



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Lúðvík S. Georgsson
Auður Ingimarsdóttir
Guðni Axelsson
Margrét Kjartansdóttir
Þorsteinn Thorsteinsson

LAUGALAND Í HOLTUM

Hola GN-1 í Götu og vatnsvinnsla á
Laugalandssvæðinu 1982-1987

OS-87022/JHD-04
Reykjavík, júní 1987

Unnið fyrir
Hitaveitu Rangæinga



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lúðvík S. Georgsson
Auður Ingimarsdóttir
Guðni Axelsson
Margrét Kjartansdóttir
Þorsteinn Thorsteinsson

LAUGALAND Í HOLTUM

**Hola GN-1 í Götu og vatnsvinnsla á
Laugalandssvæðinu 1982-1987**

OS-87022/JHD-04
Reykjavík, júní 1987

Unnið fyrir
Hitaveitu Rangæinga

ÁGRIP

Í skýrslunni er fjallað um holu GN-1 sem boruð var fyrir Hitaveitu Rangæinga sumarið 1984. Sagt er frá borun holunnar, mælingum, jarðlögum og niðurstöðum loftdælinga úr henni. Þá er fjallað um heitavatnsvinnslu á vinnslusvæði hitaveitunnar við Laugaland í Holtum frá því að rekstur hófst í desember 1982, fram í maí 1987. Gerð er úttekt á vinnslu og breytingum á vatnsborði, hita og efnainnihaldi vatnsins á þessu tímabili. Gögnin voru notuð til að reikna einingarniðurdrátt, sem var túlkaður með hjálp einfaldra vatnafræðilegra líkana, og síðan reiknuð vinnsluspá fyrir Laugalands-svæðið. Loks er fjallað um helstu möguleika Hitaveitu Rangæinga til aukinnar orkuöflunar. Í viðauka eru birt öll vinnslugögn af Laugalands-svæðinu.

Hola GN-1 var boruð niður á 1046 m dýpi og fóðruð í 402 m. Helstu vatnsæðar eru á 405-530 m dýpi og eru þær 75-87°C heitar. Samband við eldri vinnsluholu, LWN-4, er náðið. Tilkoma GN-1 jók lítið sem ekkert vinnslugetu svæðisins.

Lekt jarðhitasvæðisins á Laugalandi er lítil, reiknað gildi miðað við hálfrúm með frjálsu vatnsborði er $0,64 \times 10^{-15} \text{ m}^2$. Ef gengið er út frá 21 l/s meðalársvinnslu svipað og undanfarin ár og allt að 30 l/s augnabliksdælingu má reikna með að vatnsborði í LWN-4 fari niður í um -234 m í byrjun árs 1993. Minnkun meðalársvinnslu um 3 l/s myndi væntanlega koma í veg fyrir frekari lökkun vatnsborðs á næstu 6 árum.

Vatn úr holum LWN-4 og GN-1 er ólíkt að efnasamsetningu. Hola GN-1 er mun efnasnauðari. Styrkur uppleystra efna í LWN-4 hefur þó farið lakkandi, sem gæti bent til þess að hún drægi vatn frá GN-1. Nauðsynlegt er að fylgjast vel með þessu.

Mælt er með reynsludælingu úr holu LN-3, og virkjun hennar ef niðurstöður eru viðunandi. Annars er mælt með borun grunnrar vinnsluholu til að virkja efra vatnskerfið á Laugalandi. Sömuleiðis er mælt með byggingu toppaflsstöðvar á Hvolsvelli, sem hægt yrði að grípa til í kuldaköstum. Með því móti mætti draga úr áhrifum árssveiflu og meiri sveigjanleiki fengist við nýtingu kaldara vatns úr efra vatnskerfinu á Laugalandi og bakvatni á Hellu.

EFNISYFIRLIT

	Bl.s.
ÁGRIP.....	2
EFNISYFIRLIT.....	3
TÖFLUSKRÁ.....	4
MYNDASKRÁ.....	4
1 INNGANGUR.....	5
1.1 Aðdragandi verksins.....	5
1.2 Fyrri boranir og upphaf Hitaveitu Rangæinga.....	6
2 HOLA GN-1 Í GÖTU.....	8
2.1 Staðsetning GN-1.....	8
2.2 Borun GN-1.....	8
2.3 Vatnsæðar og hitamælingar.....	10
2.4 Jarðlög, jarðlagamælingar og ummyndun.....	13
2.5 Efnainnihald heita vatnsins.....	14
2.6 Loftdælingar og spár um vinnslugetu GN-1.....	14
3 HEITAVATNSVINNSLA Á LAUGALANDSSVÆÐINU 1982-1987.....	17
3.1 Vatnsvinnsla og vatnsborð LWN-4 og GN-1.....	17
3.2 Breytingar á hita vatnsins.....	24
3.3 Stutt úttekt á vinnslusögu Laugalandssvæðisins og vinnsluspá..	26
3.4 Breytingar á efnainnihaldi heita vatnsins.....	29
4 LEIÐIR TIL AUKINNAR ORKUÖFLUNAR.....	32
5 HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	35
HEIMILDIR.....	37
VIÐAUKI A: JARÐLÖG OG JARÐLAGAMÆLINGAR.....	39
VIÐAUKI B: VINNSLUGÖGN AF LAUGALANDSSVÆÐINU.....	47
VIÐAUKI C: VINNSLUSAGA, EININGARNIÐURDRÁTTUR OG VATNAFRÆÐILÍKÖN.....	61

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Ársvinnsla á Laugalandssvæðinu og vatnsborð hola í árslok.....	17
2 Niðurdráttur vegna iðustreymis í LWN-4.....	19
3 Samanburður á lekt nokkurra jarðhitasvæða.....	28
4 Niðurdráttur í LWN-4 vegna árssveiflu í vinnslu og iðustreymistaps.....	29
5 Spá um lægsta vatnsborð LWN-4 samkvæmt rennulíkani.....	29
6 Efnainnihald sýna úr borholum LWN-4 og GN-1.....	30

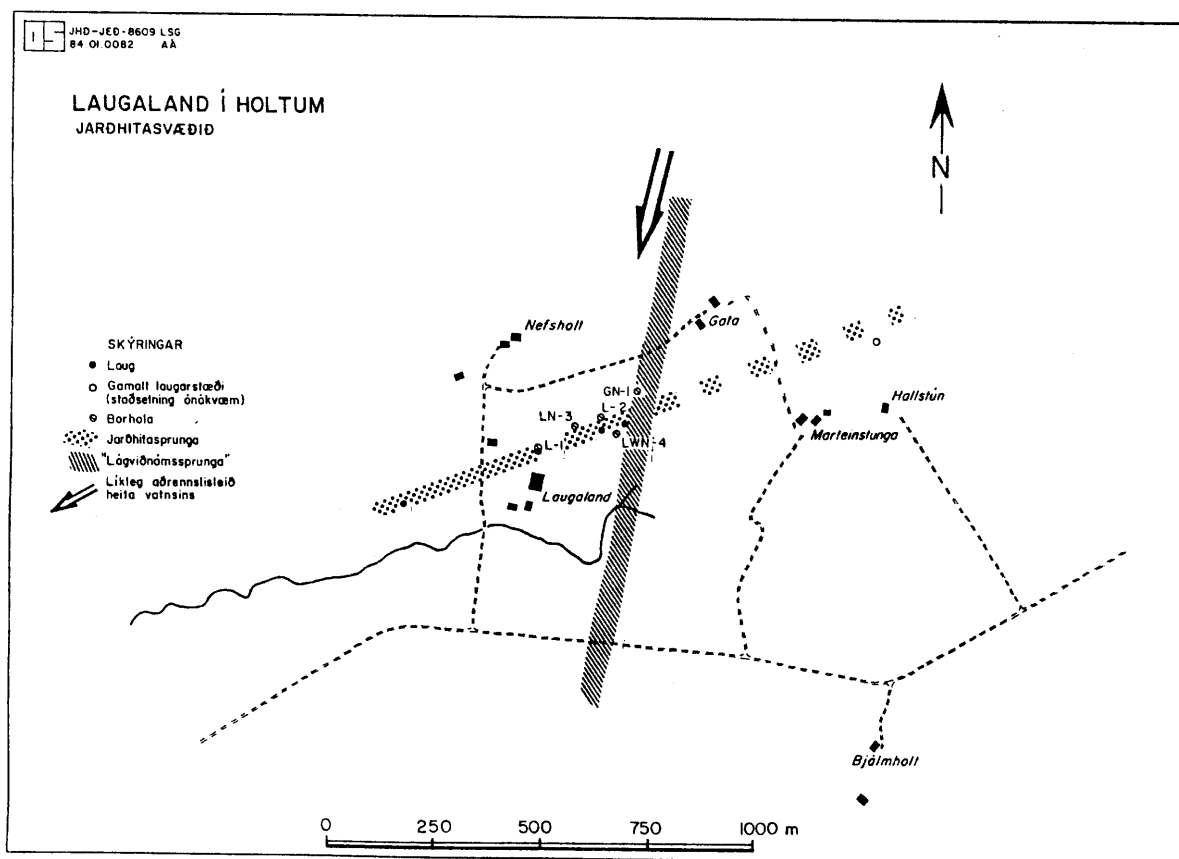
MYNDASKRÁ

1 Jarðhiti, borholur og sprungukerfi á Laugalandssvæðinu.....	5
2 Gangur borunar hola GN-1.....	9
3 Hitamælingar í GN-1 gerðar í borun.....	11
4 Hitamælingar í GN-1 gerðar í borlok.....	12
5 Vatnsborð og rennsli úr LWN-4 og GN-1 í loftdælingu úr GN-1 6.-8. október 1984.....	16
6 Vatnsborð GN-1 við loftdælingu 6.-7. október 1984.....	16
7 Vatnsborð, hiti og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 1982-1987.....	18
8 Vatnsborð LWN-4 eftir stöðvun dælu 15. ágúst 1983.....	20
9 Þrepaðæling úr LWN-4 í mars 1983.....	20
10 Vatnsborð og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 veturinn 1984-1985.....	21
11 Vatnsborð, hiti og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 vorið 1987.....	22
12 Breytingar á vatnsborði LN-3 við vinnslu úr LWN-4 vorið 1983.....	23
13 Einingarniðurdráttur á Laugalandi.....	25
14 Samanburður mælds og reiknaðs vatnsborðs.....	26
15 Viðbrögð líkana og samanburður við einingarniðurdrátt.....	27
16 Vinnsluspá fyrir Laugalandssvæðið.....	28
17 Breytingar á styrk kísils með tíma í vatni úr LWN-4.....	31
18 Breytingar á styrk natríums og klórs með tíma í vatni úr LWN-4.....	31

1 INNGANGUR

1.1 Aðdragandi verksins

Sumarið 1983 voru gerðar viðnámsniðsmælingar á vinnslusvæði Hitaveitu Rangæinga við Laugaland í Holtum og nágrenni þess. Tilgangur þeirra var að leita að vatnsleiðandi sprungum til að auðvelda val á borstæði fyrir nýja vinnsluholu á laugasvæðinu. Niðurstöður þeirra ásamt niðurstöðum borholu-mælinga sem gerðar voru um svipað leyti í vinnsluholu Hitaveitunnar, LWN-4, voru birtar í skýrslu Orkustofnunar: "Laugaland í Holtum. Viðnáms-mælingar og mælingar í holu LWN-4 sumarið 1983" (Lúðvík S. Georgsson og Steinar Þór Guðlaugsson 1984). Í skýrslunni eru leiddar líkur að því að við Laugaland skerist tvö sprungukerfi, annað þeirra með stefnu $N75^\circ A$ og fer það saman við jarðhitasprungu þá sem laugar á yfirborði voru taldar koma upp á, og hitt í stefnu $N15^\circ A$ og gæti það leitt heita vatnið inn á svæðið. Kerfin skerast skammt norðaustur af holu LWN-4. Þetta var nokkur breyting frá eldri hugmyndum um uppkomu jarðhitans en þó ekki ólíkt þeim (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978; Lúðvík S. Georgsson o. fl. 1981). Lagt var til að næsta vinnsluhola yrði boruð í námunda við holu LWN-4, nánar tiltekið 110 m NNA af henni og stefnt að því að skera norðnorðaustlæga sprungukerfið neðan 600 m dýpis. Mynd 1 sýnir jarðhita, sprungukerfi og staðsetningu borhola.



Mynd 1 Jarðhiti, borholur og sprungukerfi á Laugalandssvæðinu.

Hola GN-1 var boruð sumarið 1984. Hér á eftir verða dregnar saman helstu niðurstöður borunar holunnar. Þar er að verulegum hluta byggt á greinargerð Orkustofnunar: "Hóla GN-1 í Götum í Holtum, bráðabirgðaniðurstöður um borun og prófun holunnar" (Lúðvík S. Georgsson og Þorsteinn Thorsteinsson 1984). Í framhaldi af því er fjallað um vatnsvinnslu á Laugalandssvæðinu síðan vinnsla með djúpdælum hófst á svæðinu. Loks er rætt um hvaða úrræði eru vænlegust til að auka orkuvinnslugetu Hitaveitu Rangæinga og lagðar fram tillögur um frekari rannsóknir. Verkið er unnið samkvæmt rannsóknasamningi nr. 686091-1987 milli Orkustofnunar og Hitaveitu Rangæinga.

1.2 Fyrri boranir og upphaf Hitaveitu Rangæinga

Áður en vinnsla hófst kom jarðhitinn við Laugaland í Holtum upp í fjórum laugum eða volgrum, sem röðuðu sér á 600 m langa línu sem stefnir N70-75°A (l. mynd). Hiti var hvergi mikill og mun hafa mælst hæstur um 43°C. Fyrstu holurnar (L-0 og L-1) voru boraðar árið 1946 í heitustu laugina. Úr holu L-1 (91 m) komu um 3 l/s af 42°C heitu vatni, sem var notað í sundlaug og til upphitunar á samkomuhúsi. Hola L-2 var boruð árið 1963. Hún varð 206 m djúp og úr henni fengust með sogdælu um 4 l/s af tæplega 50°C heitu vatni úr æðum á 80-120 m dýpi. Vatnið var notað til upphitunar á skólahúsunum á Laugalandi (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978).

Sumarið 1977 var fyrsta djúpa hola á svæðinu (LN-3) boruð í 1308 m. Undanfari borunar voru allítarlegar yfirborðsmælingar, sem gáfu til kynna að jarðhitinn kæmi upp vegna samspils sprungu og bergangs. Holunni var ætlað að skera jarðhitasprunguna. Það markmið náðist ekki og gaf hola lítið vatn. Borun LN-3 var þó ekki alveg árangurslaus, því að hitamælingar gáfu til kynna að um 90°C heitt vatnskerfi væri í námunda við holuna neðan 600 m dýpis. Lagt var til að ný hola yrði boruð nokkru austar til könnunar á því (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978).

Hola LWN-4 var boruð sumarið 1980. Í fyrsta áfanga varð hún 844 m djúp. Í holuna kom mikið vatn aðallega úr æðum á um 750 og 840 m dýpi. Sjálfrennsli í lok borunar var um 21 l/s. Skammtíma loftdælingar gáfu til kynna að hola væri mjög opin. Til að mynda gaf 5 klst. loftdæling með stengur á 160 m dýpi um 50 l/s af 86°C heitu vatni. Hólan stíflaðist fljótlega í 807 m og minnkaði sjálfrennsli þá í 9,5 l/s (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1980). Í þetta skipti var ekki gengið frá holunni og fór borinn frá henni ófóðraðri. Hólan stóð síðan að mestu lokuð fram í mars 1982.

Í framhaldi af þessu hófust viðræður milli Holtahrepps annars vegar og ráðamanna á Hellu og Hvolsvelli hins vegar um að þeir síðarnefndu yfirtækju holuna með lagningu hitaveitu þangað í huga. Samningaviðræður drógu út á langinn og á meðan var ekki gengið frá holunni né gerðar ítarlegar afkastamælingar á henni og svæðinu í heild, eins og lagt var til í skýrslu

Orkustofnunar (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1981). Á sama tíma var hafist handa við hönnun hitaveitu fyrir Hellu og Hvolsvöll.

Vorið 1982 var hola LWN-4 dýpkuð í 1014 m og fóðruð í 292 m með 1 3/4" vinnslufóðringu. Dýpkun holunnar gekk illa vegna hruns. Erfiðlega gekk að ná borsvarfi upp úr henni og var m.a. gripið til umdeilda aðgerða eins og að nota borleðju við dýpkunina. Líklegt er að æðar holunnar hafi teppst að nokkru vegna þessara aðgerða. Afkastamælingar eftir hreinsun og dýpkun bentu til að úr holunni mætti fá 30-40 l/s af um 97°C heitu vatni miðað við um 100 m vatnsborðslækkun fyrsta árið (Þorsteinn Thorsteinsson og Lúðvík S. Georgsson 1982).

Undirbúningsframkvæmdir við hitaveituna hófust sumarið 1981, en lagning meginhluta dreifikerfisins og aðveituæðar fór fram sumarið 1982. Í desember 1982 hófst dæling úr holu LWN-4 og um leið tók Hitaveita Rangæinga til starfa. Starfsemin gekk vel til að byrja með. Í febrúarmánuði 1983 bilaði djúpdælan í holunni og ný dæla gafst upp strax eftir að hún var sett niður í holuna. Í kjölfar þessara bilana stöðvaðist rekstur hitaveitunnar í 2 vikur. Rannsóknir leiddu í ljós að dælurnar höfðu bilað vegna röskunar á stillingu dælanna við hitapenslu. Jafnframt kom í ljós að lækkun vatnsborðs var meiri en áætlað var í upphafi. Eftirlit með vinnslunni fyrstu mánuðina var lítið en líklega var dælt 30-40 l/s fyrstu vikurnar en síðan a.m.k. 20-25 l/s (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1983). Rekstrarstöðvunin dró mjög úr trausti heimamanna á fyrirtækinu og hafði það slæm áhrif á rekstrarstöðu hitaveitunnar næstu árin. Síðan hefur rekstur Hitaveitu Rangæinga gengið áfallalaust og vinnslueftirlit verið í góðu lagi. Vatnsskortur hefur þó ótvírætt dregið úr mögulegri vatnssölu.

2 HOLA GN-1 Í GÖTU

2.1 Staðsetning GN-1

Eins og fram kemur í inngangi var holu GN-1 valinn staður 110 m NNA af fyrstu vinnsluholu hitaveitunnar, LWN-4. Borstæðið er í landi Götu í Holtum og liggja landamerki Laugalands (Nefsholts) og Götu mili holanna. Áður en borun hófst hafði hitaveitan tryggt sér heitavatnsréttindi í landi jarðarinnar. Tekið var mið af holu LWN-4 og afstöðu hennar til norðlæga sprungkerfisins, og nýja holan staðsett þannig að hún skæri sprungukerfið á 600 m dýpi eða þar um bil. Mælt var með að notuð yrði loftdæling í borun til að létta á vatnssúlunni og draga þar með úr hættu á að borsvarf þétti vatnsæðar, auk þess sem slík "sogborun" auðveldar mat á afköstum holu meðan á borun stendur.

2.2 Borun GN-1

Hola GN-1 í Götu var boruð sumarið 1984 og er gangi borverksins lýst á 2. mynd. Verkið var að mestu unnið samkvæmt verklýsingu Jarðhitadeildar (Sverrir Þóhallsson 1984). Áætlunin hljóðaði í stuttu máli uppá eftirfarandi: Fyrsti áfangi var höggborun niður á 20-30 m dýpi, þá var ráðgert að bora fyrir fóðringu niður á um 400 m dýpi, loks var áætlað að bora niður á um 1000 m dýpi og nota svokallaða sogborun eftir að vatnsæðar kæmu inn í holuna til að draga úr hættu á að þær stífluðust af svarfi við áframhaldandi borun.

Forborað var niður á 36 m dýpi með Höggbor 6. Að því loknu tók jarðborinn Narfi frá Jarðborunum ríkisins við verkinu og hóf borun 21. júní 1984. Hann boraði fyrir fóðringu með 12 1/4" krónu, niður á 402 m dýpi. Borun gekk fremur hægt en án áfalla. Fóðrað var með 11 3/4" röri í 402 m. Þessi hluti borverksins tók alls 42 verkdaga.

Að fóðrun lokinni var hjálparfóðring sett niður á 154 m dýpi svo að hægt væri að bora með loftdælingu eftir að vatnsæðar kæmu inn, þ.e. sogbora. Borun hófst að nýju 22. ágúst og var borað með 8 1/2" krónu. Tveimur dögum síðar er borinn var kominn niður á um 475 m dýpi opnaðist holan og missti borinn allt skolvatn, um 30 l/s. Eftir 6 klst. loftdælingu, sem gaf 30-32 l/s, var hafist handa við borun að nýju. Nú var sogborað með góðum árangri og var heimtan á skolvatni og borsvarfi góð. Borun gekk greiðlega niður á 916 m dýpi og voru þá liðnir 17 verk dagar frá því að fóðrun lauk.

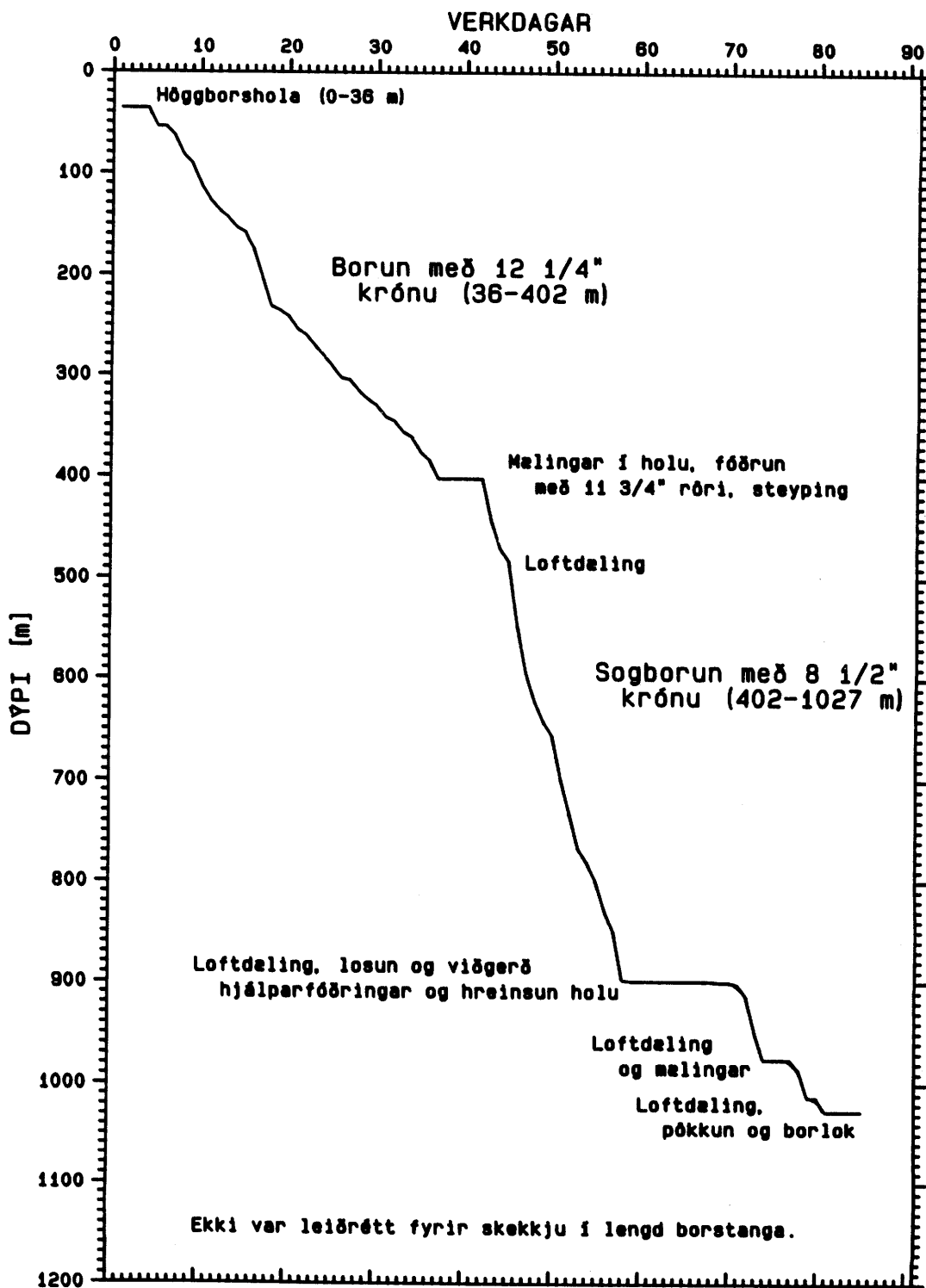
Er hér var komið sögu varð það óhapp við borun að 9 af 14 rörum losnuðu neðan af hjálparfóðringunni og festist lengjan í endanum á fóðurröri. Upptekt borstanga leiddi í ljós, að á sama tíma höfðu öll hjól brotnað af bor krónunni. Jafnframt kom í ljós við hitamælingar að vatnsæð var nærri

JHD-JED-8709-LSG
87-06-0635-T

HITAVEITA RANGÆINGA

Gata í Holtum

Borun holu GN-1



Mynd 2 Gangur borunar holu GN-1.

botni holunnar og var farið að renna úr æðinni í 475 m niður eftir holunni. Það þótti því til nokkurs að vinna að geta haldið borun áfram. Eftir árangurslausar tilraunir til að losa hjálparfóðringuna var ákveðið að skera hana í sundur á um 400 m dýpi og skilja tæpa 20 m eftir niðri í holunni. Þessi aðgerð gekk vel. Í framhaldi af því var settur niður hnallur til að snyrta endann á hjálparfóðringunni og "mylja" hjólin í botni holunnar. Það gekk einnig vel. Loks var hjálparfóðring sett niður á 160 m dýpi. Alls tafðist verkið um 11 verkdaga vegna þessa óhapps.

Borun gekk nú vel niður á 995 m dýpi. Þann 6.-7. október var holan prófuð með langri loftdælingu. Í framhaldi af því var ákveðið að bora áfram. Holan var boruð niður á 1046 m dýpi, en borun gekk hægt undir lokin vegna þess að borsvarf og skolvatn skilaði sér ekki nógu vel svo að illa gekk að hreinsa holuna af sandi. Eftir að borun var hætt, var holan prófuð að nýju, m.a. með pakkara á 655 m dýpi til að hindra rennsli milli æða. Verkinu lauk 21. október og hafði þá tekið alls 85 verkdaga.

Ósamræmi kom fram milli þess dýpis sem bormenn gáfu upp og skráð er í borskýrslur annars vegar og mælds dýpis með mælingabíl hins vegar. Þegar farið var að leita skýringa kom í ljós að þau mál sem notuð höfðu verið á borstöngum voru ekki rétt. Holan er því um 19 m dýpri en borskýrslur gefa til kynna. Hér hefur verið leitast við að leiðrétta þessa skekkju eftir megni (þó ekki á 2. mynd).

2.3 Vatnsæðar og hitamælingar

Bormenn urðu varir við tvær vatnsæðar í borun. Sú efri var á 475 m dýpi og var loftdælt úr henni um 30 l/s en sú neðri á um 905 m dýpi. Er farið var að hitamæla holuna komu fleiri vatnsæðar í ljós. Vatnsæðum í holunni má skipta í tvennt, efri æðarnar sem eru á 405-530 m dýpi og neðstu æðina. Holan var hitamæld reglulega í borun. Mælingar eru sýndar á 3. og 4. mynd.

Efri æðarnar eru a.m.k. fjórar talsins. Þær eru í um 405 m, 473 m, 488 m og 530 m. Æðin í 473 m virðist vera langöflugust þeirra og er hún 83-84°C heit. Æðin í 405 m er heitust, 87-88°C, en hinar æðarnar eru kaldari, líklega á bilinu 75-80°C. Í loftdælingu gáfu efri æðarnar að meðaltali 75°C heitt vatn, en við það má bæta 1-2°C vegna kólnunar á leiðinni upp auk þess sem vatnið kólnaði um 5-6°C vegna loftsins.

