



Rannsóknir, borun og þrepaðæling holu 4 á
Nauteyri við Djúp

Grímur Björnsson, Gylfi Páll Hersir

Greinargerð GrB-GPH-88-02

RANNSÓKNIR, BORUN OG ÆRPAÐÆLING HOLU 4 Á NAUTEYRI VIÐ DJÚP

1. Inngangur

Hola 4 á Nauteyri var boruð með Ými fyrir Íslax hf og lauk borun 8. desember 1987. Holan er 382 m djúp. Borað var með 10" lofthamri í 62 m og fóðrað með 8". Vinnsluhlutinn er loftboraður með 6 3/4" hamri í 327 m en þá var skipt í 6 1/2" hjólakrónu og borað í 382 m. Holan var staðsett samkvæmt niðurstöðum viðnámsmælinga og jarðfræðikortlagningar. Staðsetning hennar er sýnd á mynd 1. Þar eru einnig sýndar tvær lágviðnámsprungur sem komu fram í viðnámsmælingum á Baðlaugarsvæðinu, en hola 4 er staðsett við aðra þeirra. Meginæðar holunnar eru á 327-330 m og á 360 m dýpi. Eftir borun sjálfrennur holan 7-8 l/s af rúmlega 50 °C vatni.

Um það leyti sem borun holu 4 lauk, óskaði Íslax hf eftir því við Jarðhitadeild Orkustofnunar að hún hefði eftirlit með þæpadælingu holunnar, með það að markmiði að mat fengist á afköst holunnar. Greinargerð þessi lýsir niðurstöðum þæpadælingarinnar. Einnig eru birtar hér allar tiltækar hitamælingar í holum á Nauteyri og reynt að meta út frá þeim hverjar eru rennislíðir heita vatnsins.

2. Hitamælingar og hitaþversnið

Staðsetning borhola á Nauteyri er sýnd á mynd 1. Alls hafa verið boraðar 5 holur þegar þetta er ritað. Hola 1 var boruð í október 1980 í rúmlega 580 m dýpi. Í henni myndaðist hruntappi á 94 m dýpi og var hann hreinsaður í október 1984. Sjálfrennsli í holu 1 var um 0,7 l/s og sýnir hitamæling sem gerð var í apríl 1985 að mest af sjálfrennslinu kemur úr 48 °C heitri æð á 360 m dýpi (sjá mynd 2). Hola 2 var boruð í nóvember 1984 í 622 m dýpi og fundust ekki neinar verulegar vatnsæðar í holunni. Holan var hitamæld og er mælingin sýnd á mynd 3. Vatnsborð holu 2 var á 6,3 m í nóvember 1987. Hola 3 var boruð í desember 1984 í 288 m dýpi. Sjálfrennsli mun hafa verið um 1,2 l/s. Hitamæling úr holunni er sýnd á mynd 4. Dælt er úr holu 3 og hefur vatnið úr henni kólnað niður í 34 °C frá 42 °C í upphafi dælingar.

Mynd 5 sýnir þær hitamælingar sem gerðar voru í holu 4 fyrir og eftir þæpadælinguna í desember 1987. Myndin sýnir vel æðina á 360 m, en æðin á 330 m er hinsvegar ekki áberandi. Það bendir til þess að báðar æðarnar séu jafnheitar og sæki vatn í sama kerfið. Æðarnar hitna milli mælinga, og endurspeglar það upphitnun holunnar eftir kælingu í borun. Sjálfrennsli holunnar er rétt um 50 °C heitt. Hola 5 var boruð í desember 1987 á syðra laugasvæðinu, um 20 m austar en hola 2. Holan er 229 m djúp og hitti ekki á vatnsæðar. Engin hitamæling er til í holunni.

Mynd 6 sýnir hitaþversnið gegnum nyrðra svæðið á Nauteyri (Baðlaugarsvæðið). Niðurstöður mælinga úr holum 1 og 3 hafa verið sameinaðar og eru gildi ofan 360 m úr holu 3 en úr holu 1 þar fyrir neðan. Þá hafa vatnsæðar sem holurnar skáru verið merktar inn á myndina og eins lágviðnámsprungurnar tvær. Ekki er vitað hversu djúpt í jörðina sprungurnar ná. Jarðlög á Nauteyrarsvæðinu eru með um 5° austlægum halla og eru sprungurnar á myndinni teiknaðar með þeim halla. Tekið var tillit til þeirra við gerð hitasniðsins. Hafa ber í huga að þegar mæligögn eru ekki meiri en hér um ræðir er alltaf vafamál hvernig réttast sé að tengja jafnhitalínur. Mynd 6 sýnir því einungis líklegt hitaþversnið en ekki endilega það eina rétta.

Áberandi er hve svæðið hitnar í átt að holu 4, og einnig að hiti er viðsnúinn í holu 1. Það bendir ákveðið til láréttis rennslis í nágrenni hola 1 og 3, annaðhvort eftir lágviðnámsprungunni sem holar 1 og 3 skera, eða að vatn rennur lárétt frá uppstreymisrás holu 4 að holum 1 og 3. Skera má úr um hvor kosturinn er líklegri með svarfgreiningu, og hugsanlega einnig með dæluþrófun.

3. Þæpadæling holu 4

3.1 Framkvæmd

Þæpadæling holu 4 var framkvæmd í borlok með því að blása lofti niður um stangir Ýmis. Var stangarendinn færður niður í þæpum (10, 20, 30 og 50 m). Vatnsborð holunnar var mælt í

lok hvers þreps og einnig jöfnun vatnsborðsins að dælingunni afstaðinni. Þá var holan hitamæld strax eftir loftdælinguna. Á yfirborði var mælt rennsli um V-laga spjald, hitinn á dæluvatni, þrýstingur á loftinu sem blásið var niður um stangirnar og vatnsborð í holu 3.

3.2 Niðurstöður

Tafla 1 sýnir öll þau gögn sem safnað var samhliða þrepaðælingunni. Úr þessari töflu er unnin mynd 7, sem sýnir dælingu úr holu 4 með tíma. Áberandi er að mjög dregur úr rennsli eftir því sem líður á þrepin. Það er vísbending um að niðurdráttur muni vaxa eitthvað með tíma og dælingu. Ómögulegt er hinsvegar að spá um niðurdráttinn út frá fyrirbyggjandi gögnum.

