16 5/8"x87.5 lb/ft
Har:	Fýðat	Heitt	Stærð

	ORKUSTOFNUMN Íslandsregj. þ. Kringlótt Sími: 5698000	HITAVEITA SUBURNESJA Öryggisbúnaður við borun 1500-2000 m háttahóli í Svartfelli og á Reykjanesi
Kv: Hannak SÞ	Daga: 24.3.1997	Tölu nr.: ROS HSþop.dvz Stað nr.: