



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

VATNSKERFI Í NÚPSMÝRI

Guðmundur Ó. Friðleifsson

Unnið fyrir Silfurstjórnuna hf.

OS-89058/JHD-30 B

Desember 1989



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr. 615601

VATNSKERFI Í NÚPSMÝRI

Guðmundur Ó. Friðleifsson

Unnið fyrir Silfurstjórnuna hf.

OS-89058/JHD-30 B

Desember 1989

EFNISYFIRLIT

| | |
|--|----------|
| 1. INNGANGUR | 3 |
| 2. ÁGRIP BORSÖGU | 3 |
| 3. BORHOLUR Í VOLGA VATNSKERFIÐ | 5 |
| 4. BORHOLUR Í KALDA VATNSKERFIÐ | 8 |
| 5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR | 10 |
| 6. TILLÖGUR UM FRAMHALDRANNSÓKN HEIMILDIR | 10 11 |

TÖFLUSKRÁ

| | |
|---|---|
| 1. Borholur Silfurstjörnunnar hf á Núpsmýri | 6 |
| 2. Efnasamsetning vatns úr holum á Núpsmýri | 7 |

MYNDASKRÁ

| | |
|--|----|
| 1. Staðsetning borhola á Núpsmýri | 12 |
| 2. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-1 | 13 |
| 3. Jarðlög í holu N-3 | 14 |
| 4. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-8 | 15 |
| 5. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-2 og N-4 | 16 |
| 6. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-5 | 17 |
| 7. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-6 | 18 |
| 8. Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-7 | 19 |
| 9. Vatnskerfi í austanverðum Öxarfirði | 20 |
| 10. Líkan af jarðlögum og vatnskerfum í austanverðum Öxarfirði | 21 |

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um borholur Silfurstjörnunnar hf sem boraðar voru í Núpsmýri 1988. Fjallað er um boranir, jarðlagagreiningu hverrar holu, ásamt hita- og seltumælingum. Helstu niðurstöður eru dregnar saman á einfaldaðar myndir sem ætlað er að sýna einkenni jarðlaga og vatnskerfa í austanverðum Öxarfirði.

Verk þetta er unnið í beinu framhaldi af góðum árangri sem fékkst úr samstarfsverkefni Orkustofnunar og sveitarfélagana í Öxarfirði um rannsóknir á skilyrðum til fiskeldis í Öxarfirði. Niðurstöðum þess verkefnis í heild er lýst í sérstakri skýrslu (Lúðvík Georgsson o.fl. 1989). Einungis ein hola, N-1, var boruð í Núpsmýri á vegum samstarfsverkefnisins, en allar hinar, N-2 til N-8, á vegum Silfurstjörnunnar hf. Fjallað var sérstaklega um árangur af borun holu N-1 í greinagerð (Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1988) þegar fyrir lá að taka ákvörðun um stofnun Silfurstjörnunnar hf og byggja fiskeldisstöð í Núpsmýri, auk þess sem ferskvatnsöflun í landi Núps var til umfjöllunar í sérstakri greinagerð (Guðmundur Ómar Friðleifsson og Freysteinn Sigurðsson, 1988) áður en til borana þar kom.

Borun á holu N-1 í Stóranesi á austurbakka Brunnár (mynd 1) sýndi að umtalsvert magn af 35-36°C heitu vatni hafði leynst á 60-100 m dýpi. Heitt vatn er nú tekið úr tveim borholum (N-1 og N-8) og nýtt til að stjórna hitastigi eldisvökva og til húshitunar. Boranir austar á Núpsmýri eftir köldu vatni sýna að þar má taka a.m.k. 400 l/s af köldu vatni, með frekar litlum niðurdrætti. Efnagreiningar sýndu að vatnið er vel hæft til fiskeldis, og var Fiskeldisstöð Silfurstjörnunnar reist á besta stað á borsvæðinu. Allar holurnar gefa tugi sekúndulíttra í sjálfrennsli miðað við yfirborð, nema sú sem eyðilagðist í borun. Áður en ráðist var í boranir þessar höfðu lindir verið kortlagðar á svæðinu og

benti fátt til að vatn gæti fengist undir þrýstingi (Þórólfur H. Hafstað 1989).

2. ÁGRIP BORSÖGU

Staðsetning borhola er sýnd á mynd 1. Árangur af rannsóknarholu D-1 við ströndina sumarið 1987, sýndi að 9°C heitu ferskvatni mátti ná upp með borunum á því svæði, og var sú hola undanfari staðsetningar á holu N-1 í Stóranesi. Taka þarf tillit til upplýsinga um jarðlög, hita og seltu í holu D-1 í allri umfjöllun um grunnvatnskerfi þau sem Silfurstjarnan hf nýtir.

Allar holur í Núpsmýrinni voru boraðar með bor Borverks hf. Borfyrirtækið notaði nýja bortækni, svokallaða ODEX-aðferð, sem talið var að gæti nýst við boranir í lausan sand. Aðferðin byggir á því að borað er og fóðrað samtímis. Hún felst í því að borað er með hjámiðja lofthamri og holan fóðruð með stálfóðringu jafnóðum og borað er. Nafnið ODEX-borun er dregið af þessu, þ.e. Overburden Drilling with EXcentric method.

Byrjað var á holu N-1 á Núpsmýri þann 18. júní 1988. Borun gekk þokkalega miðað við fyrstu borun í lausan sand, og varð holan um 71 m djúp í fyrsta áfanga. Í lok borunar runnu úr holunni um 7 l/s. Framan af líktist borverkið þó meira niðurdælingu en borun. Áhrif af loftdælingu með bor virtust svipuð og þegar heimamenn dældu fódurrörum niður með vatni, nema kröftugri. Sandurinn skolaðist undan fóðringunni og myndaði þar skáp. Fóðringin sat föst þar til skápurinn var orðinn það stór að rörið og sandurinn næst því fóru saman af stað niður á við með nokkrum hasti. Engin leið var þá að halda í rörið og svæðið umhverfis bullaði og kraumaði sem í grautarpotti. Geil myndaðist umhverfis rörið samfara siginu, og stækkaði sífellt. Fylla þurfti reglulega upp í hana með mól og sandi og jafnframt varð að

gera ráðstafanir til að styrkja borplanið svo að borinn stæði uppi. Það var leyst með því að láta borinn hvíla á keflishlemmum og gömlum símastaurum. Reynslan af borun fyrstu holunnar var sú að óþarft hefði verið að nota ODEX-tækni framan af, en um leið og setlögin hörðnuðu kom hún að gagni og reyndist nauðsynleg í harðara bergi þar sem lemja þurfti fóðringu niður. Síðar um sumarið kom í ljós að losna mátti við geilmyndun utan með fóðurröri með því að leggja meiri þunga á borstrenginn en gert var við borun fyrstu holunnar.

Í nóvemberlok var ákveðið að gera tilraun til að dýpka holuna, enda var borinn þá betur tækjum búinn en áður og reynslan orðin meiri. Verkið gekk nú mjög vel og tók einungis tvo daga (1.-2. desember). Dýpkunin var unnin með 8 1/2" hjólakrónu og loftskolun og var holan boruð niður á 106 m dýpi. Á eftir var holan hreinsuð með loftdælingu í eina klukkustund. Við þetta jókst sjálfrennsli mikið og fór upp í 20-30 l/s. Nokkrar sveiflur eru í því, trúlega mest vegna áhrifa frá sjávarföllum, en meðalgildið er nærri 25 l/s. Hitinn hækkaði jafnframt örlítið, upp í 35-36°C. Skömmu eftir að dýpkun lauk var sett dæla í holuna og dælt úr henni um 40 l/s í nokkrar vikur. Við það lækkaði vatnsborð lítillga og sveiflaðist niðurdrátturinn í kringum 1,2 m. Holan var síðan nýtt fyrsta veturinn til húshitunar í fiskeldisstöðinni og reyndist vel, en að jafnaði var dælt úr henni um 12 l/s sem er um helmingur sjálfrennslis.

Hola N-2 var staðsett við smálindir á suðurbakka Núpsvatns (1. mynd). Borun hófst 26. júlí og lauk þann 28. júlí. Borað var með 215 mm ODEX-krónu og fóðrað með 10" rörum sem var raunverulega blásið niður í holuna, því að þau sigu sjálfkrafa niður á eftir krónunni og þurfti ekki að ýta á þau, skv. lýsingu bormanna. Fóðringin stöðvaðist á 27 m dýpi og var borað niður úr henni með 165 mm lofthamri. Mikið vatn

kom í holuna nærri fóðurrörsenda og var það um 6°C heitt. Borun var hætt á 60 m dýpi þegar loftpressan réði ekki lengur við vatnsmagnið. Reynslan af borun holunnar var svo góð og skipan jarðlaga það einföld að ekki var talin ástæða til að sérfræðingur frá Orkustofnun stundaði boreftirlit á staðnum. Áhersla var hins vegar lögð á að borverktaki skilaði borskýrslum og safnaði svarfsýnum á 2 m bili.

Næst var á dagskrá að bora aðra holu eftir volgu vatni í Stóranesi, um 200 m suðvestan við N-1. Borun holu N-3 hófst 17. ágúst og lauk 23. ágúst. Holan var boruð niður á 62 m dýpi og fóðruð. Þar var komið í volgt vatn og hraun, eins og í holu N-1. Við upptekt vegna krónuskipta festist krónan í fóðringunni og borstrengur slitnaði. Ekki tókst að ná krónunni upp, svo að ákveðið var að bora holuna að nýju. Þá var reynt að draga upp fóðringu til endurnýtingar, en ekki tókst betur til en svo að fóðringin slitnaði á um 8 m dýpi og eyðilagðist holan algjörlega við það.

Hola N-4 var boruð til að ná í meira ferskvatn á Núpsmýrinni. Hún er við sunnanvert Núpsvatn um 200 m norðvestur af N-2. Borun hófst 27. ágúst. Holan var fóðruð niður á um 32 m dýpi en síðan boruð með hjólakrónu neðan á lofthamri niður á 40 m dýpi. Mikið af 6-7°C heitu vatni kom í holuna. Borun lauk þann 11. september en tæp vika hafði þá farið í biðtíma.

Hola N-5 er einnig ferskvatnshola, en staðsett norðan Núpsvatns, um 700 m norður af N-2 og 600 m austan við N-1. Borun hófst þann 12. september. Holan var fóðruð niður á 36 m dýpi en síðan boruð niður niður á 62 m dýpi. Þar var borun hætt þann 17. september, þegar ekki varð lengra komist vegna mikils vatnsausturs úr holunni.

Hola N-6 er einnig á norðurströnd Núpsvatn skammt suðvestur af N-5. Borun hófst 19. september. Nokkrar tafir urðu

Þegar ODEX-krónan festist inni í fóðringunni. Eftir að tekist hafði að losa hana var holan boruð og fóðrað niður á 43 m dýpi, en það gekk af ýmsum orsökum fremur hægt. Loks var borað áfram niður á 65 m dýpi með hjólakrónunni. Borun lauk 5. október. Reynt var að hita- og seltumæla holuna í júní 1989, en mælirinn komst aðeins niður á 45 m dýpi.

Hola N-7 var síðasta ferskvatnsholan sem boruð var 1988. Enn var borað við norðurströnd Núpsvatns um 150 m vestan N-6. Borinn kom á staðinn 9. október en vegna bilana hófst borun ekki fyrr en 11. október. Verkið sóttist vel og 13. október var búið að bora og fóðra niður á rúmlega 42 m dýpi. Þann 14. október var vinnsluhlutinn boraður frá 43 m dýpi í 60 m.

Síðasta holan sem boruð var á árinu 1988 var N-8, eða N-3B eins og hún hefur einnig verið kölluð. Hún er á Stóranesi um 100 m austan við holu N-1. Borun hófst 5. desember og lauk 16. desember og varð holan 106 m djúp og er fóðruð í 55 m. Áður hafði hola N-1 verið dýpkuð. Með borun N-8 var ætlunin að ná í meira af volgu vatni og varð árangur mjög góður.

Þegar upp er staðið eftir borun átta hola á Núpsmýrinni, verður ODEX-aðferðin að teljast einkar hentug boraðferð við aðstæður eins og í Öxarfirði, að því tilskildu að henni sé beitt af kunnáttu.

3. BORHOLUR Í VOLGA VATNSKERFIÐ

Yfirlit um borholur Silfurstjörnunnar hf á Núpsmýri er sýnt í töflu 1.

Hola N-1 var staðsett í Stóranesi skammt vestan við smástall, þar sem misgengi var talið liggja. Holustæðið er um 1200 m beint suður af holu D-1 og var talið vera á sömu bergspildu. Holunni var ætlað

að verða 70-100 m djúp. Ofan til var reiknað með að borað yrði í sand og sjávarset með skeljum á 40-50 m dýpi. Þar fyrir neðan var reiknað með að holan skæri lekt hraunlag, þar sem vonast var eftir svipuðu vatni og í holu D-1. Talið var að þetta vatnskerfi næði niður á um 100 m dýpi ef marka mætti holu D-1.

Jarðlög í holu N-1 ásamt hita- og seltumælingum eru sýnd á 2. mynd. Lagskiptur ár- og foksandur er í efstu 28 m holunnar. Skeljabrot sjást í sýni frá 25 m dýpi, og neðan 28 m dýpis er greinilega komið í sjávarset. Lagskipt sjávarset finnst svo þaðan og niður á 63-64 m dýpi. Efst finnast aðallega smáskeljar af kræklingi, fjörubobbum, olnbogaskel og hrúðurkarli í siltbornum sandi. Síðan bætist hallloka í hópinn ásamt kúfskel og gimburskel. Frá 40 m dýpi eru stórar kúfskeljar mjög áberandi. Allar þessar tegundir þrífast á grunnsævi við strendur landsins í dag. Ekki er vitað um aldur þeirra í setlögum Öxarfjarðar, en skv. aldursgreiningu á skeljum úr Æ-2 gætu þær verið 2000-3000 ára. Æskilegt er að fleiri aldursgreiningar verði gerðar. Á 50-60 m dýpi var farið í gegnum leir, sem er það þéttur að tala má um leirstein. Hann veðst þó út áður en upp kemur og er því lítt harðnaður. Leirlagið kom aðeins á óvart því að þess varð ekki vart í holu D-1. Leirlagið skýrir hins vegar ágætlega að vatn skuli koma upp undir þrýstingi. Neðan 60 m verður aftur vart við sand og grjót í setinu, allt niður á 64-65 m dýpi, en þar fyrir neðan er komið í svipað berg og í D-1. Eins og í D-1 kom vatnsæð fram á 63 m dýpi í þessu lagi. Hvað jarðlög snertir var árangur af borun holu N-1 því eins og búist var við, og holur D-1 og N-1 virtust vera á sömu bergspildu. Meginmunur er hins vegar að vatnskerfið er um 26°C heitara í N-1.

Eftir að búið var að dýpka holu N-1, kom í ljós að samfelld bólstraberg var frá 63 m dýpi í 106 m dýpi. Bólstrabergsmynd-

TAFLA 1: Borholur Silfurstjörunnar hf á Núpsmýri

| Hola | Staður | Dýpi m | Fóðr. vídd mm | Fóðr. dýpi m | Vídd neð.fóð. mm | Hiti °C | Selta ‰ | Athugasemdir | |
|------|------------------|-----------|---------------------|--------------------|------------------------|------------|------------|---------------------|------------|
| N-1 | Stóranes | 106 | 254 | 63 | 216 | 35 | 6,5 | Mikið sjálfrennsli | |
| N-2 | Sunnan Núpsvatns | 60 | 254 | 27 | 165 | 6 | lítill | Eyðilagðist í borun | |
| N-3 | Stóranes | 62 | 254 | 62 | - | >25 | ~4,5 | | |
| N-4 | Sunnan Núpsvatns | 40 | 254 | 32 | 216 | 6,8 | lítill | | |
| N-5 | Norðan Núpsvatns | 62 | 254 | 35,5 | 216 | 5,0 | lítill | | |
| N-6 | Norðan Núpsvatns | 65 | 254 | 43 | 216 | ~5 | lítill | | |
| N-7 | Norðan Núpsvatns | 60 | 254 | 42 | 216 | ~5 | lítill | | |
| N-8 | Stóranes | 106 | 254 | 55 | 216 | 34 | 5,3 | | Svipuð N-1 |

un þessa virðist mega tengja beint við móbergs- og bólstrabergsmyndun í Öxarnúp. Samkvæmt því hefur fjallið í upphafi náð mun vestar en nú sést. Þessi niðurstaða breytti fyrri hugmyndum um jarðlagalíkan af svæðinu og varð til þess að jarðlagagreining af holu D-1 var endurskoðuð og túlkuð upp á nýtt. Í D-1 virðist sem borað hafi verið í lek skálaga bólstrabergshraun eða breksíur með hallandi túfflögum á milli, en slíkar skálaga syrpur eru ekki óalgengar í jöðrum móbergsfjalla. Ekki er ljóst hversu mikið móbergið hefur sigið vestan Öxarnúps, en trúlega er bólstrabergið undir Núpsmýrinni úr rótum hins forna fjalls. Vestan Öxarnúps hefur efri hluti þess rofist burt af skriðjökluum ísaldar.

Þrjár hitamælingar eru sýndar á mynd 2, var sú fyrsta gerð meðan á borun stóð. Önnur hitamælinganna var gerð tveim sólarhringum eftir fyrri hluta borunar. Holan var í sjálfrennsli (um 3-4 l/s) og botnhiti mældist þá 34,9°C, en hiti við holutopp var 34,6°C. Þriðja mælingin var gerð 10. júní 1989. Hún nær ekki niður úr vatnskerfinu, sem nær því a.m.k. niður undir 100 m. Botnhiti (á 95 m dýpi) mældist þá 37,5°C en hiti á holutopp um 35°C.

Selta var mæld með leiðnimæli á borstað í og eftir borun í júní, og mældist vera 3-4‰. Holan var svo seltumæld þann 10. júní 1989 (2. mynd) og hafði selta vatnsins við holutopp þá hækkað í 6,5‰. Á 95 m dýpi mældist seltan enn meiri eða 8,2‰. Holan var ekki mæld strax að dýpkun lokinni, svo að ekki er vitað hvort breytingar á seltu stafa af dýpkuninni einni eða hvort seltan hafi aukist smám saman eftir að holan var dýpkuð. Aukin selta í volga vatninu er fremur til bóta fyrir fiskeldið, svo framarlega sem styrkur járns og mangans eykst ekki að sama skapi. Ástæða til að fylgjast vel með þessu í næstu framtíð.

Þrjú sýni hafa verið tekin úr holu N-1 til efnagreininga, öll fyrir dýpkun, það síðasta í september 1988 en hin í loftdælingu daginn eftir að borun lauk. Fjallað er um efnagreiningar í annari skýrslu (Lúðvík Georgsson o.fl., 1989) en niðurstöður greininga sýndar hér í töflu 2. Sýrustig volga vatnsins er um 8, en seltan nálægt 5‰. Járn- og manganstyrkur er nokkuð hár (samtals 0,2-0,3 mg/l) eins og títt er um volgt vatn í Öxarfirði, sem mun vera nærri hættumörkum fyrir fiskeldi. Í töflunni eru líka sýndar niðurstöður efnagreininga á kalda vatninu (Holur N-2, N-5 og N-6). Kalda vatnið er heldur basískara ásamt því að vera ferskara.

TAFLA 2: Efnasamsetning vatns úr holum á Núpsmýri (mg/l)

| Hola Dags. Númer | N-1 88-06-28 0077 | N-1 88-06-28 0078 | N-1 88-09-24 0147 | N-2 88-09-24 0146 | N-5 88-09-24 0145 | N-6 88-10-13 9078 | N-6 88-10-14 9079 | N-6 88-10-14 0166 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Hiti (°C) | - | 34 | 34,2 | 6,0 | 5,1 | | | 5,4 |
| Súrefni (O ₂) | - | - | 0,1 | 7 | 9 | | | 9 |
| Sýrustig (pH/°C) | 8,0/21 | 8,0/21 | 7,8/15 | 9,6/15 | 9,3/15 | | | 9,6/16 |
| Kísill (SiO ₂) | 32,2 | 31,0 | 36,5 | 19,0 | 18,2 | | | 18,3 |
| Natríum (Na) | 1511 | 1507 | 1865 | 78,1 | 77,1 | | | 63,9 |
| Kalí (K) | 69,5 | 69,3 | 86,4 | 3,3 | 4,0 | | | 3,7 |
| Kalsíum (Ca) | 115 | 114 | 152 | 1,1 | 2,2 | | | 1,4 |
| Magnesium (Mg) | 39,3 | 39,1 | 60,1 | 0,85 | 1,8 | | | 1,3 |
| Járn (Fe) | 0,05 | 0,05 | 0,1 | <0,025 | 0,2 | | | 0,025 |
| Mangan (Mn) | 0,15 | 0,15 | 0,2 | <0,05 | 0,05 | | | <0,05 |
| Karbónat (CO ₂ (tot)) | 59,1 | 56,7 | 58,6 | 60,1 | 33,3 | | | 42,5 |
| Súlfat (SO ₄) | 309 | 314 | 390 | 10,4 | 14,0 | 11,2 | 11,2 | 11,2 |
| Brennist.vetni (H ₂ S) | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | <0,03 | <0,03 |
| Klóríð (Cl) | 2340 | 2371 | 2937 | 41,5 | 74,7 | 47,1 | 47,8 | 48,1 |
| Flúoríð (F) | 0,41 | 0,41 | 0,36 | 0,30 | 0,18 | | | 0,21 |
| Uppleyst efni | 4563 | 4593 | 4430 | 220 | 229 | | | 174 |
| Dæling (l/s) | 14 | 14 | | | | 40 | 40 | 40 |
| Rennsli (l/s) | | | 3 | mikið | | | | |
| Reiknuð selta (‰) | 4,2 | 4,3 | 5,3 | 0,07 | 0,13 | 0,08 | 0,08 | 0,09 |

Hola N-3. Jarðlagasnið af holu N-3 er sýnt á mynd 3, og má heita að það sé eins og sniðið af holu N-1. Heldur minna kom þó af skeljabrotum upp úr holunni og leirlög voru minna áberandi. Samkvæmt bormönnum kom 25°C heitt vatn upp úr holunni meðan síðustu metrarnir voru boraðir. Sem fyrr segir er holan ónýtt og þarf því ekki frekari umræðu.

Hola N-8. Mynd 4 sýnir snið af holu 8, ásamt samanburði hita- og seltumælinga úr holum N-1 og N-8, enda er hola 8 rétt norðan við holu 1. Í stórum dráttum svipar jarðlögum holu 8 og 1 saman, t.d. hvað varðar dýpi niður á bólstrabergið. Engu að síður er greinilegur ásýndarmunur á milli holana bæði í setlögum og leka bólstraberginu undir. Þýðing þessa munar er ekki ljós en kann að benda til að komið sé nærri jaðri hins forna bólstrafjalls. Rétt er að hafa þetta í huga ef til frekari vinnsluboranna kemur.

Trúlega má komast að því með viðnámsmælingum hvort vesturjaðar hins forna móbergshöfðs sé við Stóranesið.

Svo sem skýrt sést á mynd 4 er um 1°C hitamunur á holum 1 og 8 við yfirborð, og 2°C munur í botni. Sambærilegur munur sést í seltumælingunni. Þetta bendir til að blöndunar við kalda vatnið gæti í holu N-8. Rétt er þó að taka fram að ekki rann úr holu N-8 nema rétt eftir háflód á stórstreymi, mánuðina áður en mæling var gerð, meðan hola N-1 var í stöðugu sjálfrennsli. Má vera að mismunurinn liggi í því. Ef munurinn er hins vegar marktækur, bendir það tvímælalaust til að kaldara vatn fengist með borunum norðan við N-8. Fylgjast þarf vel með breytingum í hita og seltu volga vatnsins úr holum N-1 og N-8 í framtíðinni.

Síðastliðið sumar boraði Jón bóndi á Núpi tvær holur sunnar á Stóranesinu, í von

um að finna heitara vatn en í N-1. Staðsetning holana er höfð með á mynd 1. N-9 er syðst á nesinu, nálægt vegi, og N-10 norðar, rétt við árbakkann miðja vega milli N-9 og N-3. Úrvinnslu á svarfi er ekki lokið úr þessum holum, en svo virðist sem eitthvað dýpra sé á bólstrabergið. Holurnar voru hitamældar í haust og var botnhiti í N-9 27.9°C á 140 m dýpi, en meginhluti holunar (40-130 m) um 20°C. Hæsti hiti í N-10 var hins vegar 33.6°C á 70-80 m dýpi en botnhiti 31.7°C á 90 m dýpi. Lausleg túlkun á þessum gögnum bendir til að hvorug holan hafi hitt í hæsta hitann (e.t.v. 37-40°C) efst í bólstraberginu á sunnanverðu nesinu. Gögnin benda hins vegar skýrt til að útbreiðsla volga vatnsgeymisins efst í bólstraberginu sé takmörkuð til suðurs. Lagt er til að Silfurstjarnan hf hlutist til um að unnið verði úr borholugögnum úr holum N-9 og N-10.

4. BORHOLUR Í KALDA VATNSKERFIÐ

Holur N-2 og N-4. Holurnar eru báðar sunnan við vatnið (mynd 1). Jarðlög þeirra ásamt hita- og seltumælingum eru sýnd á 5. mynd. Hóla 2 er 60 m djúp en hóla 4 aðeins 40 m. Jarðlagaskipan holanna er svo til eins. Aðeins grynna er á vatnsgæfa bólstrabergið í hólum 2.

Í efstu 10 m er fremur grófkorna sandur, t.d. virtist vera malarlinsa á 3 m dýpi. Milli 10 og 18 m dýpis er sandurinn fínkornóttari, en síðan tekur skeljasandur við og nær hann niður á 26 m dýpi í hólum 2 en rúma 30 m í hólum 4. Þar neðan við var borað í samfelld bólstraberg í báðum holum.

Hóla N-2 var hitamæld 29. júlí 1988, strax eftir borun, og sýnir sú mæling að vatnshiti efst í bólstraberginu er 5,8°C en um 7°C á 60 m dýpi. Selta mældist mjög lítil og var ekki skráð. Sjálfrennsli úr holunni

var þá um 17 l/s af 6°C heitu vatni. Þegar holan var seltumæld í júní 1989 (5. mynd) kom fram marktæk hækkun í seltu með dýpi, frá 0,2‰ á 30 m dýpi í 0,8‰ á 60 m dýpi. Þetta ásamt örlítilli hækkun í hita í báðum mælingunum gæti gefið til kynna að volgt vatnskerfi leynist undir kalda vatnskerfinu. Úr þessu verður þó ekki skorið nema með dýpri borun.

Hóla 4 var einungis mæld löngu eftir borun, þ.e. 6. júní í ár en þá var reynt að mæla allar holurnar (N-1 til N-8). Hóla 4 virðist ívið heitari en hóla 2. Mismunur milli hola kann að vera marktækur, en hóla 4 er um 100 m nær jarðhitinum í Stóranesi en hóla 2. Lagt er til að hóla 4 verði dýpkuð næst þegar jarðbor er á svæðinu.

Efnagreiningar á vatni úr N-2 má skoða í töflu 2. Sýrustig vatnsins er 9,6 sem er talsvert hærra en í volga vatninu, en seltan er hins vegar mjög lítil eins og fram hafði komið í seltumælingum. Járn og mangan er nánast ekkert.

Holur 5, 6 og 7 eru allar norðan við vatnið (mynd 1) og rétt við fiskeldisstöðina. Jarðlaga- hita og seltusnið eru sýnd á myndum 6, 7 og 8, sem rétt er að skoða í samhengi. Jarðlög eru í aðalatriðum eins og í hinum holunum. Í austustu holunni norðan vatns (N-5) er komið í bólstrabergið á rúmlega 30 m dýpi en ekki fyrr en á u.þ.b. 40 m í hólum 6 og 7. Í hólum 6 virðist sem borað hafi verið í stórgrýti úr gamalli fjöru (hrúðurkarlar á brotkornum o.fl.) milli 30 og 40 m dýpis. Mjög illa gekk að bora þetta dýptarbil og kann hluti af skýringunni að liggja í berggerðinni, þó ljóst sé að venjuleg odex-borun átti ekki við í ummræddu tilviki. Í hólum 7 sást meira af skeljasandi ofan á bólstraberginu en í öðrum holum. Bólstrabergið í hólum 7 er svipað ásynðar og í hinum holunum að öðru leyti en því að mun meira sést af kalkútfellingum. Bendir það trúlega til áhrifa frá jarðhitavatninu.

Jarðlagagögnin í heild sýna að heldur dýpkar á bólstrabergið til vesturs í kalda vatnskerfinu, þó munur milli hola sé lítill. Bólstrabergið í volga vatnskerfinu (N-3 og N-8) er hins vegar um 20 til 25 m neðar. Ekki er vitað hvort hér er um landslag að ræða í hinu sokkna móbefsfalli, eða hvort 20-25 m misgengi með sigi til vesturs skilji vatnskerfin að. Höfundur hallast heldur að misgengisskýringunni. Hvort heldur reynist nú rétt er ljóst að vatnskerfin tvö eru bæði í sömu bergmyndun. Nær óhjákvæmilegt er því annað en að viðkvæmt samband sé á milli vatnskerfana. Aðeins er hugsanlegt að þéttur berggangur skilji kerfin að, þó engin vísbending sjáist þar um í fyrirliggjandi gögnum.

Holur 5 og 6 tókst að hita- og seltumæla 8. júní 1989, en því miður var dæla sett í holu 7 áður en hún var mæld. Er það heldur bagalegt því hola 7 er vestasta kalda-vatnsholan, og er stutt á milli hennar og holu 8. Mælt er með að fylgst verði sérstaklega með hita vatns úr holu 7, og að botnhiti verði mældur ef taka þyrfti dæluna upp. Ef millirennslu milli volga og kalda vatnskerfisins fer að gæta, yrði þess fyrst vart í holu 7 eða 8, sem gæti þýtt að stöðva þyrfti dælingu úr annari holunni eða báðum. Sjálfsgagt er því að mæla með að fylgst verði sérstaklega vel með umræddum holum. Holur 5 og 6 eru með um 5°C heitt vatn, sem er rúmlega 1°C kaldara en holurnar sunnan við vatnið. Ekki tókst að mæla vatnið í holu 6 nema efst í bólstraberginu vegna fyrirstöðu rétt neðan við fóðringu. Seltan í báðum mældist ívið lægri en í holunum sunnan við vatnið, sem er í samræmi við lægri hita.

Hita- og seltumælingar úr kaldavatnsholunum benda til annars af tvennu: a) að volga vatnskerfið nái lengra til austurs sunnan við vatnið en norðan, eða b) að volgt vatn sé undir kalda vatnskerfinu á Núpsmýrinni. Mismunur milli mælinga kann að virðast of

lítill til að ofangreind umsögn sé réttlætunleg. Má vera að svo sé. Aðalatriði er þó að hagsmunaaðilum sé afleiðingin ljós ef vísbendingin reynist rétt. Hún er í aðalatriðum sú að vandkvæði gætu orðið við að stjórna hitastigi og seltu eldisvökvans þegar stöðin er komin í fulla vinnslu. Því er einfaldlega lagt til að aflað verði nokkurra viðbótargagna um stærð vatnskerfana. Það má gera með nokkrum viðnámsmælingum og borun einnar djúprar holu í kaldavatnskerfið. Með því móti ættu línur að skýrast þannig að vatnstöku úr kerfinu yrði beint á þá staði þar sem minnstar líkur væru á að valdið gæti "skammhlaupi" milli vatnskerfa. Alls ekki er gefið að nokkur þörf reynist á breytingum frá núverandi fyrirkomulagi vinnslunnar, þó hér séu sett fram nokkur varnað-arorð.

Í október 1988 fóru fram allitarlegar vinnsluprófanir á ferskvatnskerfinu á Núpsmýri. Niðurstöður gáfu skýrt til kynna að vatnsleiðni á vinnslusvæði ferskvatnsholanna er mjög góð, þó nokkurar misleitni gæti eftir stefnum. Ekkert í gögnunum benti til að aðstreymi væri á nokkurn hátt takmarkað að svæðinu. Því virtist hægt að vinna þarna mikið magn af köldu vatni með frekar litlum niðurdrætti. Vegna rennslistapa í holunum er niðurdráttur í þeim þó nokkru meiri en í vatnskerfinu sjálfu. Æskileg fjarlægð milli vinnsluhola er álitin vera um 100 m. Reiknað er með að niðurdráttur vatnskerfisins verði 2,5 m við 400 l/s vinnslu hola. Vinnsluprófunin líður aðallega fyrir það hversu litlu magni var dælt upp úr svæðinu meðan á prófuninni stóð, þó einkenni vinnslu á hverrja holu kæmu fram. Ákveðið var að ráðast ekki í frekari vinnsluprófanir þegar allar holur yrðu komnar í vinnslu þar sem ljóst virtist að ekki fengjust endanleg svör um stærð kalda vatnskerfisins. Reynslan verður því að skera úr um nokkra óvissuþætti en þeim má fækka með öflun viðbótargagna eins og þegar hefur komið fram.

5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Stærð grunnvatnsgeymisins er hægt að meta lauslega út frá jarðlagagreiningum. Ætla má að hann markist í stórum dráttum af Öxarnúpi frá norðri til suðurs (um 5 km) og til vesturs nái hann langleiðina að Brunná (um 2 km). Þykktin er óþekkt, en ef gert er ráð fyrir að hún sé um 100 m þá er stærð hans um 1 km³. Ef vatnsinnihald bergsins er 10-20%, sem verður að telja líklegt, ætti vatns-magn í geyminum að vera 0,1-0,2 km³. Óvissuþáttum í þessu mati er hægt að fækka á ódýran hátt með dýpkun einnar holu og nokkrum viðnámsmælingum. Innstreymi í geyminn er líklegast úr suðaustri, undan Öxarnúpi og svæðinu þar suður af. Ekki er vitað um neinar umtalsverðar lindir á þessu svæði inn að Þverá, og líklegt er að linda-laus bergspilda teygji sig allt inn að Ærlæk (Þórólfur H. Hafstað, munnl. uppl.). Grunnvatnsgeymirinn gæti því verið mun stærri en virðist við fyrstu sýn.

Fyrirliggjandi gögn benda til að volga vatnskerfið sé ekki útbreitt til norðurs eða suðurs, en óvissa er um útbreiðslu til vesturs. Viðnámsmælingar (Lúðvík Georgsson o.fl. 1989) gætu bent til að volga vatnskerfið sé tengt við jarðhitann í Ærlækjarseli, en fjölga þarf þeim mælingum á austanverðum sandinum til að skera úr um það. Jarðlagagreiningar sýna að 20-25 m hæðarmunur er milli vatnsgæfa bólstrabergsins sem volga og kalda vatnið eru tekin úr, sem annað hvort stafar af misgengi eða fornu landslagi. Skörp skil milli vatnskerfa benda frekar til að misgengi skýri hæðarmunin, og það stjórnir uppstreymi volga vatnsins undir Stóranesi. Lausleg athugun á gögnum úr holum N-9 og N-10 sunnar á nesinu benda til hins sama, og þyrfti að skoða þau nánar.

Helstu niðurstöður er dregnar fram á myndum 9 og 10. Kortið á mynd 9 gefur hugmynd um útbreiðslu vatnskerfa í austanverðum Öxarfirði í ljósi þekkingar frá bor-

holum, en óvissur eru að sjálfsögðu um mörk milli vatnskerfa. Á mynd 10 er sýnt einfaldað jarðlagasnið gegnum holu Æ-2 utan við Skógalón austur yfir Núpsmýrina, og vatnskerfin sýnd með mismunandi litum. Eins og sjá má á myndinni er ekki talið óhætt að sýna kalda vatnið í Núpsmýri mik-ið niður fyrir borholurnar. Freistandi er að tengja saman jarðhitann við Skógalón og volga vatnið í Stóranesinu, en til þess skortir betri gögn. Það sem vekur athygli á mynd-inni er að 20-30 m hæðarmunur á bólstra-berginu milli volga og kalda vatnskerfisins. Misgengi er talin líklegri skýring en lands-lagsáhrif, eins og myndin gefur til kynna. Myndin bendir jafnframt á að náði og trú-lega viðkvæmt samband sé milli volga og kalda vatnskerfisins. Fylgjast þarf vel með vinnsluholunum í framtíðinni og haga vatns-töku samkvæmt því. Hola D-1, við strönd-ina, sýnir að blöndun milli vatnskerfa á sér a.m.k. stað norðan við Núpsmýrina. Með hliðsjón af jarðlagalíkaninu er vel hugsan-legt að heitara vatn finnist á svæðinu en það sem fæst úr holu N-1. Líklega þarf að leita til suðvesturs frá N-1, en djúpbörun á Stóra-nes kann að gefa heitara vatn.