Mynd 8 sýnir síðan afkastaferil holunnar, miðað við það þrýstiástand sem ríkti í æðunum tveimur við borlok. Við gerð myndarinnar var dælingarmagnið í lok hvers þreps notað sem mælikvarði á gæfni holunnar. Hinsvegar var ekki unnt að mæla nákvæmlega niðurdráttinn í hverju þrepi, og þarf því að meta innan hvaða marka niðurdrátturinn var. Hámark niðurdráttarins er þá endi borstrengs í hverju þrepi. Lágmark niðurdráttar er hinsvegar túlkað út frá vatnsborðsmælingum í lok hvers þreps að frádreginni þeirri vatnsborðshækkun sem ætla má að verði frá því að þrepi lýkur og þar til raunverulegt vatnsborð er mælt. Þessi tími er innan við ½ mínúta og hækkunarhraði vatnsborðs holu 4 er 5-10 m á mínútu.

Mynd 8 er teiknuð með þessa mælióvissu í huga. Hinn raunverulegi niðurdráttur í dæluþrófinu er þá innan skyggða svæðisins. Ekki var mældur lokunarþrýstingur holu 4. Réði þar mestu að borstjóra Ýmis þótti óráðlegt að loka holunni sökum frágangs á toppi. Líklegt er að þessi þrýstingur sé um 1 bar, samanber mynd 8.

3.3 Jöfnun holu 4

Þegar þrepaðælingunni lauk, var mæld jöfnun vatnsborðs í holu 4. Steig það um rúma 30 m á aðeins 4 mínútum. Það bendir til þess að skammtímaáhrif þrepaðælingarinnar á sjálft jarðhitakerfið hafi verið lítil.

3.4 Áhrif dælingar á aðrar holur

Vatnsborð holu 3 var mælt áður en dæling hófst í holu 4, og síðan aftur í lok dælingar. Ekki var nein breyting mælanleg (tafla 1). Þó ber að hafa í huga að mælinákvæmnin var aðeins 1 m. Fyrstu áhrif dælingar úr holu 4 á holu 3 eru því

ekki stórvægileg.

4. Vinnslueiginleikar holu 4 í samanburði við fyrri holur

Hér að neðan er sýnd núverandi dæling úr holum 1 og 3 á Nauteyri (Engilbert Ingvarsson, munnlegar upplýsingar). Auk þess er sýnt það magn sem ætla má að hola 4 gefi við 35-45 m niðurdrátt.

Hola númer	Hitastig (°C)	Vatnsborð (m)	Dæling (l/s)
1	47	40-50	16
3	34	22	5
4	50	35-45	15

Eins og sjá má eru vinnslueiginleikar holu 4 ívið hagstæðari holu 1, en margfalt betri en holu 3. Raunar er svo mikill munur á, að sjálfgert virðist að virkja holu 4 með dæluunni úr holu 3, ef því verður við komið.

5. Hugsanlegar framhaldsrannsóknir

Nauðsynlegt er að fylgjast náið með vinnslueiginleikum borholanna á Nauteyri með því að skrá reglulega hitastig, toppþrýsting og/eða vatnsborð og dælingu hverrar holu fyrir sig. Aftast í greinargerðinni er eyðublað sem verkkaupi getur ljósritað til slíkra nota.

Æskilegt væri að greina svarf úr holunum 5 sem boraðar hafa verið á Nauteyri. Með því má sjá hvort æðar og jarðlög einstakra hola tengjast og þar með fá skýrari mynd af rennslisleiðum heita vatnsins.

Staðsetning viðnámsmælinga á Nauteyri er sýnd á mynd 9 en niðurstöður verða birtar fljótlega í skýrslu Orkustofnunar um rannsóknir á jarðhita og ferskvatni til fiskeldis við innanvert Ísafjarðardjúp. Við túlkun mælinganna frá Nauteyri vaknaði sú spurning hvort viðnámsmælingunni á syðra laugasvæðinu liggja samsíða hugsanlegri lágviðnámsþrungu. Ef svo er, kemur slík lágviðnámsþrungu alls ekki fram í mælingunum. Úr því má skera með því að mæla nýjar viðnámslínur, þvert á þær fyrri.

Niðurstöður viðnámsmælinga á nyrðra svæðinu sýna tilvist tveggja lágviðnámsþrungu (sjá mynd 1). Það er athyglisvert að vestari sprungan stefnir í jarðhitann við Hafnardsá. Fróðlegt væri að rekja sprungurnar til norðurs og athuga hvort þær tengist aðurnefndum jarðhita.

Sá arður sem verkkaupi hefur af ofantöldum

rannsóknnum og samantekt eldri gagna verður tvíþættur. Annarsvegar eykst þekking á eðli og eiginleikum jarðhitans á Nauteyri. Hinsvegar getur sú vitneskja skilað sér í staðsetningu og borun hola sem gefa á móta afl í sjálfrennsli og hola 4. Slíkar holur greiða upp borkostnað sinn á skömmum tíma í lágum rekstrarkostnaði.