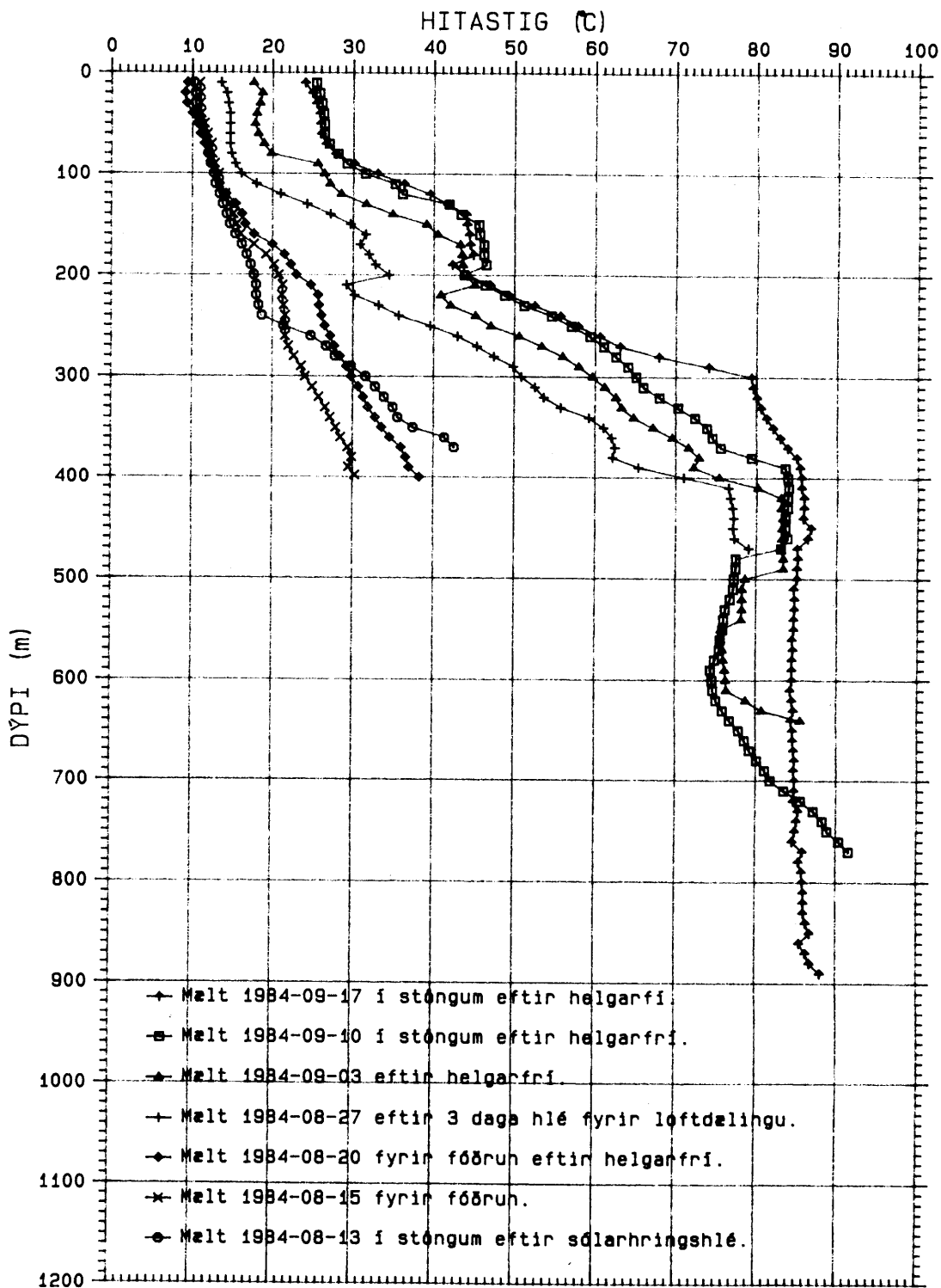
Neðsta æðin er á um 905 m dýpi. Vegna niðurrennslis úr efri æðunum hefur ekki tekist að mæla hitann í henni, en út frá upphitunarferlum botnhita, sem mældir voru á nóttunni og um helgar þegar ekki var borað, má reikna með að æðin sé um 95°C heit. Því til stuðnings má benda á að hitinn í um 960 m mældist tæpar 94°C eftir 3 daga upphitnun.

IE JHD-JED 8609-LSG
87-06-0636-T

HITAVEITA RANGÆINGA

Gata í Holtum

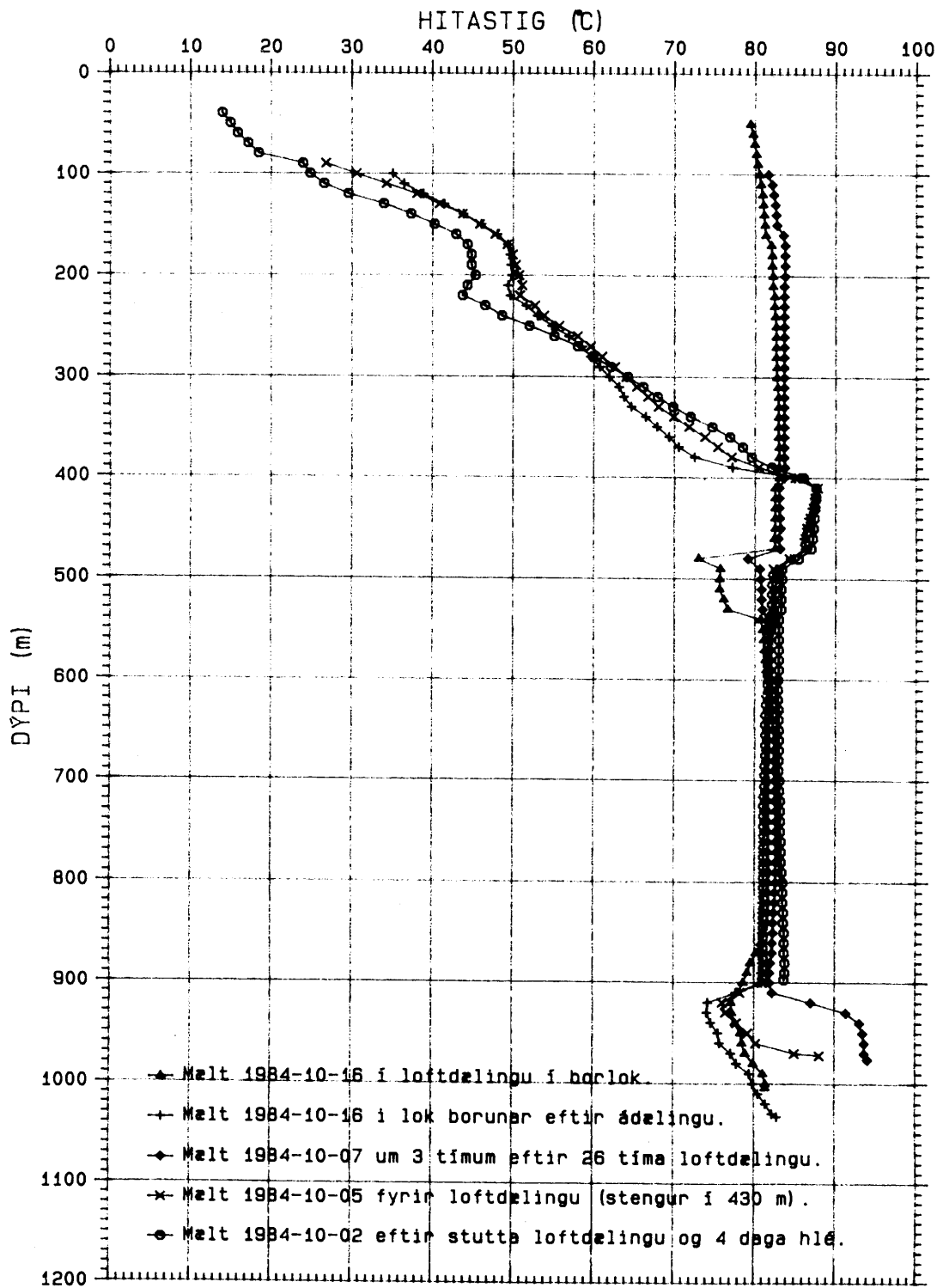
Hitamælingar í GN-1



Mynd 3 Hitamælingar í GN-1, gerðar í borun.

JHD-JED-8609-LSG
87-06-0634 T

HITAVEITA RANGÆINGA Gata í Holtum Hitamælingar í GN-1



Mynd 4 Hitamælingar í GN-1, gerðar í lok borunar.

2.4 Jarðlög, jarðlagamælingar og ummyndun

Hefðbundnar jarðlagamælingar voru gerðar í holunni, bæði fyrir fóðrun hennar og sömuleiðis í lok borunar. Holan var víddarmæld niður á 1025 m dýpi og viðnámsmæld frá 36 m niður á 975 m dýpi. Loks var mæld náttúrleg gammageislun og gerðar neftrónumælingar niður á 976 m dýpi. Svarfi var safnað reglulega á 2 m fresti. Jarðlög í holunni og helstu jarðlagamælingar eru birt á myndum í viðauka A.

Jarðlögum holunnar hefur verið skipt upp í syrpur til einföldunar og hér á eftir fer lýsing þeirra. Jafnframt var reynt að tengja þau við jarðlög í holu LN-3 við Laugaland. Hóla LWN-4 hefur ekki verið jarðlagagreind en samanburður borholumæliferla úr holum LN-3 og LWN-4 hafði hins vegar sýnt að í holunum er undantekningalítið borað í gegnum sömu jarðlög (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1981; Lúðvík S. Georgsson og Steinar Þór Guðlaugsson 1984).

Basaltsyrpa I. Hún er á 34-209 m dýpi. Fínkornótt lítið ummyndað basalt einkennir syrpuna. Setlög eru á 55 m dýpi og einnig nokkuð á 165-180 m dýpi. Á 58-72 m dýpi er basaltið fremur ljóst og grófkristallaðra. Í holu LN-3 er túffkennt set á 100-130 m. Það finnst ekki í holu GN-1.

Dílabasaltsyrpa I. Hún er á 211-336 m dýpi. Hún einkennist af plagióklas- og pyroxendílóttu basalti. Nokkur laganna eru þó dílalaus. Neðsta lagið á 308-331 m dýpi er mun grófkristallaðra og leirfyllt. Lög úr þessari syrpu koma fram í holu LN-3 á 240-334 m dýpi.

Basaltsyrpa II. Hún er á 336-398 m dýpi og samanstendur af fínkornóttum og lítið ummynduðum basaltlögum með gjallkarga. Efst í syrpunni er rautt setlag og er dreif úr laginu á um 20 m kafla. Erfitt er að segja til um þykkt setlagsins.

Dílabasaltsyrpa II. Hún er á 398-492 m dýpi. Meðalgrófkornótt nokkuð ferskleg basaltlög með óverulegum kargalögum einkenna syrpuna. Nokkur laganna eru dílótt. Efsta lag syrpunnar er plagióklasdílótt, einnig er lagið á 464-480 m dýpi nokkuð grófkristallað og pyroxendílótt. Lagið er mjög ferskt en smektít er þó í grunnmassa. Þess má geta að í efri hluta þessa lags á 473 m dýpi er langöflugasta vatnsæð holunnar. Hugsanlegt er að lag þetta sé berggangur.

Basaltbreksíusyrpa I. Hún er á 492-668 m dýpi. Í efstu 60 m er basalt af ýmsum gerðum. Frá 544 m dýpi er svarfið svo fínmuði að ógjörningur er að greina það með vissu. Basaltlög eru á þessu dýptarbili í holu LN-3 á Laugalandi og viðnámsferlar holanna hafa mjög svipaða lög.

Móbergssyrpa I. Hún er á 668-685 m dýpi. Þetta er einungis eitt lag úr lítið ummynduðu móbergi. Meðal annars eru ferskir glerkjarnar í því. Lag þetta finnst einnig í holu LN-3. Þar er það á 664-682 m dýpi.