6. TILLÖGUR UM FRAMHALDRANNSÓKN

Ljóst er að volga vatnskerfið í Stóranesi er í viðkvæmu sambandi við kalda vatnskerfið austar á Núpsmýrinni. Of mikil dæling úr volga kerfinu gæti valdið innstreymi úr kalda vatnskerfinu í það volga. Að sama skapi gæti borun á nýrri holu of nærri mörkum vatnskerfana valdið truflun milli þeirra. Mælt er með að meiri gagna sé aflað um vinnslusvæðin í Núpsmýrinni með eftirfarandi hætti:

A) Með nýjum viðnámsmælingum, sem hefðu það markmið að kanna hvort heitt og/eða saltara vatn leyndist undir kalda vatninu í Núpsmýrinni annars vegar, og til

að kanna útbreiðslu volga vatnsins til vesturs og suðurs hins vegar. Hugsanlegt er að afmarka megi útbreiðslu hins forna móbergshöfðs undir sandinum með viðnámsmælingunum.

B) Með borun einnar djúprar vinnsluholu í kalda vatnskerfið, eða dýpkun einhverrar af núverandi holum, t.d. N-4. Dýpkunin væri gerð til að kanna hvort heitt vatnskerfi leynist undir því kalda. Ætla má að um 200 m djúp hola gæfi fullnægjandi svar. Niðurstaðan yrði einkar gagnleg fyrir Silfurstjórnuna, hver svo sem hún yrði (köld, heit eða þétt), því þar með fækkaði þeim óvissuþáttum sem nú liggja fyrir um stærð vatnskerfana undir Núpsmýrinni.

C) Með úrvinnslu úr borgögnum og mælingum frá N-9 og N-10.

HEIMILDIR

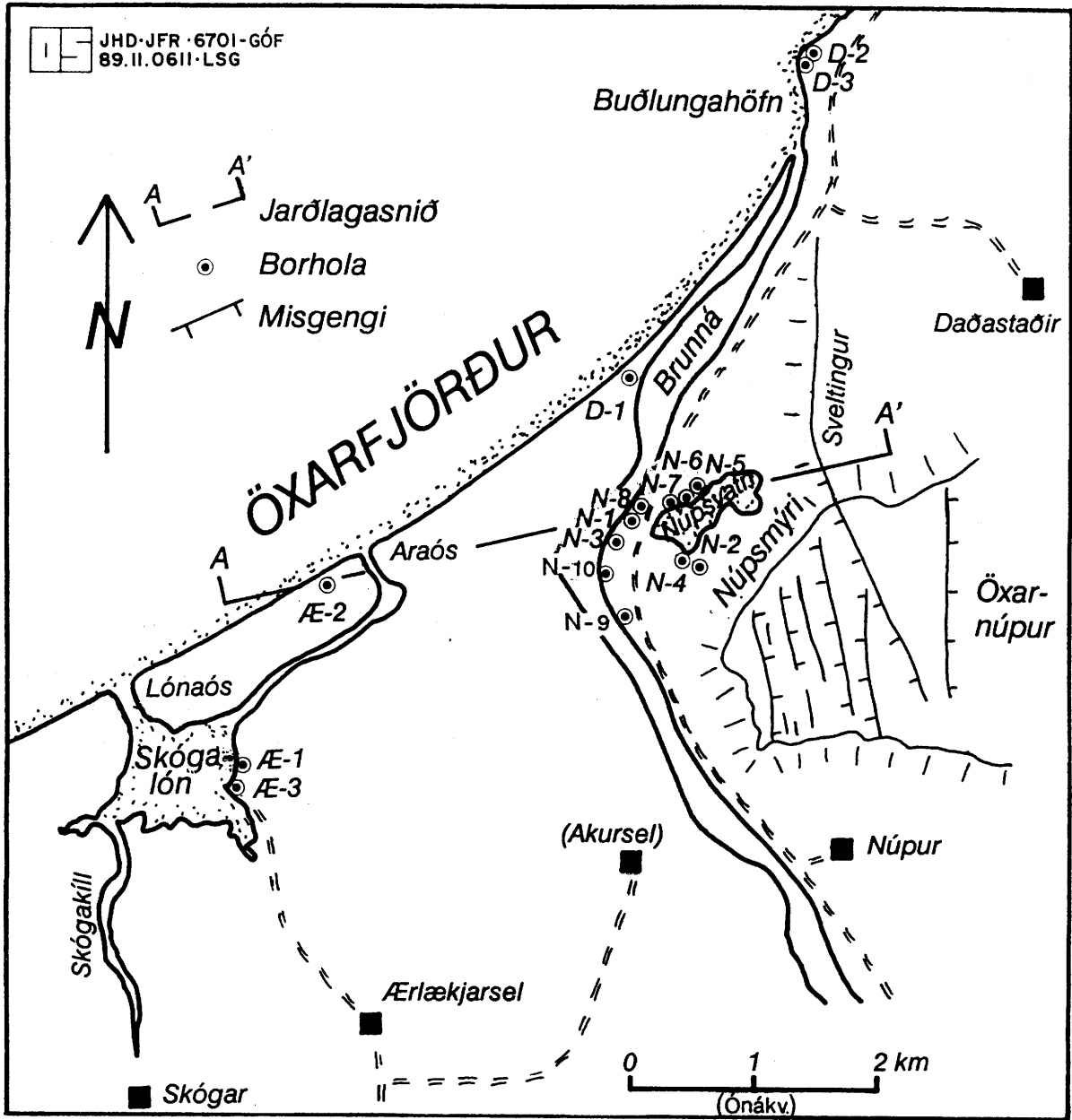
Guðmundur Ómar Friðleifsson 1988: *Borun holu N-1*. Orkustofnun, greinargerð GÓF-88/02, 6 s.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Freysteinn Sigurðsson 1988: *Ferskvatnsöflun í landi Núps, Öxarfirði*. Orkustofnun, greinargerð GÓF-FS-88/01, 2 s.

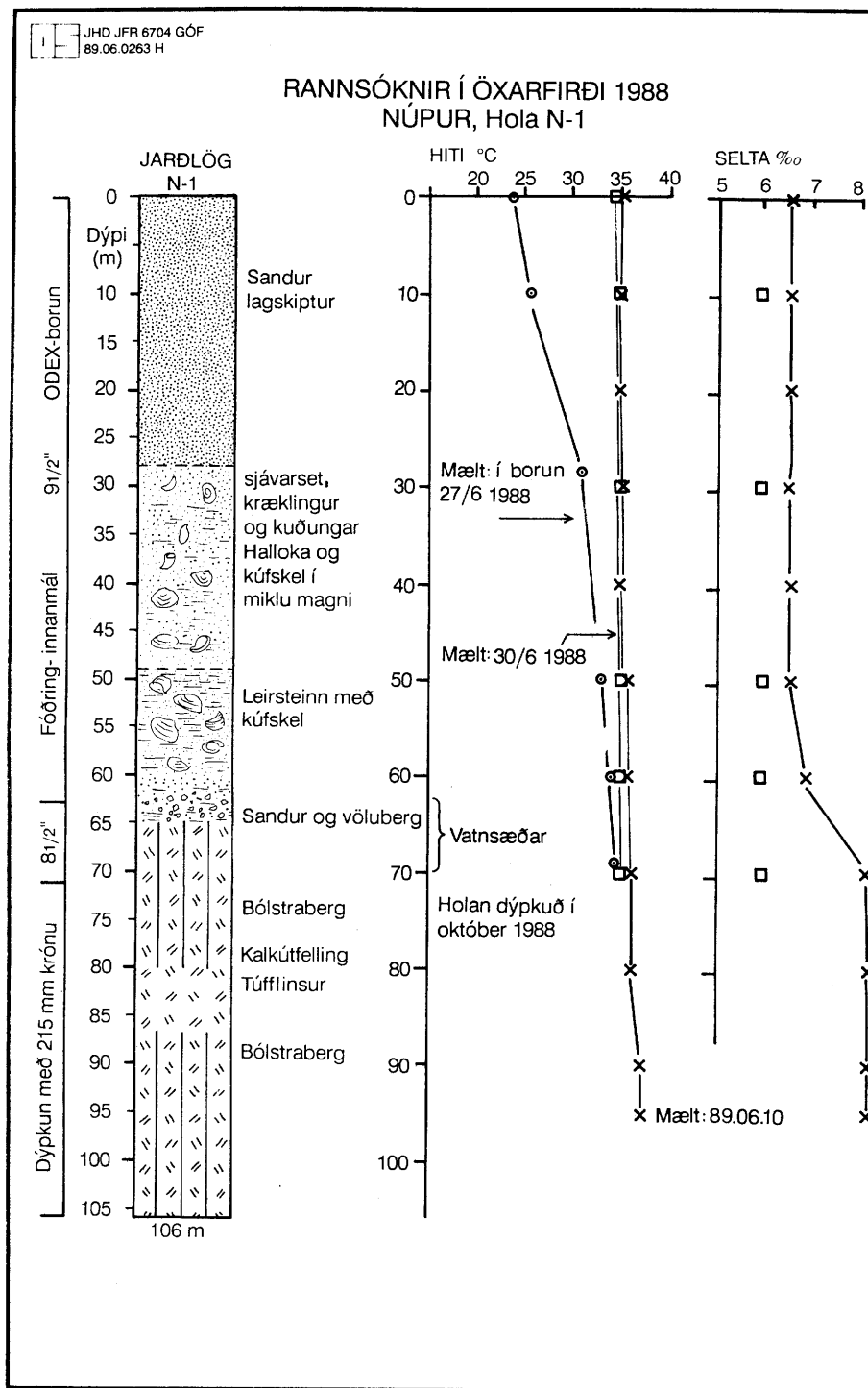
Lúðvík S. Georgsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Magnús Ólafsson, Ómar Sigurðsson og Þórólfur Hafstað 1989: *Skilyrði til fiskeldis í Öxarfirði. Ferskvatn, jarðsjór, jarðhiti og rannsóknarboranir. Sérverkefni í fiskeldi 1987 og 1988*. Orkustofnun, OS-87041/JHD-08, 61 s.