6. Samandregnar niðurstöður

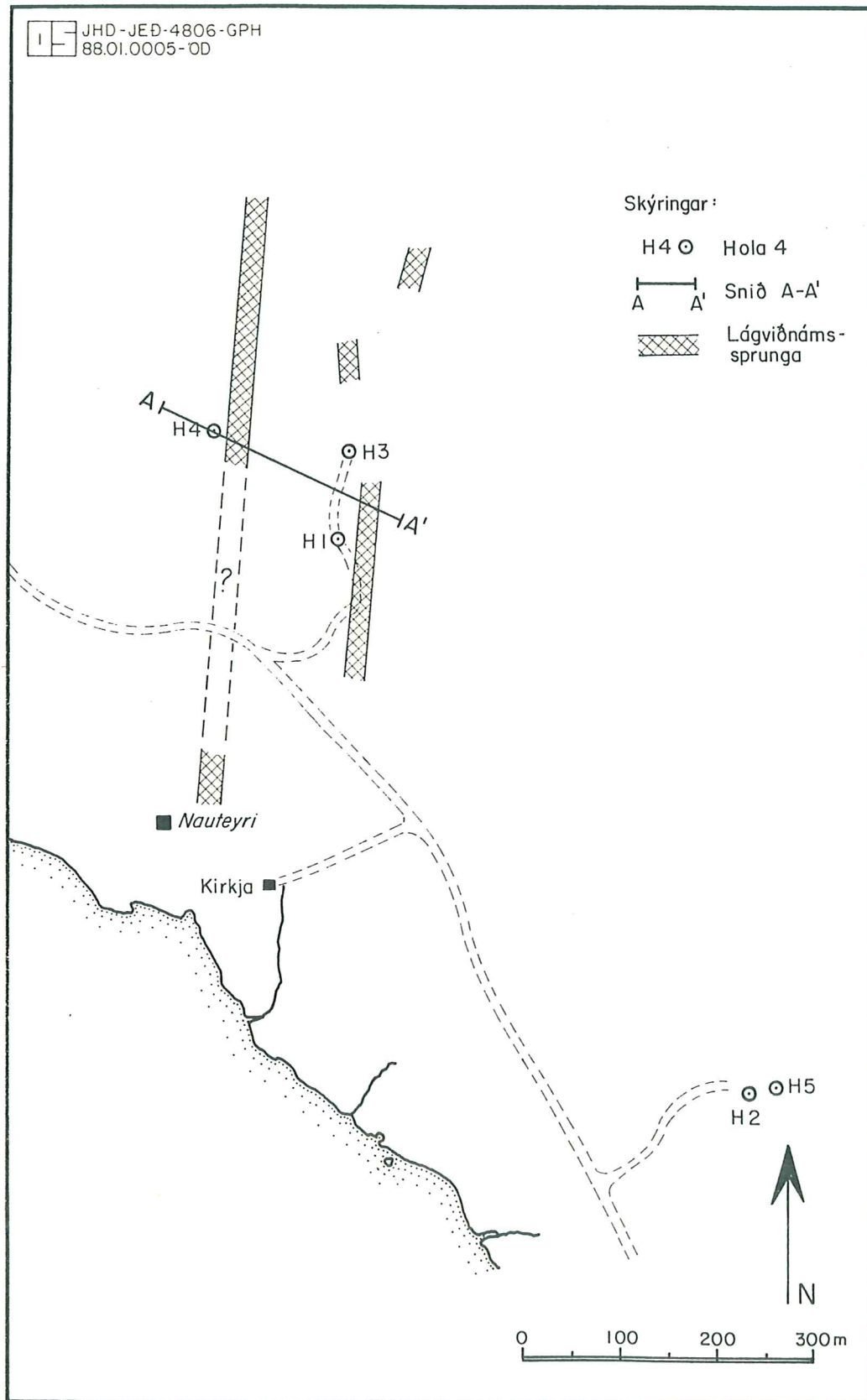
Niðurstöður rannsókna og borana á Nauteyri 1987 má draga saman í eftirfarandi.

1. Viðnámsmælingar sýna að tvær lágviðnámsprungur liggja um nyrðra laugasvæðið. Holur 1 og 3 skera aðra sprunguna, en nýrri holu, holu 4, var valinn staður þannig að hún skæri hina lágviðnámsprunguna.
2. Ekki fundust nein merki um lágviðnámsprungu á syðra laugasvæðinu, með þeirri stefnu mællína sem notuð var.
3. Hola 4 var boruð í nóvember og desember 1987 og hitti á góðar vatnsæðar. Hún sjálfrennur um 7-8 l/s af 50 °C vatni. Vatnið kemur úr æðum á 330 og 360 m dýpi.
4. Í skammtímadælingu má ná allt að 15-18 l/s miðað við 35-50 m niðurdrátt. Óvíst er hvort holan heldur þessu magni í langtímadælingu.
5. Með hliðsjón af því að hola 4 er mjög gæf miðað við aðrar holur á Nauteyri, er sjálfsagt að virkja hana með djúpdælu, t.d. með dælunni úr holu 3. Þegar dæla er komin í holu 4 má áætla langtímaviðbrögð holunnar ef verkkaupi óskar.
6. Nauðsynlegt er að fylgjast með hvort vinnslueiginleikar borholanna á Nauteyri breytast með tíma. Þá væri æskilegt að greina svarf úr holunum, viðnámsmæla enn frekar og freista þess að fá fram heildarmynd af jarðhitasvæðinu með samantekt allra gagna.