Basaltsyrpa III. Hún er á 685-1044 m dýpi. fínkornótt og meðalgrófkornótt basaltlög, sem erfitt er að aðgreina í einstök lög, einkenna syrpuna. Á 920-960 m dýpi er grófkornótt fersklegt basaltlag. Í holu LN-3 er greindur dólerítgangur á 932-944 m dýpi. Á 840-852 m dýpi er plagíóklasdílótt basaltlag. Einnig greindist vottur af plagíóklas með holufyllingum sem greindar voru af 690 og 797 m dýpi.

Mjög lítið er af holu- og sprungufyllingum í svarfinu úr holunni. Nokkur sýni voru þó athuguð. Í þeim fundust aðallega stilbít og heulandít. Einnig fannst vottur af kabasíti og kvarsi í fáeinum sýnum. Í holu LN-3 reyndist mesólít/skólesít vera í hverju sýni og analsím og heulandít í nokkrum sýnum en stilbít greindist ekki.

Ummyndunarsteindir úr báðum holunum verða allflestar til við svipaðan hita og gefa því sömu vísbendingu um hita (af völdum jarðhita) í berginu sem þær mynduðust í.

2.5 Efnainnihald heita vatnsins

Í töflu 6 í kafla 3.4 eru birtar efnagreiningar á þeim sýnum sem hafa verið tekin úr LWN-4 og GN-1. Í kaflanum er fjallað um samanburð á vatni úr holum GN-1 og LWN-4 og þær breytingar sem orðið hafa á efnasamsetningu vatns úr holu LWN-4 með tíma. Rétt er að hér komi fram að vatn úr holunum er ólíkt að efnasamsetningu. Vatn úr holu GN-1 er efnasnauðara og með ör-lítið herra sýrustig. Munur á efnasamsetningu vatnsins bendir til mismunandi uppruna.

2.6 Loftdælingar og spár um vinnslugetu GN-1

Loftdælt var úr GN-1 til afkastamælinga og hreinsunar vatnsæða með hjálparfóðringu á 154 m og 160 m dýpi og borstengur á allt að 254 m dýpi. Jafnframt var mælt vatnsmagn, vatnsborð og hiti holu LWN-4.

Fyrsta loftdælingin var gerð 27. ágúst, þremur dögum eftir að skoltap varð á 475 m dýpi. Dælt var 30-32 l/s í 5 1/2 klst. Hiti varð hæstur 75,3°C og fór hækkandi. Vatnsborð GN-1 fyrir dælingu var -71 m en ekki var unnt að mæla það meðan loftdælt var vegna einstefnuloka í borlengjunni. Marktækra áhrifa frá loftdælingunni virtist ekki gæta á vatnsborð og dælingu í LWN-4.

Lengsta loftdælingin úr GN-1 fór fram 6.-7. október (5. og 6. mynd). Holan var þá 995 m djúp. Dælt var 23-35 l/s í um 26 klst. Hiti var 73-77°C. Vatnsborðslækkun var orðin 40 m eftir 24 klst, en þá var dregið úr dælingu vegna hitamælinga. Vatnsborð LWN-4 lækkaði á sama tíma um 20 m, og það vatnsmagn, sem var dælt úr henni, minnkaði um allt að 5 l/s, þó að afköst dælnnar væru tvívegis aukin. Eftir að dælt hafði verið í 5 klst., eða álíka lengi og dælt var 27. ágúst höfðu afköst LWN-4 minnkað um 2,2 l/s og vatnsborð hennar lækkað um 2 m. Þessi viðbrögð benda til að áhrifa gæti frá æðinni í 905 m. Loftdæling í 2 klst. úr dýptarbilinu 403-655 m, sem gerð var eftir pökkun þann 18. október, styður þetta, en þá kom ekki fram marktæk breyting í LWN-4. Sú loftdæling var þó of skammvinn og sker því ekki með vissu úr um hver tengslin eru milli efri æða GN-1 og æðanna í LWN-4.

Síðasta loftdælingin úr GN-1 var gerð 19. október eftir upptekt pakkara úr 655 m. Þá var dælt allt að 35 l/s af 77°C heitu vatni í tæpar 3 klst. Vatnsborð lækkaði um 21 m úr 97 m í 118 m. Þetta er sambærilegt við lækkun á jafnlöngum tíma 6. október, sé tekið tillit til vatnsmagns.

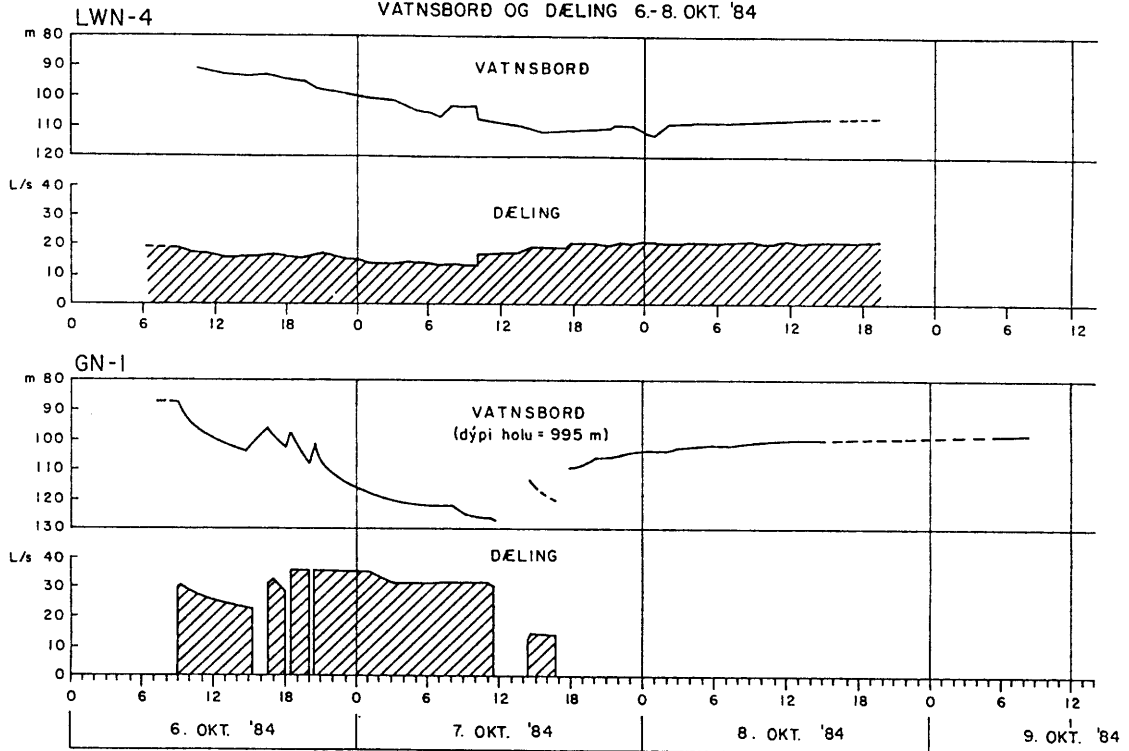
Forritasafn Jarðhitadeildar til túlkunar á dæluþrófunum (1984) var notað til úrvinnslu dælingagagnanna. Mæligögnin samræmdust líkani, sem byggir á rennsli eftir lóðréttri sprungu án tregðu við holuveggi. Dælingarferlarnir voru þó of stuttir til þess að unnt væri að framreikna þá með nokkru ör-yggi til lengri tíma, auk þess sem mikil óvissa var um hita og afkastagetu æðarinnar á 905 m dýpi.

Út frá lengsta ferlinum, frá dælingunni 6.-7. október, mátti reikna vatnsleiðnina, $T = 1,37 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa s}$ ($1,31 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), vatnsrýmdina, $S = 2,5 \times 10^{-9} \text{ m}/\text{Pa}$ ($2,4 \times 10^{-5}$), og hálfra lengd sprungu = 518 m (6. mynd). Þessi gildi gáfu vatnsborðslækkun um 57 m á 3 mánuðum vegna t.d. 12 l/s vatnsvinnslu en 63 m á 6 mánuðum. Þá er gert ráð fyrir 18 l/s dælingu úr LWN-4 eða samtals 30 l/s vinnslu úr jarðhitakerfinu.

Sé gengið út frá ofangreindum gildum og t.d. miðað við 30 l/s dælingu í 3-6 mánuði var talið að dælu holanna þyrftu að vera á 170-180 m dýpi. Hins vegar var einnig ljóst að reglubundið vinnslueftirlit með mælingum á vatnsmagni, vatnsborði og hita var nauðsynlegt til ákvarðana um dælugerðir og dæludýpi í hvorri holu í framtíðinni.

JHD-SK-8609-P TH
84.11.1214.00

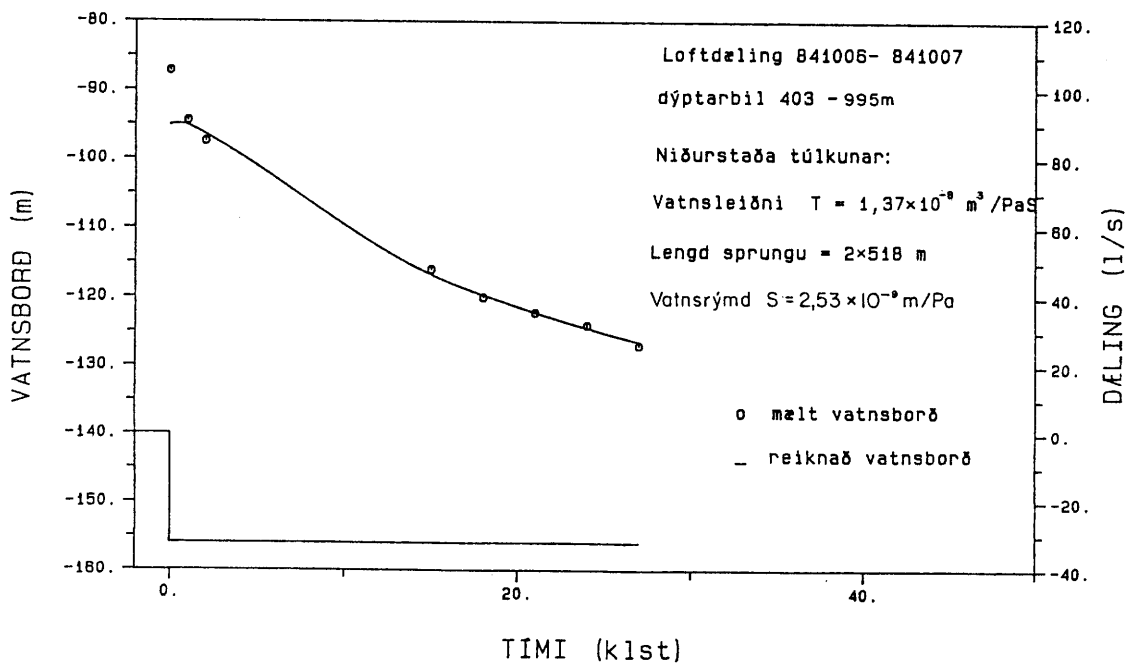
LAUGALAND Í HOLTUM
HOLUR LWN-4 OG GN-1
VATNSBORÐ OG DÆLING 6.-8. OKT. '84



Mynd 5 Vatnsborð og dæling úr LWN-4 og GN-1 þegar loftdælt var úr GN-1 6.-8. október 1984.