Sverrir Þórhallsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Lúðvík S. Georgsson 1988: *Borun þriggja rannsóknarhola í Öxarfirði sumarið 1988, verklýsing*. Orkustofnun, OS-88008/JHD-04B, 14 s.

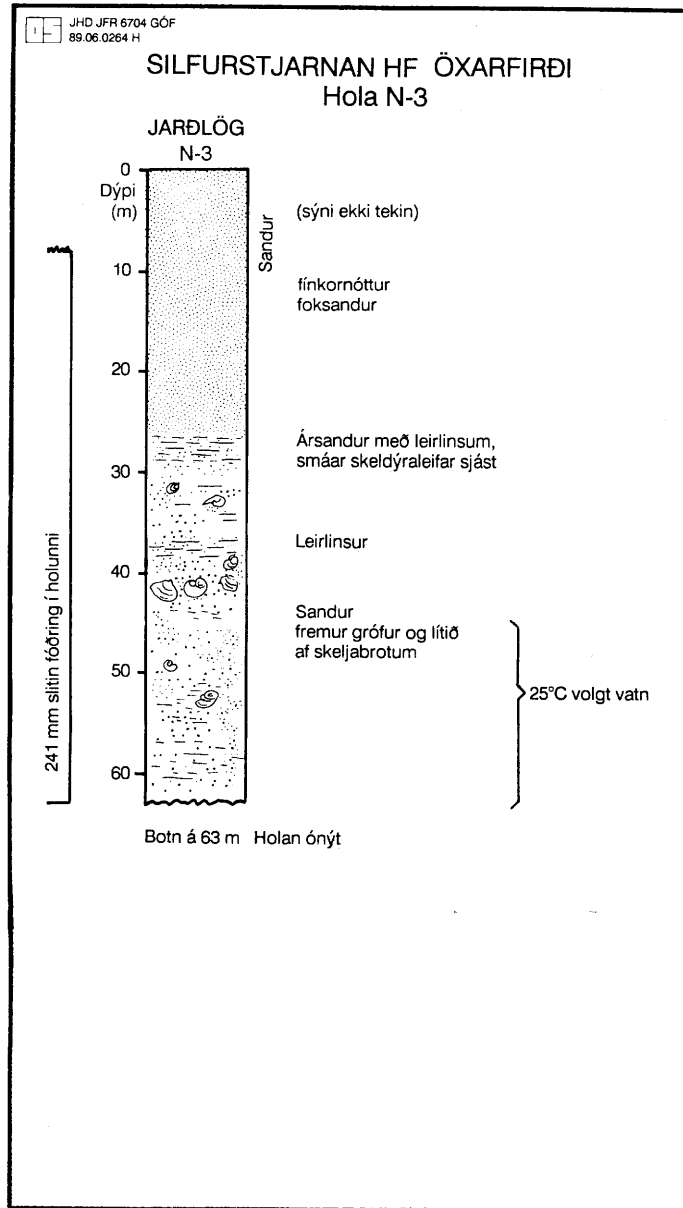
Þórólfur H. Hafstað 1989: *Öxarfjörður, Grunnvatnsathuganir 1987-1988. Framlag til sérverkefnis í fiskeldi*. Orkustofnun, OS-89039/VOD-08B, 25 s.