Reykjavík, 20 janúar, 1988
Grímur Björnsson
Gylfi Páll Hersir

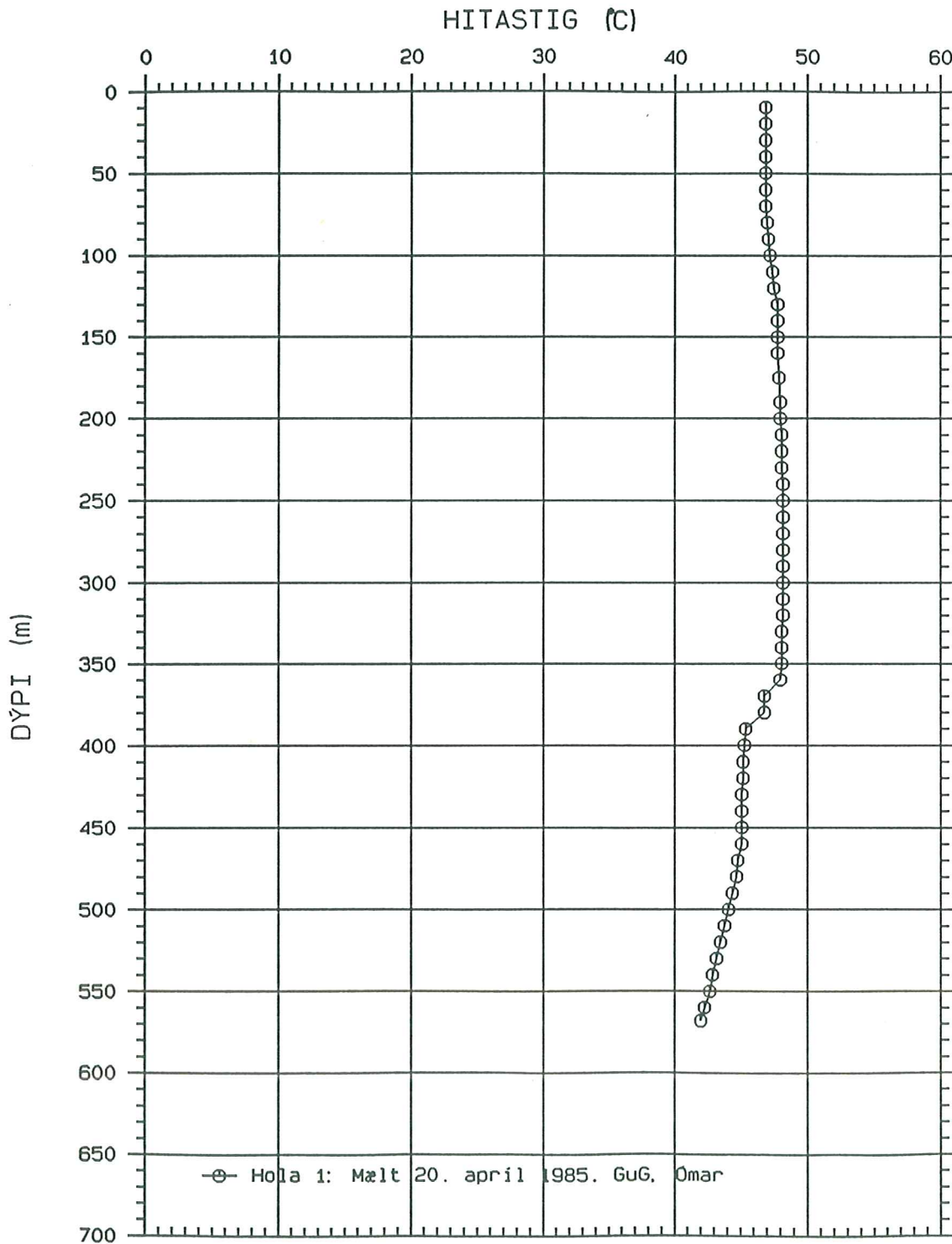
TAFLA 1: Preparaþrófun holu 4, Nauteyri

Tími	Dæling l/s	Vatnsborð(m)	Loffþrýstingur(bar-y)	Athugasemdir
13:00		0.0	0.0	Borun lokið, sjálfrennsli 6½ l/s
14:50	11			Prep 1 - stangir á 10 m
15:00	11			
15:15	11			
15:35	11			Dælingu lýkur
15:36	0	8		
15:38		0.0		Sjálfrennsli hefst
15:44				Vatnsborð á 22 m í holu 3
15:48	14		3.2	Prep 2 - stangir á 20 m
16:02	12		3.2	
16:10	12		3.2	
16:22	12		3.1	
16:32			0.0	Dælingu lýkur
16:32½		15		
16:36				Prep 3 - stangir á 30 m
16:38	15		3.4	
16:49	14		3.35	
17:00	13		3.35	
17:05	13		3.35	Dælingu lýkur
17:05½		21		
17:08	1	0.0		Sjálfrennsli hefst
17:11				Prep 4 - stangir á 50 m
17:13	20		4.2	
17:21	17		4.1	
17:37	16		4.1	
17:50	16		4.1	
18:05	15		4.1	Hola 3 óbreytt (22 m), dæling 5 l/s
18:16				Dælingu lýkur
18:16¼		31.5		Jöfnun mæld
18:17½		20.0		
18:18½		10.0		
18:19½		5.0		
18:20½	1	0.0		Sjálfrennsli hefst