JHD-SK-8609-T
84.10.25 P. TH. (84.11.) 1213

GATA HOLA GN1



Mynd 6 Vatnsborð GN-1 við loftdælingu 6.-7. október 1984.

3 HEITAVATNSVINNSLA Á LAUGALANDSSVÆÐINU 1982-1987

3.1 Vatnsvinnsla og vatnsborð LWN-4 og GN-1

Frá því að fóðrun og dýpkun holu LWN-4 lauk í maí 1982 var sjálfrennsli úr henni 7-8 l/s. Í lok árs 1982 hófst dæling úr henni og eftir það hefur heitt vatn aðeins verið unnið með djúpdælum á Laugalandssvæðinu, fyrst eingöngu úr LWN-4, en síðar bættist GN-1 við; nýting hennar hefur þó aldrei orðið mikil né langvarandi.

Djúpdæla var fyrst gangsett í holu LWN-4 þann 4. desember 1982 og hefur verið dælt nær óslitið úr holunni síðan. Þó varð 20 daga hlé á dælingu í febrúar og mars 1983 vegna dælubilana (sjá Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1983). Ennfremur var gert 12 daga hlé á dælingu í október 1985 þegar skipt var um dælu.

Dæling úr holu GN-1 hefur verið slitrótt frá því að borun hennar lauk í október 1984. Lengst var dælt úr henni samfelld, 6-13 l/s, frá 13. desember 1984 til 16. febrúar 1985. Mestu magni, 19,5-24,5 l/s var dælt 4.-16. október 1985 á meðan skipt var um dælu í holu LWN-4.

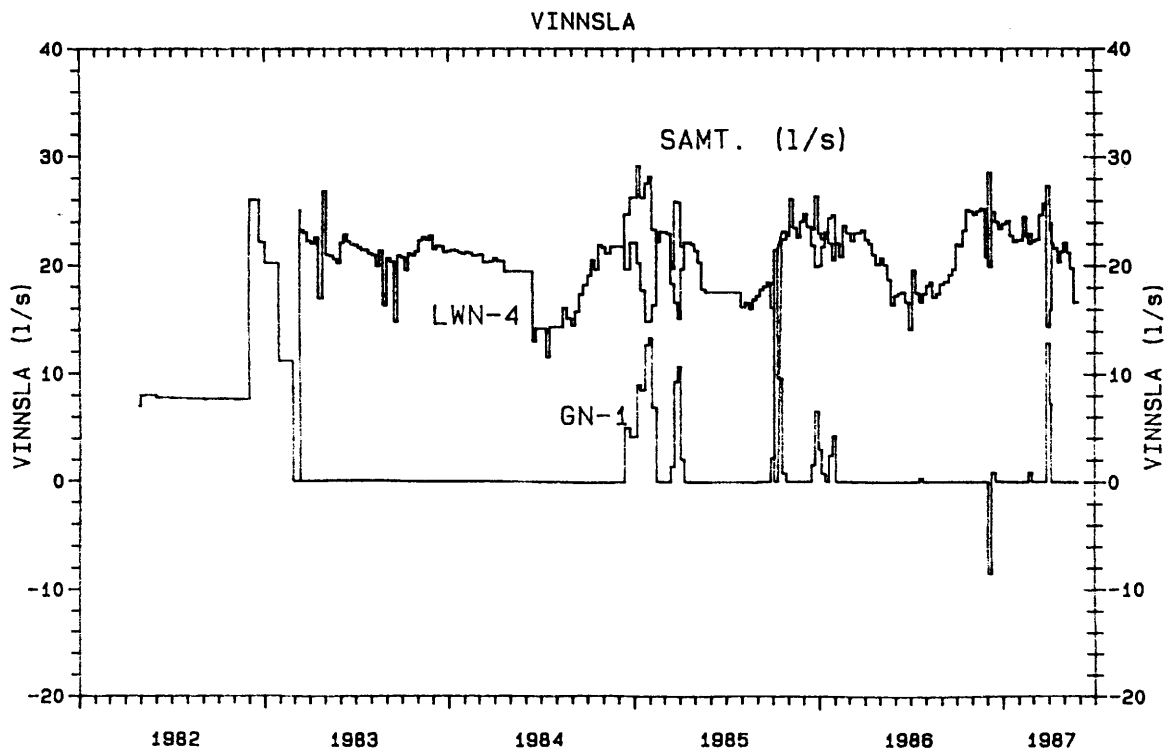
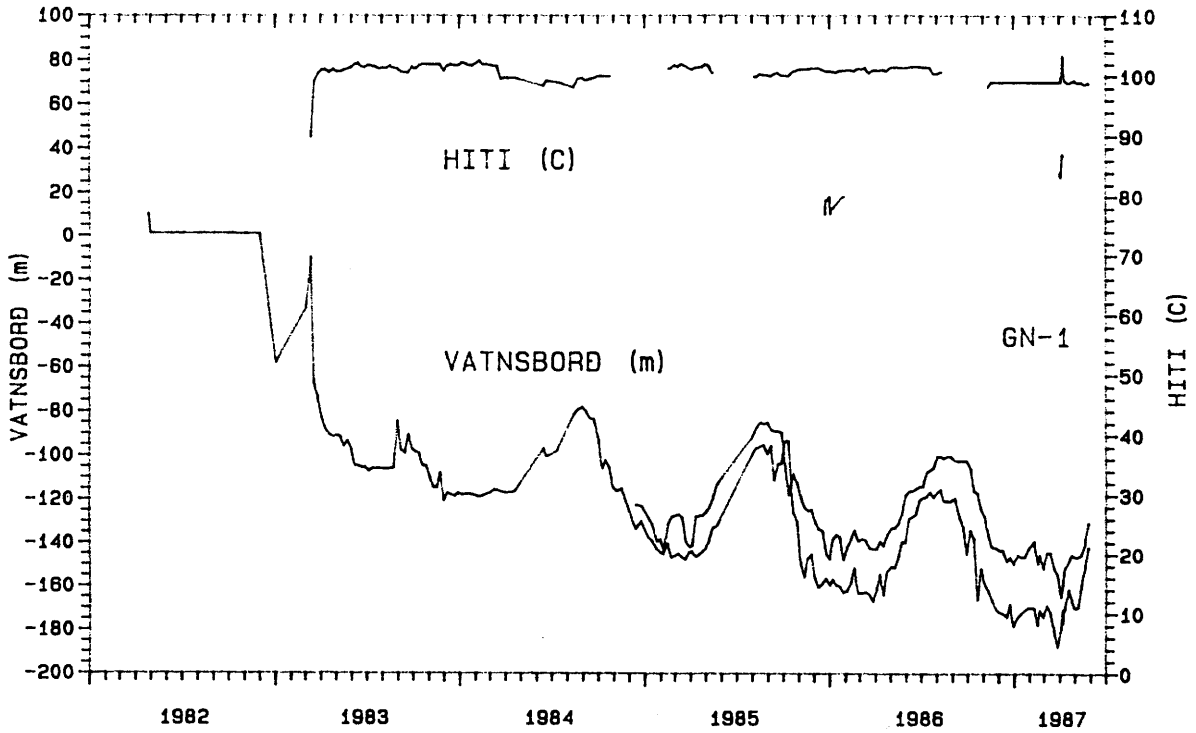
Vatnsvinnsla úr holu LWN-4 hefur verið skráð með hjálp teljara frá því í mars 1983, en í holu GN-1 frá því í mars 1985. Vatnsvinnsla úr GN-1 fyrir þann tíma var reiknuð og að nokkru leyti áætluð út frá aflestrum á rennslismæli miðlunartanks og teljara á holu LWN-4. Sama á við um þann tíma sem teljarinn var óvirkur í mars 1987. Gert var ráð fyrir að mælir miðlunartanks sýndi um 80% af heildarvinnslunni og er þá tekið tillit til notkunar á Laugalandi og skekkju. Á 7. mynd er sýnt vikulegt meðaltal vatnsvinnslu úr holunum ásamt skráðu vatnsborði og hita frá því að sjálfrennsli hófst úr holu LWN-4. Í töflu 1 er vatnsvinnsla hvers árs og vatnsborð í holunum í árslok. Heildarvatnsvinnslan úr holunum frá upphafi var í árslok 1986 orðin um 2,77 miljón rúmmetrar. Dýpi á dælur er nú um 225 m í LWN-4 en 219 m í GN-1.

TAFLA 1: Árvinnsla á Laugalandssvæðinu og vatnsborð hola í árslok.

Ár	Heildarvatnsvinnsla (Gl)	Meðalvinnsla yfir árið (l/s)	Vatnsborð í LWN-4 (m)	Vatnsborð í GN-1 (m)
1982	0,199	-	-58	-
1983	0,636	20,2	-118	-
1984	0,604	19,2	-132	-125
1985	0,669	21,2	-160	-136
1986	0,660	20,9	-176	-145

JHD-BM-8609 p-Th
87.06.0575. T

HOLUR LWN-4 OG GN-1
VINNSLA, VATNSBÖRD OG HITI 1982-1987



Mynd 7 Hiti, vatnsborð og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 1982-1987.