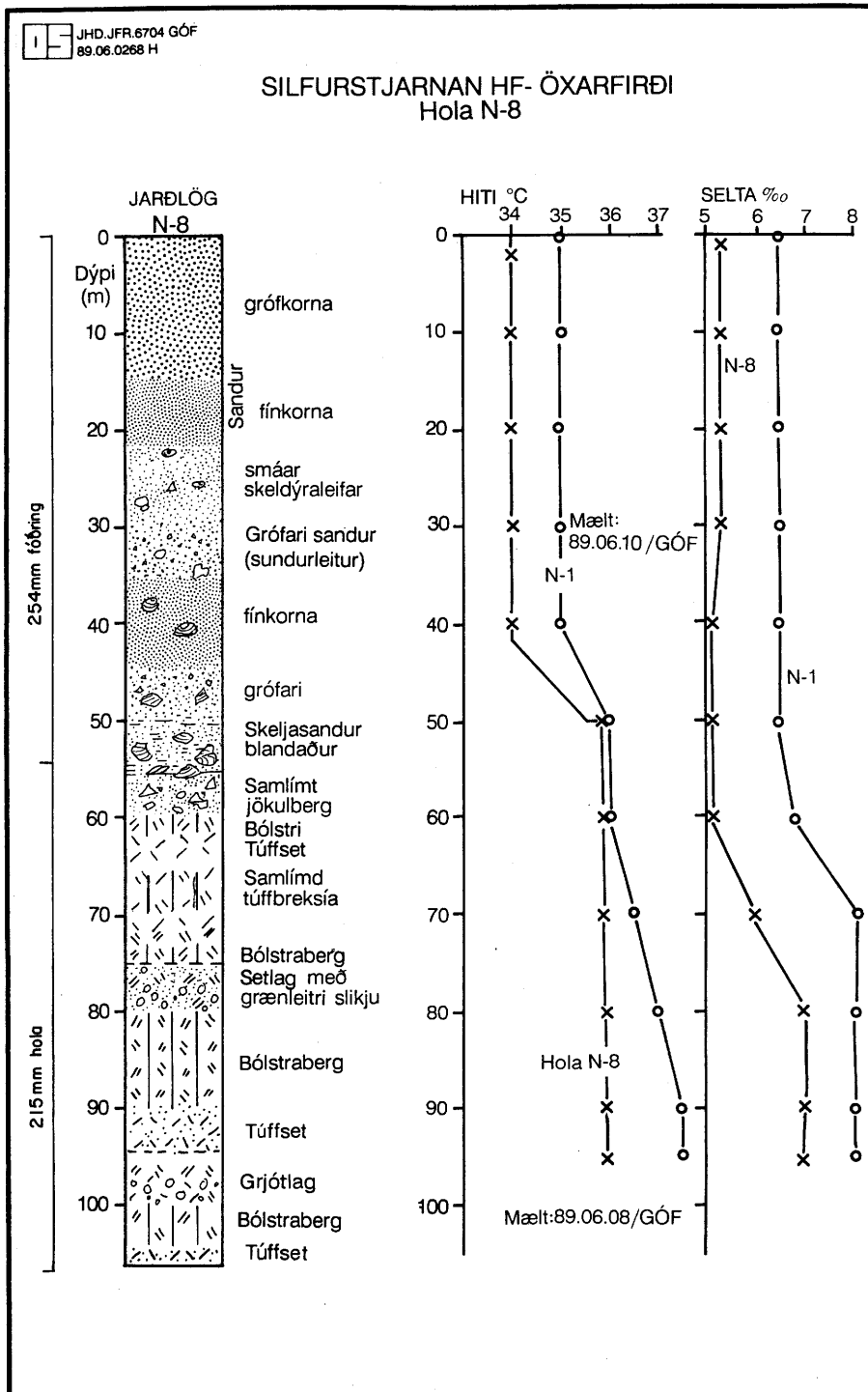
1. MYND: Staðsetning borhola á Núpsmýri



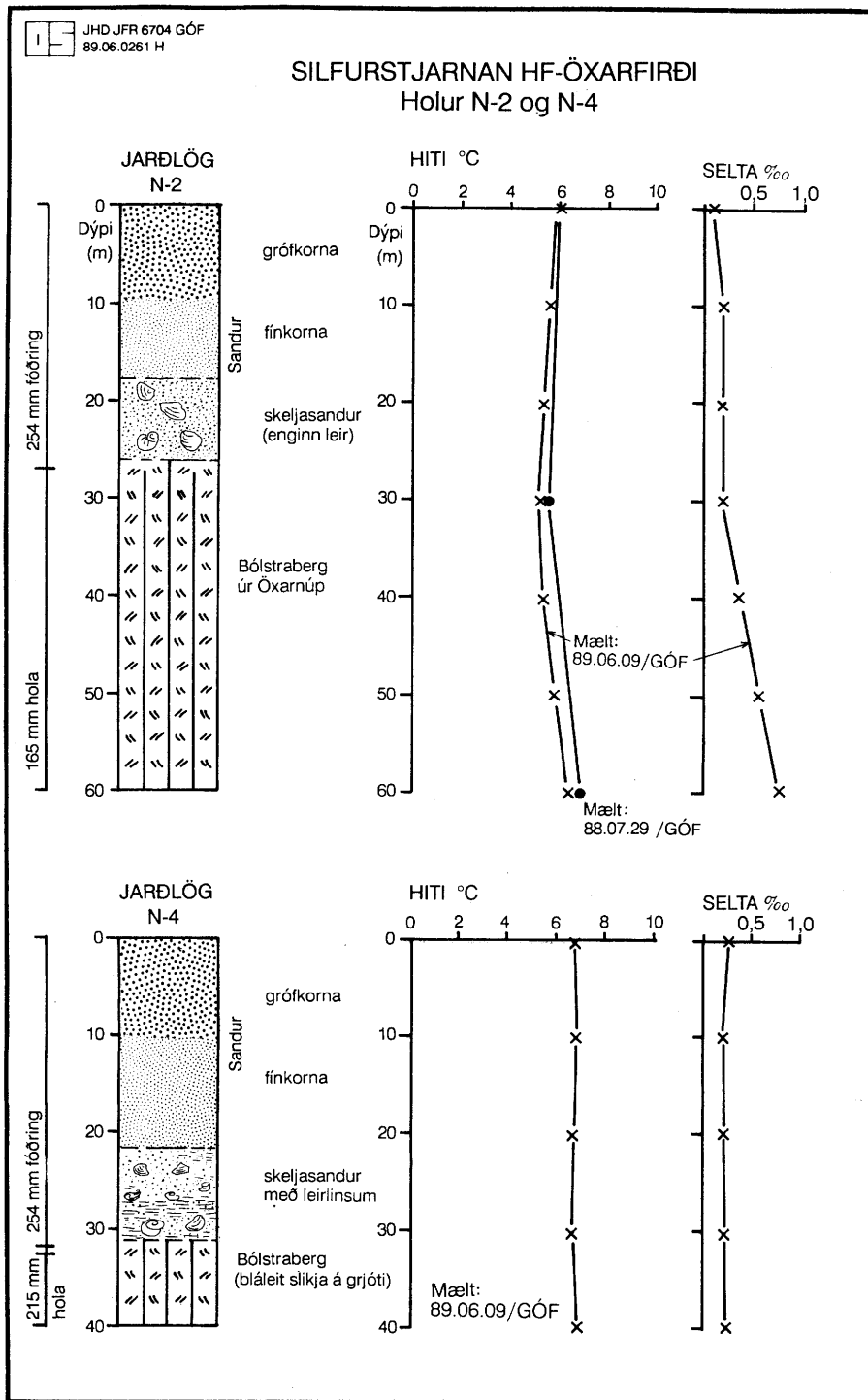
2. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-1



3. MYND: Jarðlög í holu N-3



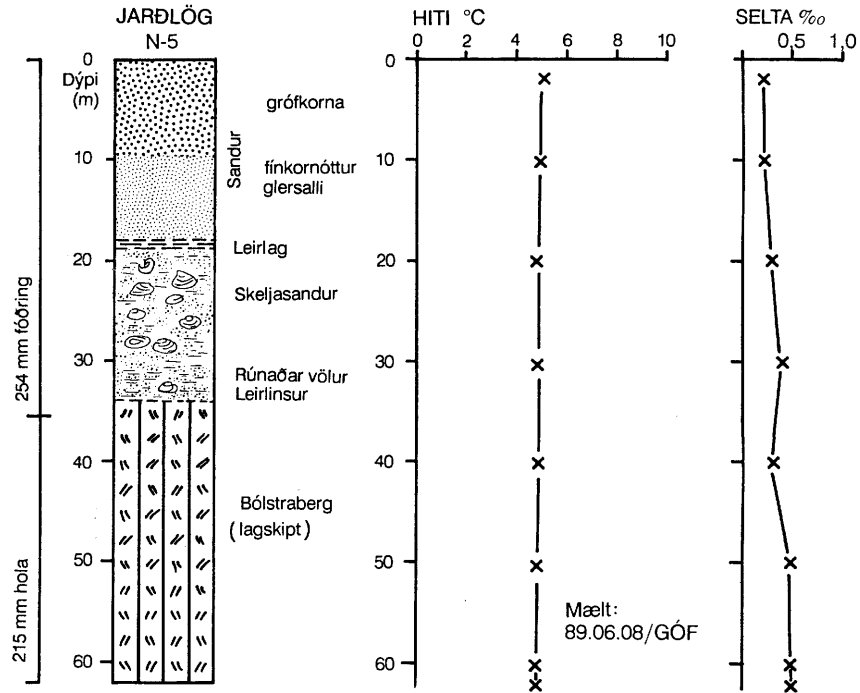
4. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-8



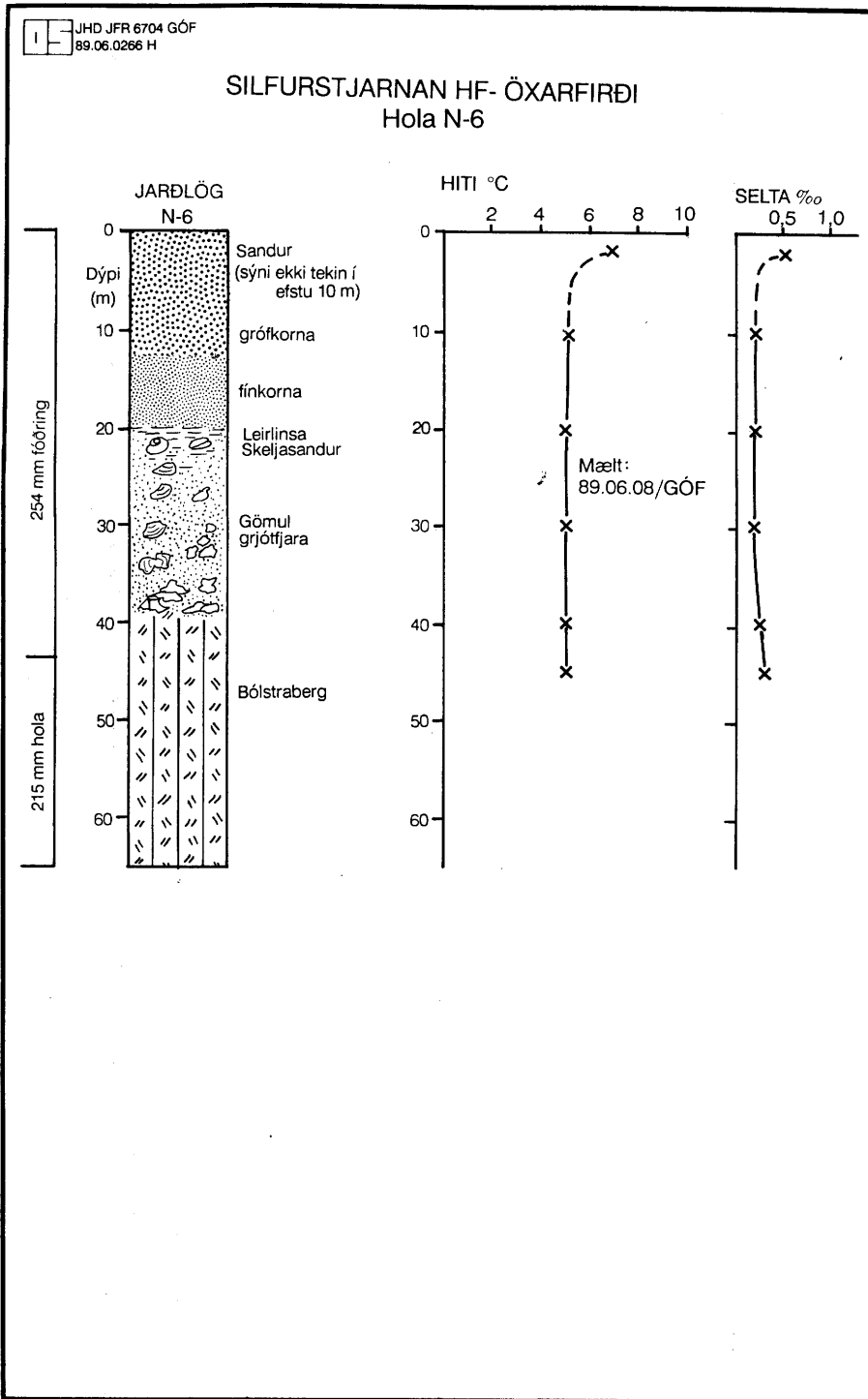
5. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-2 og N-4