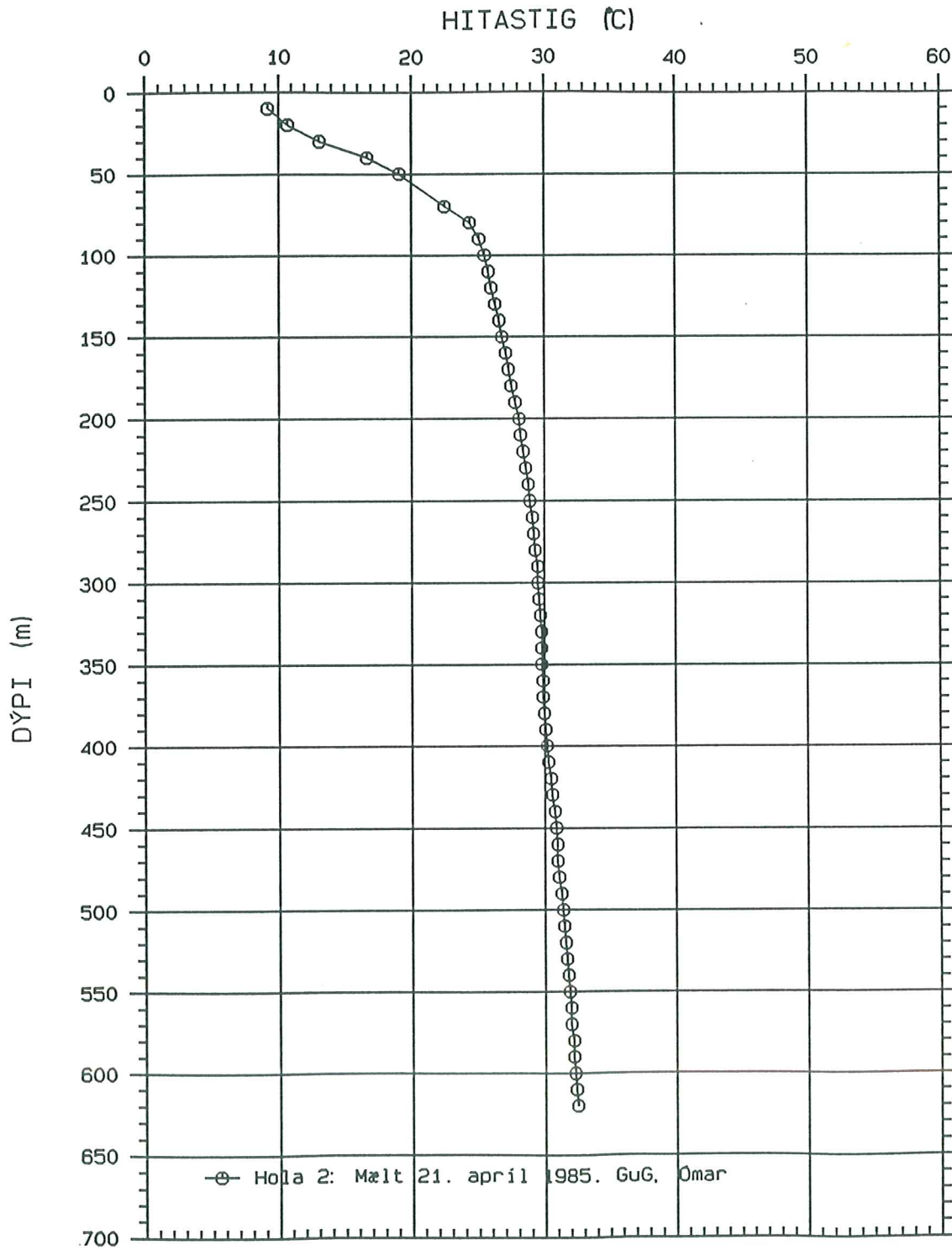


Mynd 1: Staðsetning borhóla, hitaþversniðs og lágviðnáms-sprungna

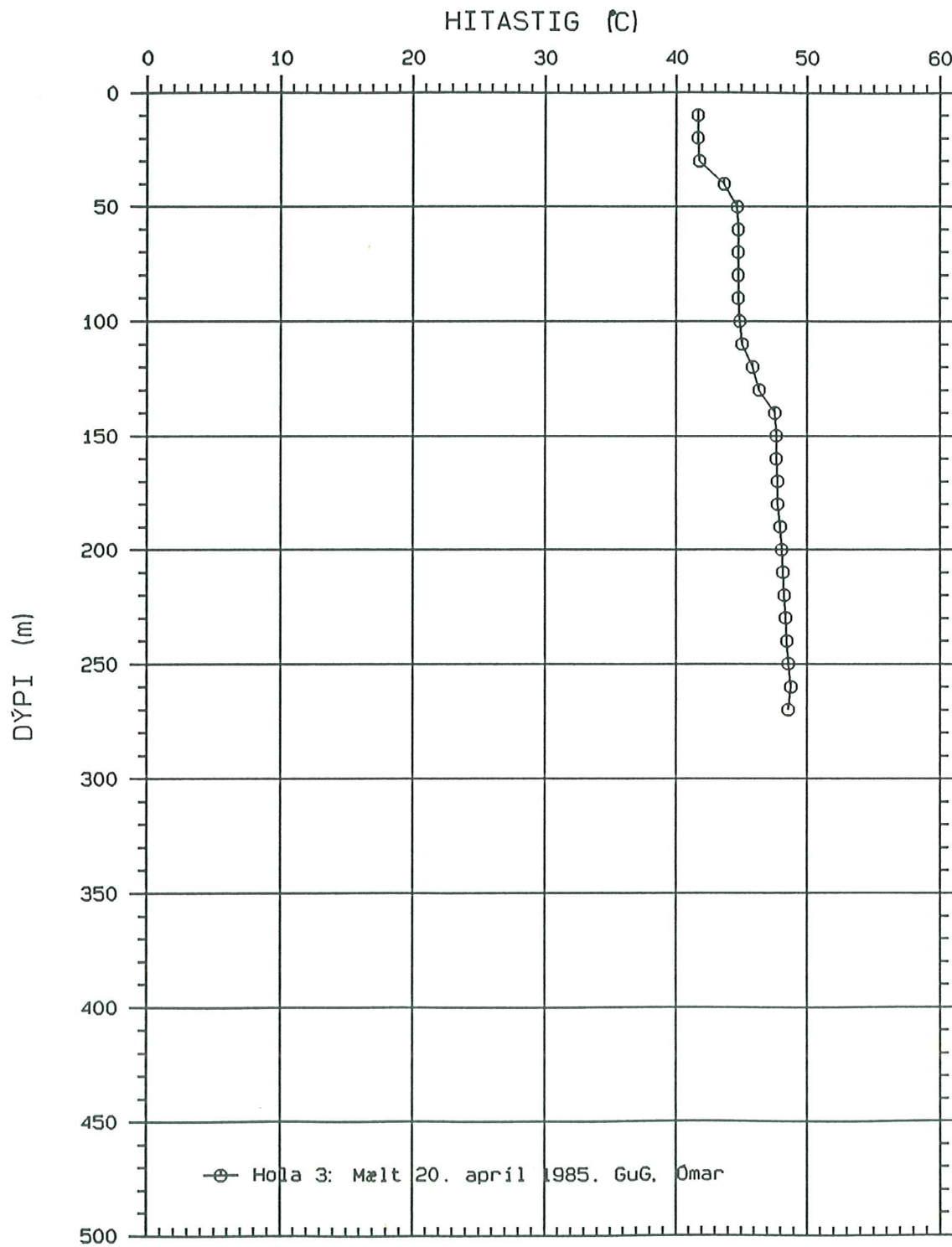
NAUTEYRI HITAMÆLING HOLU 1



Mynd 2: Hitamæling holu 1