Vatnsborð vinnsluholanna endurspeglar þrýstiástand aðrennslisæðanna. Eftir dælubílanirnar í mars 1983 var farið að mæla vatnsborð LWN-4 reglulega með köfnunarefni og mæliröri við dælu. Með vatnsborði GN-1 hefur verið fylgst á sama hátt frá því í desember 1984 er gengið var frá dælubúnaði í holunni. Sjálfrennsli var úr holu LWN-4 í borun. Eftir dýpkun og fóðrun holunnar vorið 1982 mældist skammtíma lokunarþrýstingur hennar um 1 bar. Upphaflegur þrýstingur vatnsæða holunnar er óþekktur en, ef að líkum lætur, hefur hann verið allmiklu hærri en mælda skammtímagildið segir til um. Vatnsborð GN-1 er skráð -145 m í árslok 1986 (tafla 1) og hefur því orðið a.m.k. 155 m vatnsborðslækkun á svæðinu á rúmum 4 árum. Meðalvinnslan á sama tímabili er um 20,4 l/s.

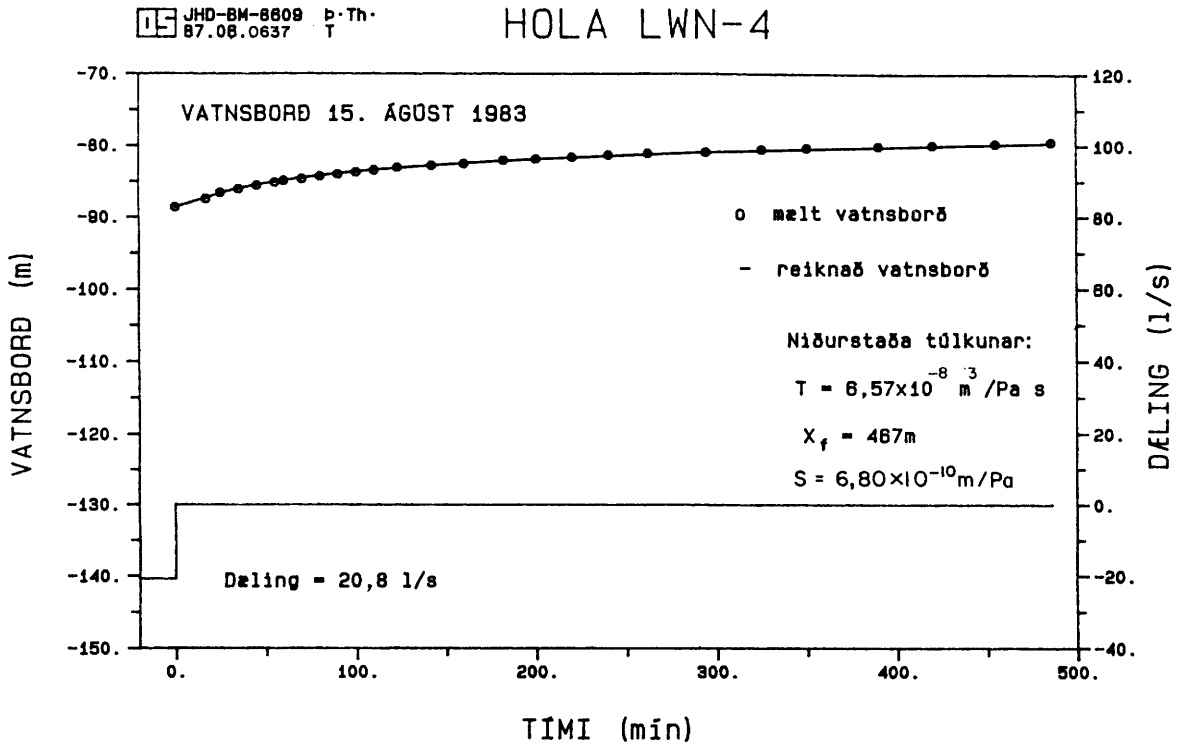
Skammtímaprófanir hafa verið gerðar á holum LWN-4 og GN-1 til þess að meta vatnsleiðni í næsta nágrenni þeirra. Samanburður á niðurstöðum fyrir loftdælingu í GN-1 frá því í október 1984 (6. mynd) og hækkun vatnsborðs í LWN-4 eftir stöðvun dælu 15. ágúst 1983 (8. mynd) gefur til kynna að vatnsleiðnin sé 4-5 sinnum meiri við LWN-4 en umhverfis GN-1.

Lækkun vatnsborðs í GN-1 vegna iðustreymis er lítil sem engin. Í LWN-4 er hún aftur á móti töluverð, sem bendir til nokkurra rennslitakmarkana í veggjum holunnar. Í þrepaðælingu, sem gerð var í mars 1983 (9. mynd), var iðustreymisstuðull holunnar ákvarðaður 0,042-0,045 m/(l/s)². Lækkun vatnsborðs vegna iðustreymis er sýnd í töflu 2.

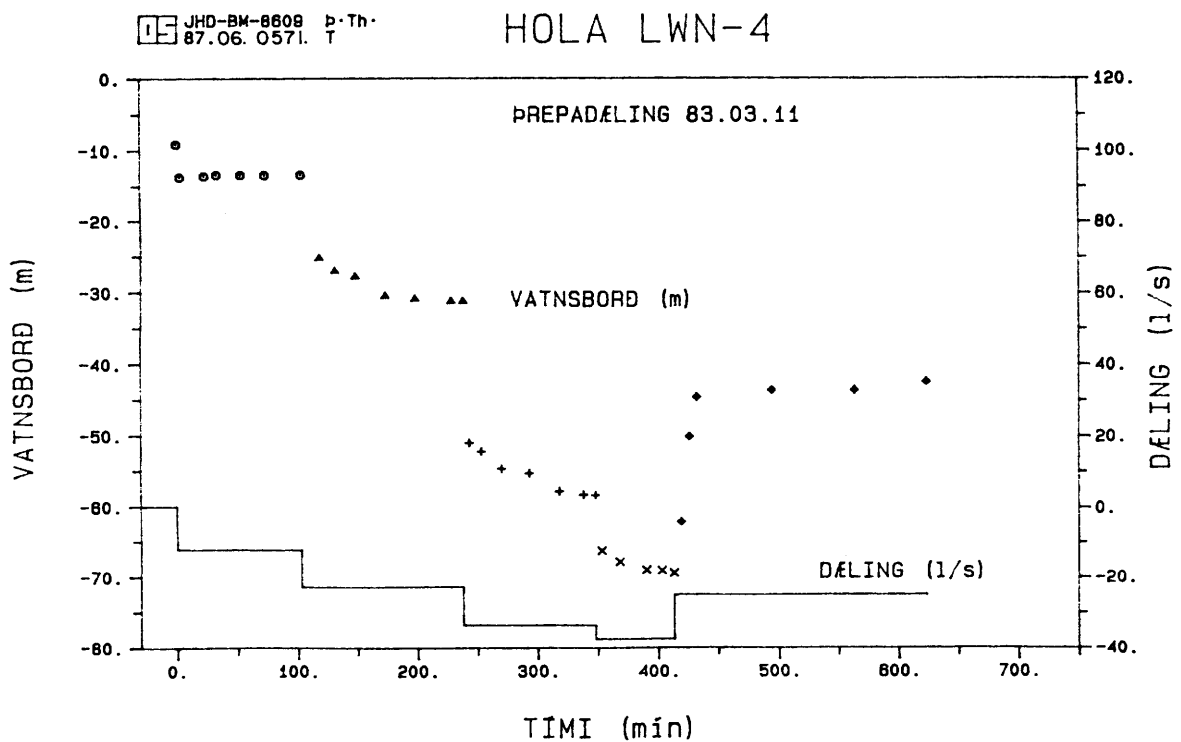
TAFLA 2: Niðurdráttur vegna iðustreymis í LWN-4.

Dæling (l/s)	Niðurdráttur m
15	10,1
20	18,0
25	28,1
30	40,5

Við upphaf borunar GN-1 í júní 1984 og allt niður fyrir fóðringardýpi (402 m) mældist vatnsborð holunnar 2-3 m undir holutoppi. Það er svipað vatnsborð og mældist í holu LN-3. Í vatnsborði LN-3 komu fram áberandi sveiflur tengdar breytingum á skolvatni við borun GN-1. Eftir fóðrun holu GN-1 og eftir að komið var niður fyrir æðina í 473 m féll vatnsborð GN-1 aftur á móti í -77,5 m (mælt 28. ágúst þegar holan var 482 m djúp). Það er sambærilegt við vatnsborð holu LWN-4 á sama tíma, sé tekið tillit til iðustreymis í LWN-4 og kælingu vatnssúlu GN-1 í borun.