JHD JFR 6704 GÓF
89.06.0265 H

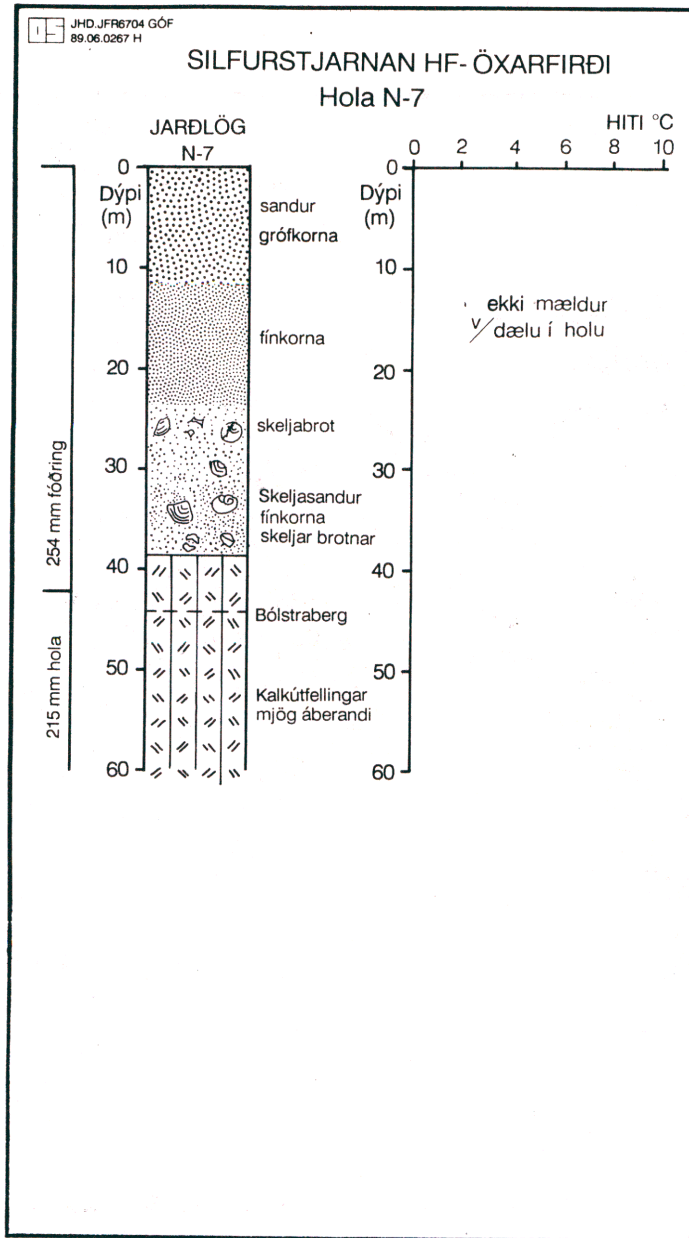
SILFURSTJARNAN HF- ÖXARFIRÐI HOLA N-5



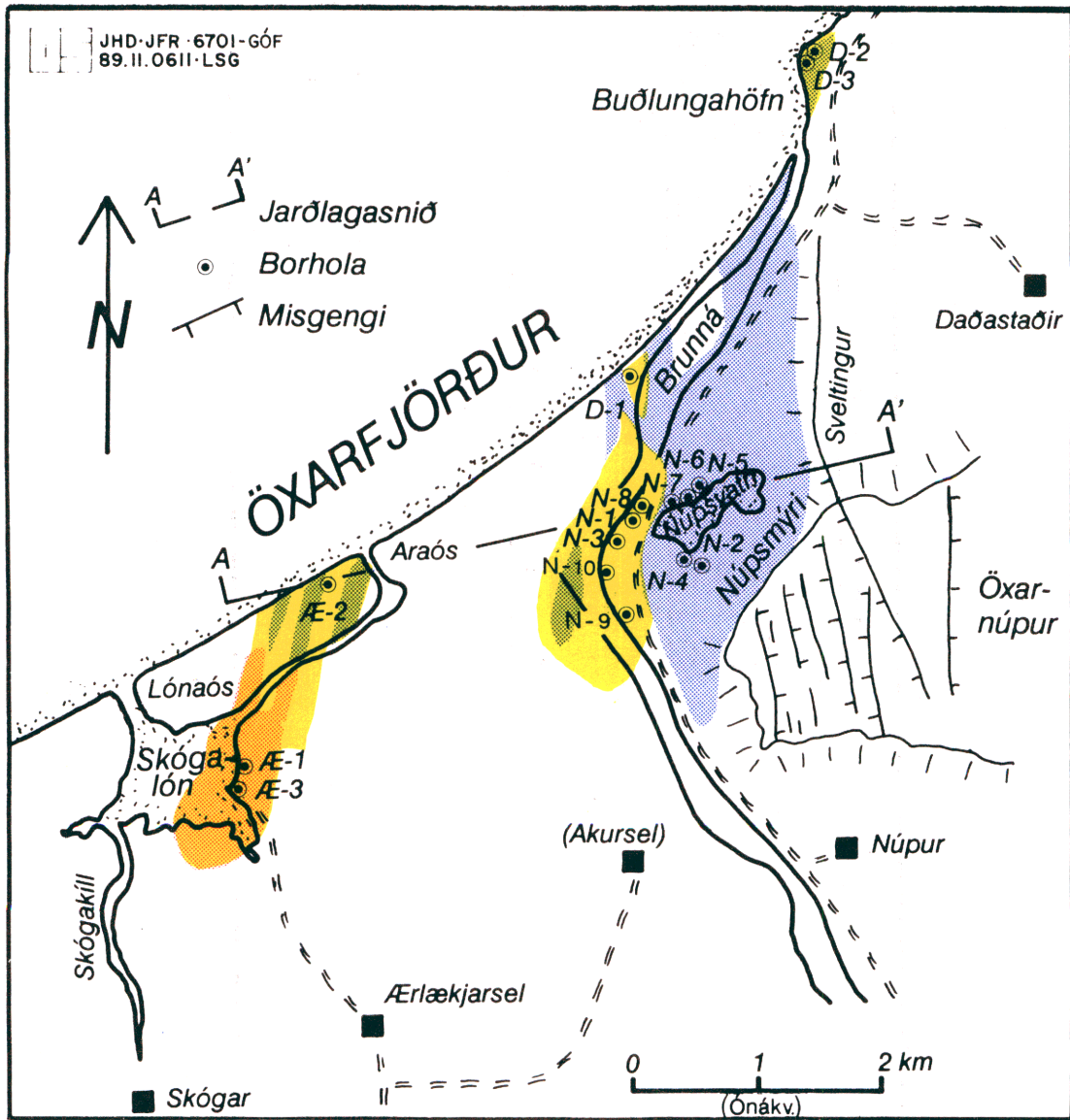
6. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-5



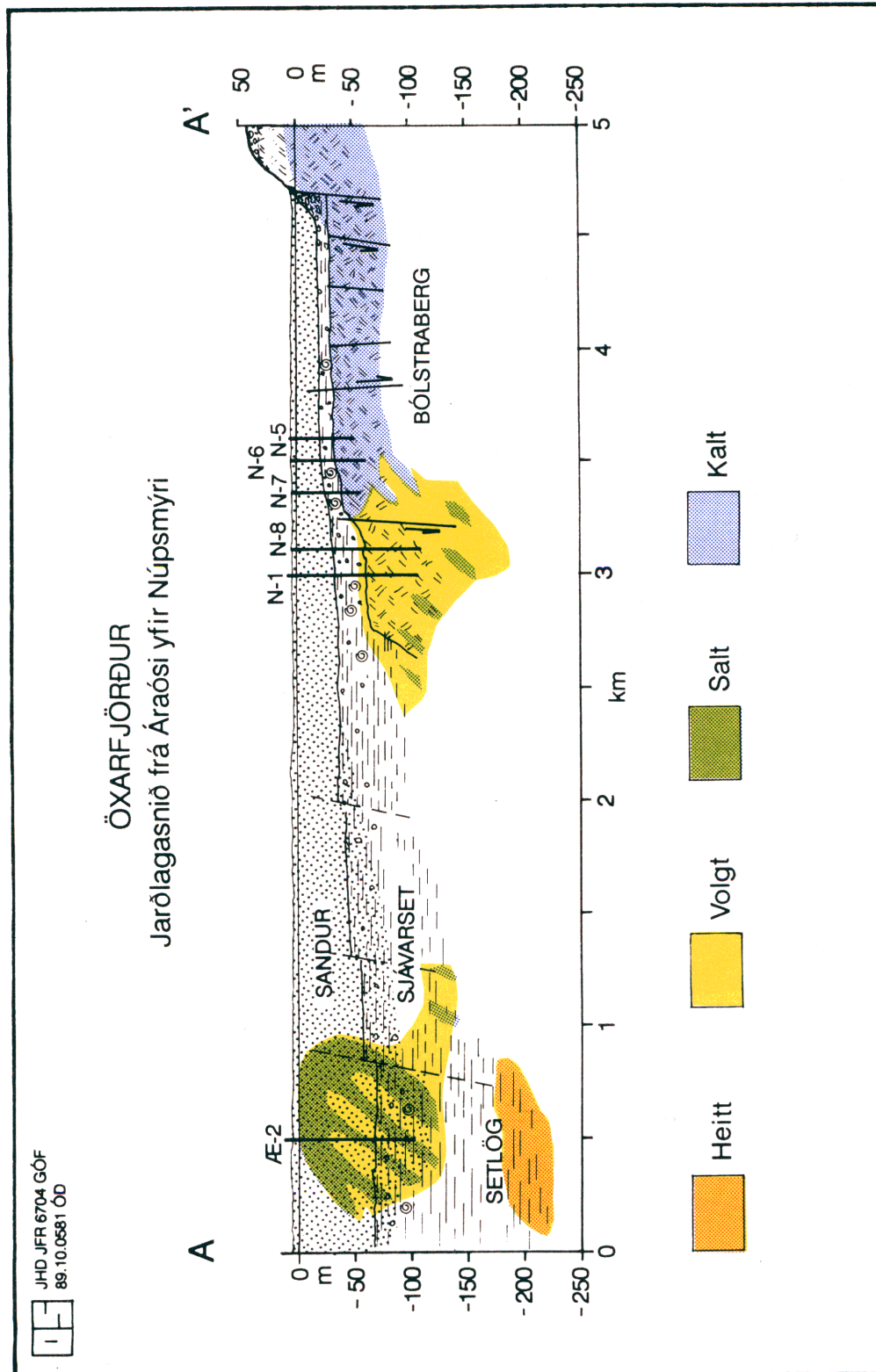
7. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-6



8. MYND: Jarðlög, hita- og seltumælingar í holu N-7



9. MYND: Vatnskerfi í austanverðum Öxarfirði



10. MYND: Líkan af jarðlögum og vatnskerfum í austanverðum Öxarfirði