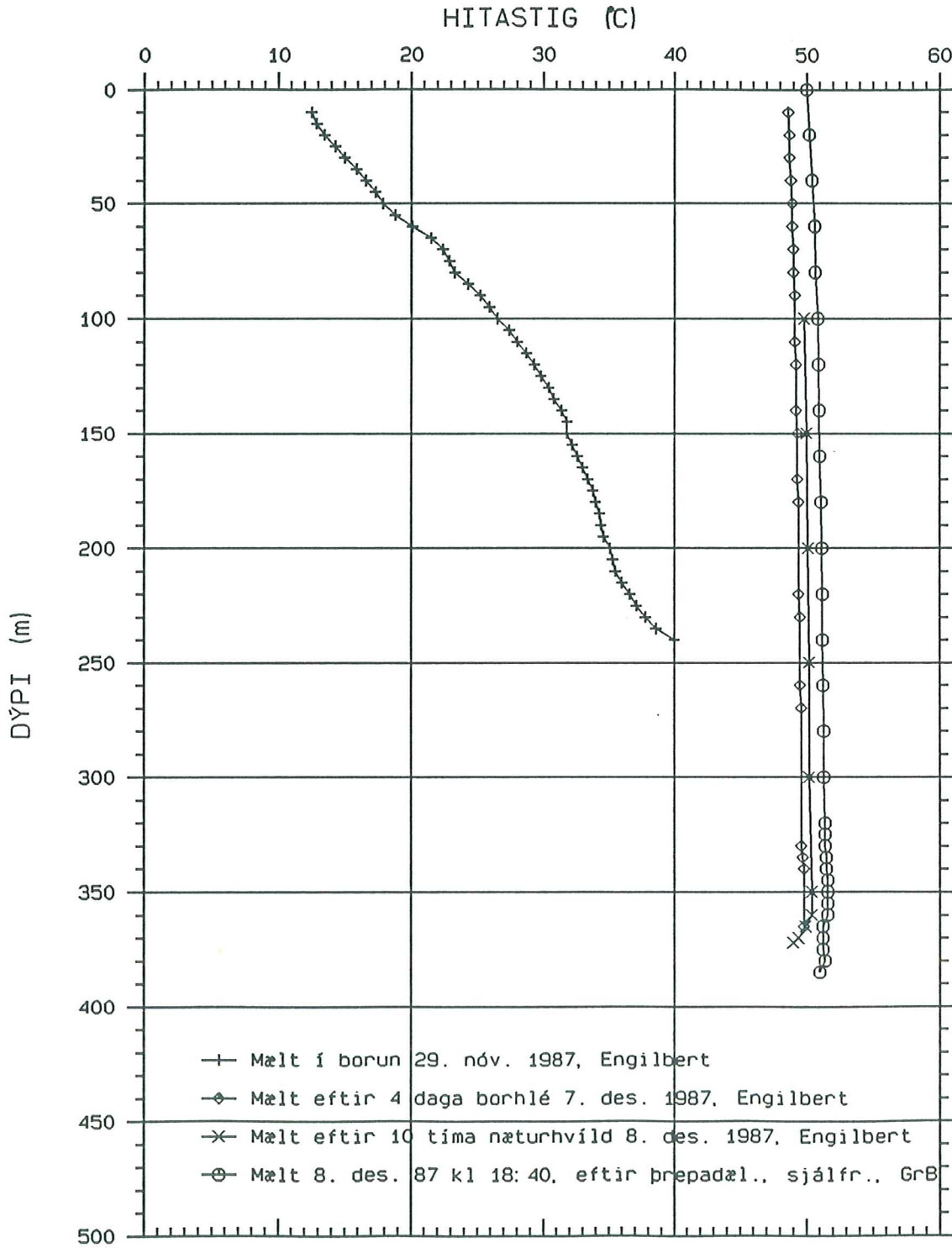
NAUTEYRI
HITAMÆLING HOLU 2

Mynd 3: Hitamæling holu 2

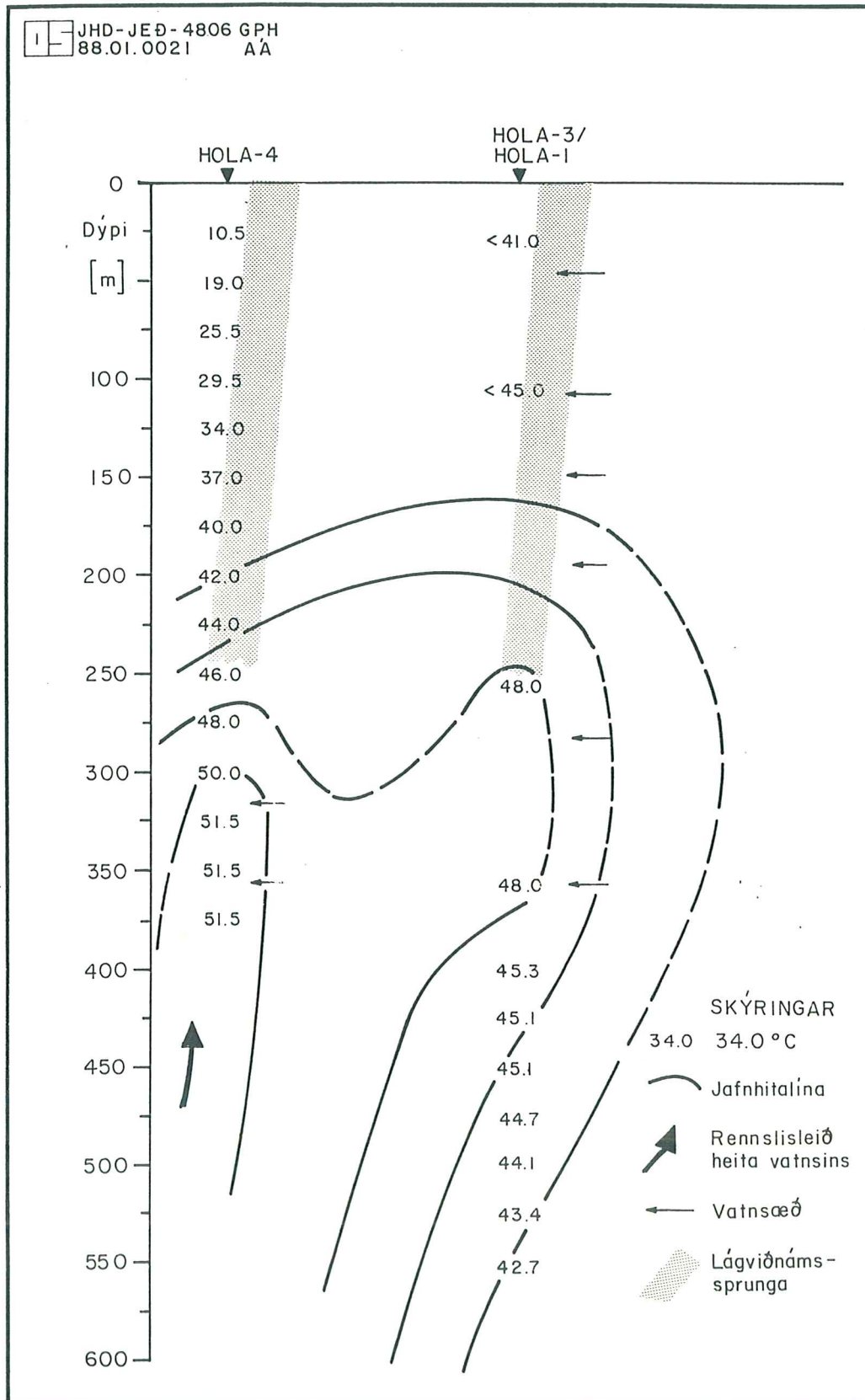
NAUTEYRI
HITAMÆLINNG HOLU 3

Mynd 4: Hitamæling holu 3

NAUTEYRI HITAMÆLINGAR HOLU 4



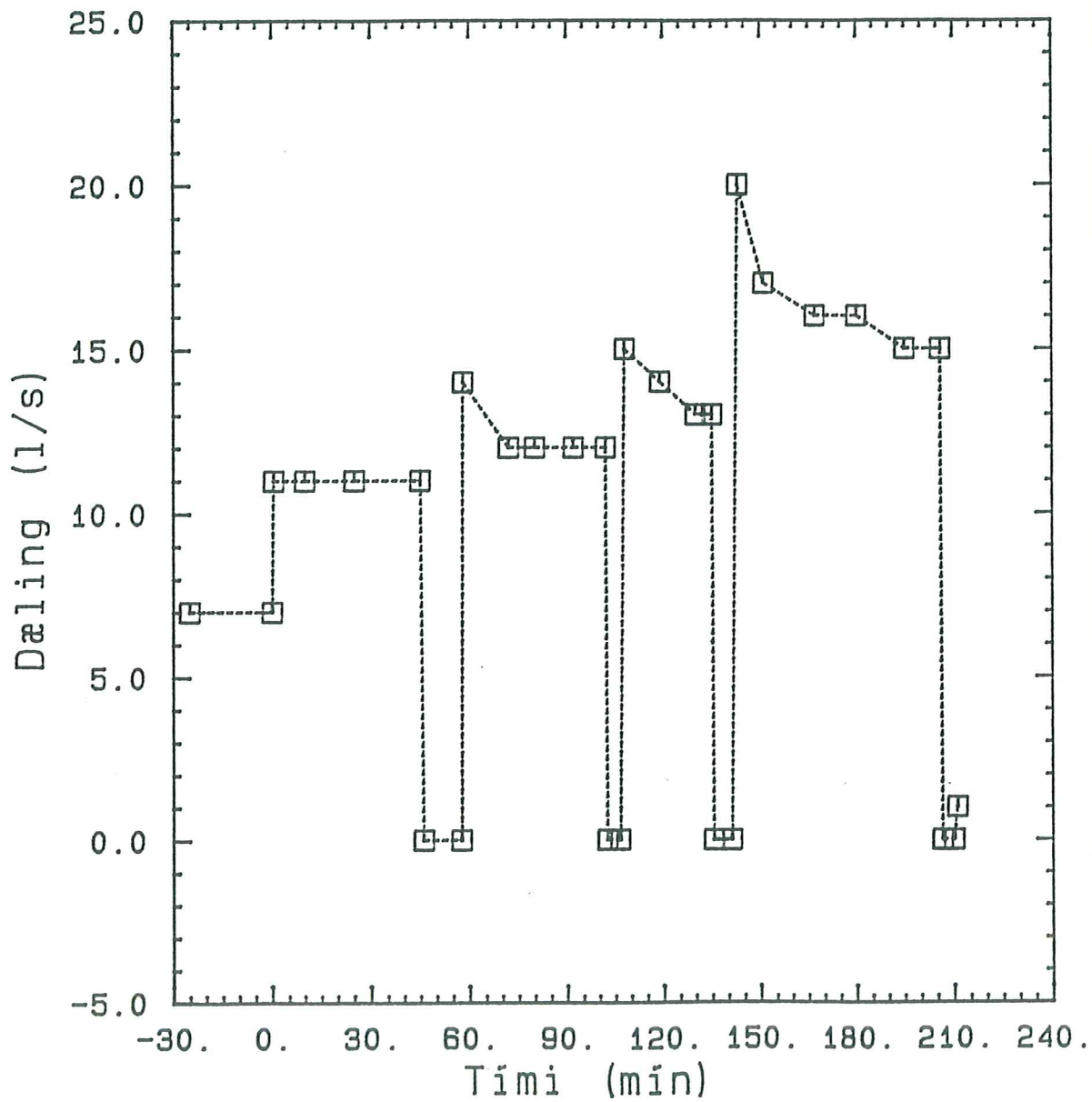
Mynd 5: Hitamælingar holu 4



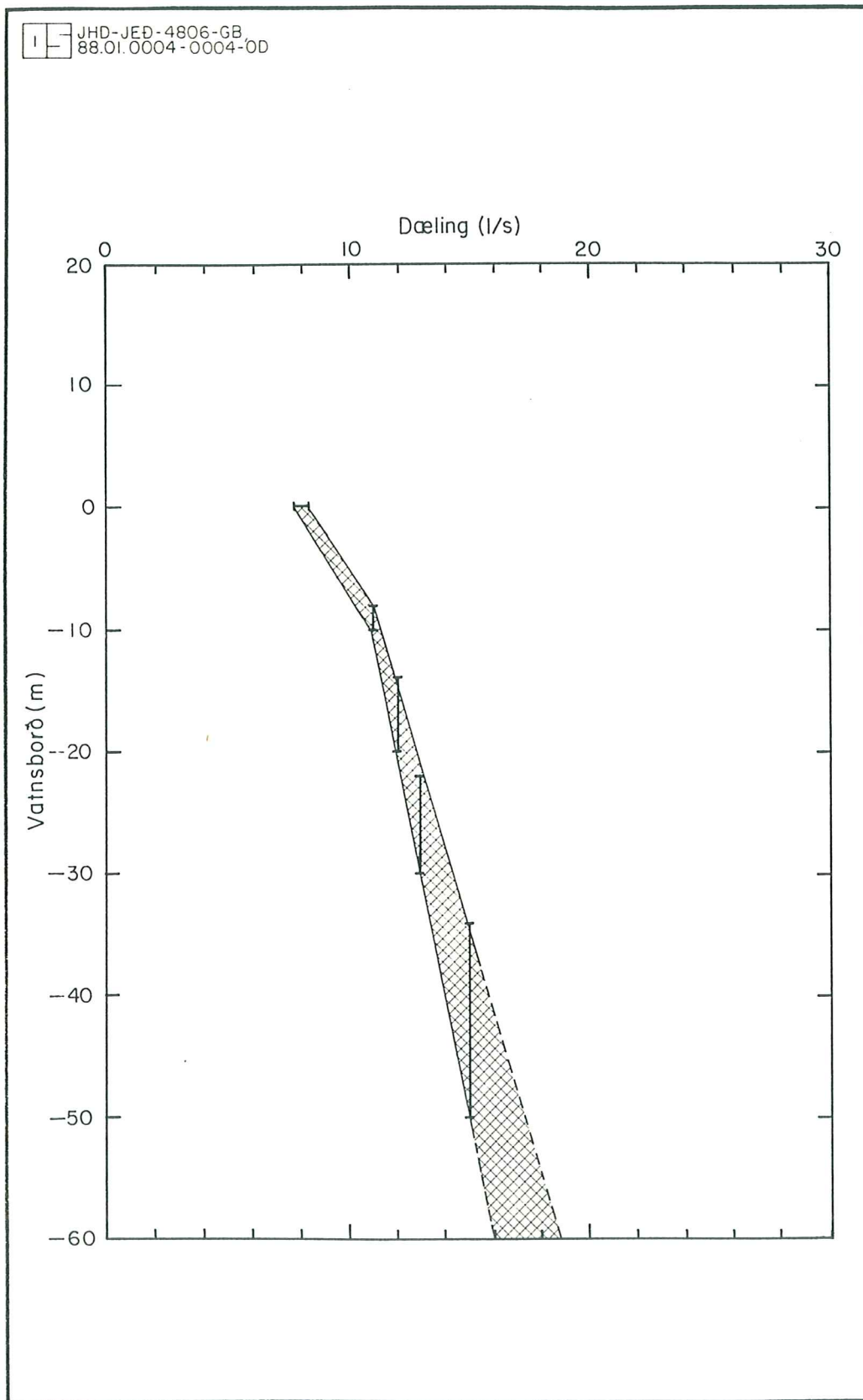
Mynd 6: Hitapversnið af nyrðra laugasvæðinu (staðsetning sniðsins er sýnd á mynd 1)

Nauteyri - Hóla 4

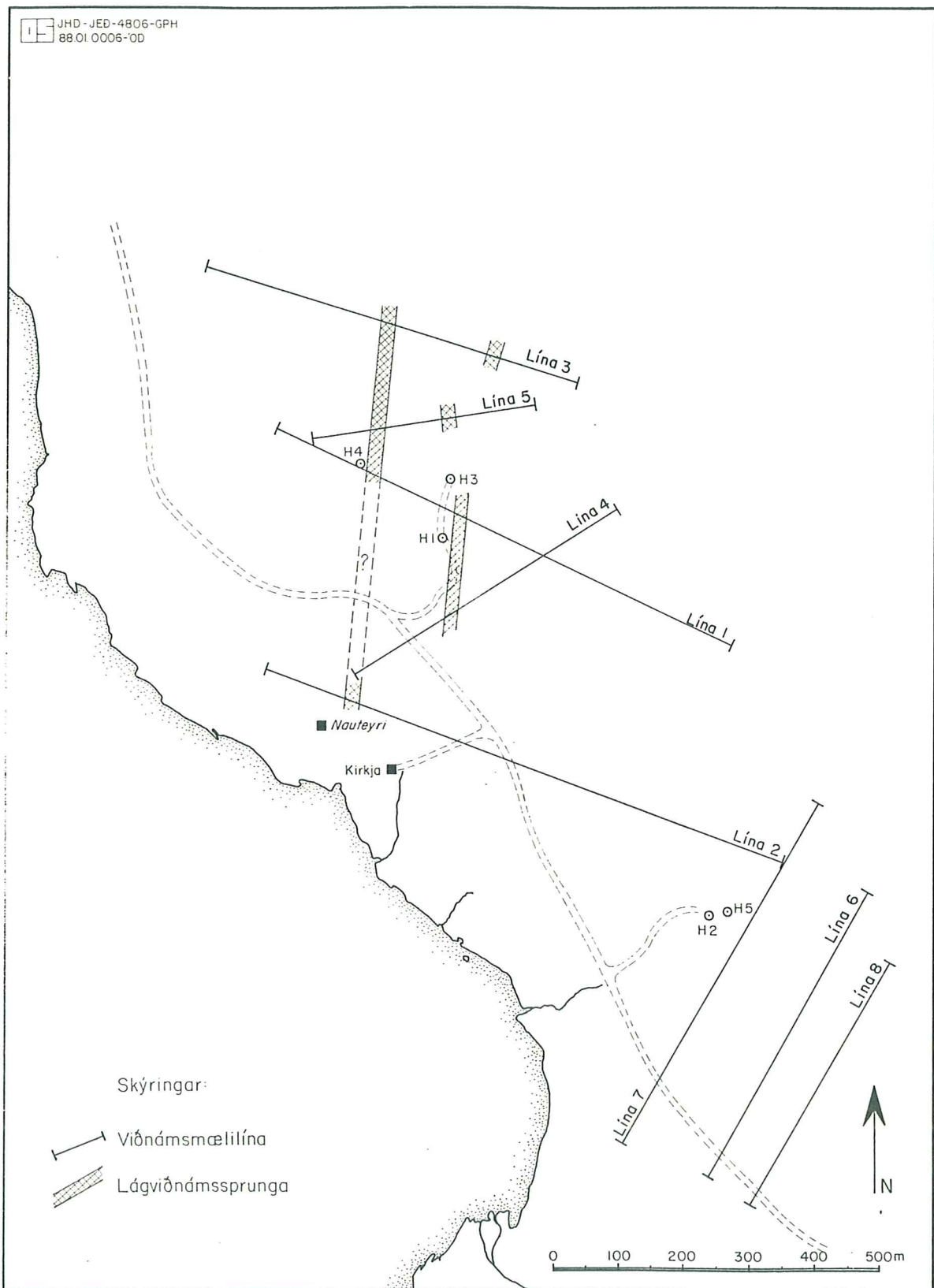
Gangur dæluþrófunar



Mynd 7: Gangur dæluþrófunar hól 4



Mynd 8: Afkastaferill holu 4



Mynd 9: Staðsetning viðnámsmælilína og lágviðnámssprungna