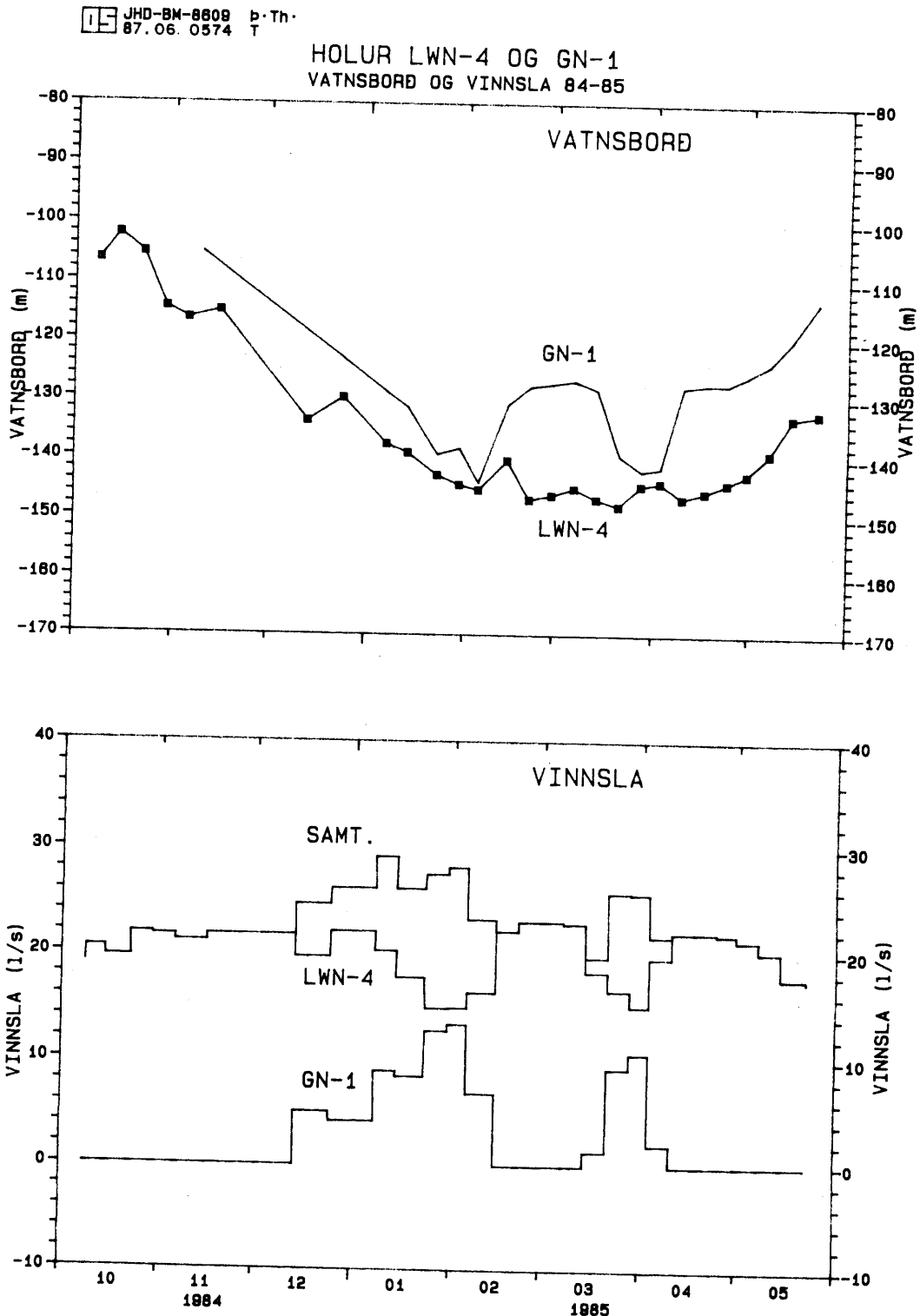


Mynd 8 Breytingar á vatnsborði LWN-4 eftir stöðvun dælu 15. ágúst 1983.



Mynd 9 Þrepaðæling úr LWN-4 í mars 1983.

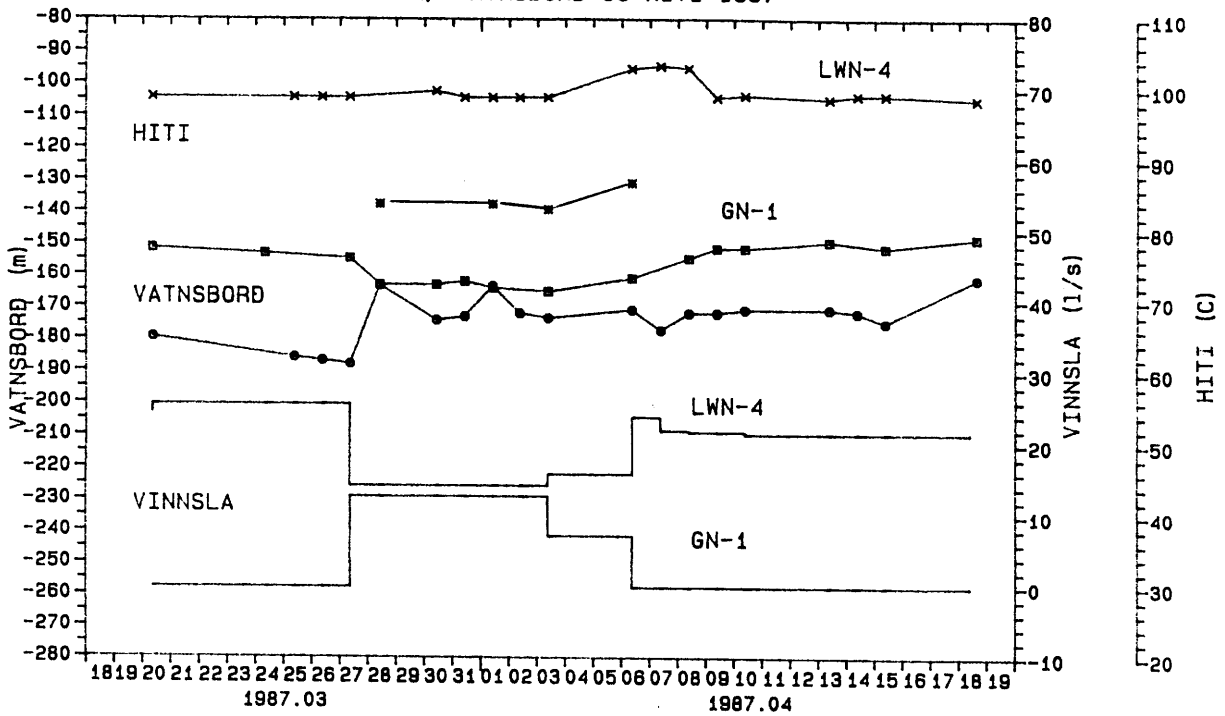
Nokkur tengsl virðast því hafa verið frá byrjun milli efri æða GN-1 og æða LWN-4, þrátt fyrir mismunandi hita þeirra og að þau hafi ekki komið fram í fyrstu loftdælingunum (sjá kafla 2.6). Á 10. mynd er sýnt vatnsborð og vinnsla úr holunum um og eftir áramótin 1984-1985, þegar lengst var dælt úr þeim samtímis. Á 11. mynd er svo vatnsborð, vinnsla, og hiti í holunum þegar dælt var samtímis úr þeim í mars-apríl 1987.



Mynd 10 Vatnsborð og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 veturinn 1984-1985.

JHD-BM-8809 p.Th.
87.06.0573 T

HOLUR LWN-4 OG GN-1 VINNSLA, VATNSBORÐ OG HITI 1987



Mynd 11 Vatnsborð, hiti og vinnsla úr LWN-4 og GN-1 vorið 1987.

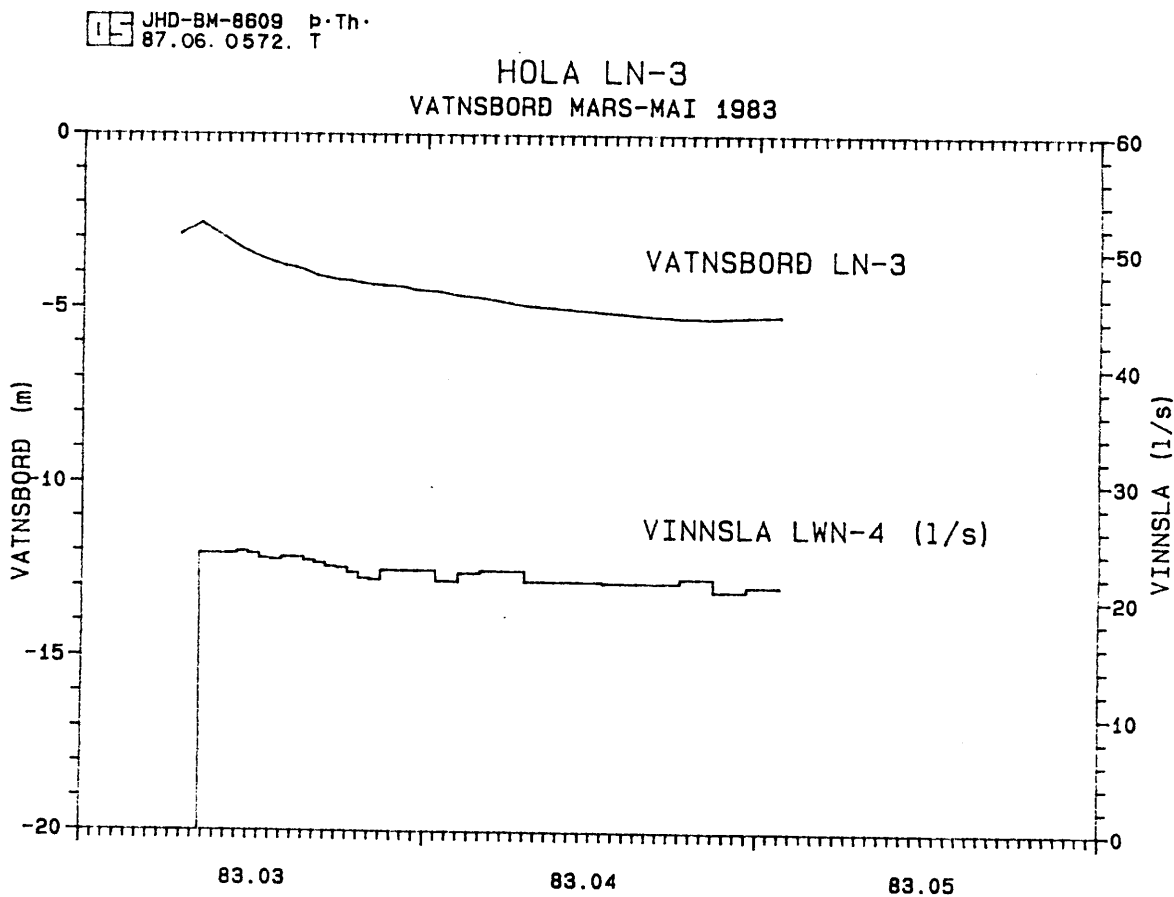
Eins og fram kemur á 7. mynd þá eru árstíðabundnar breytingar í vinnslu um 7 l/s og valda þær um 50 m sveiflu á vatnsborðinu, eða um 7 m fyrir sérhverjum sekúndulíttra. Á myndinni kemur einnig fram að miðað við sömu ársmeðalvinnslu og verið hefur er lækun vatnsborðs milli ára um 7 m, eða svipuð og sveiflan sem verður fyrir sérhverjum sekúndulíttra í ártíðabundnum vinnslubreytingum. Það er því líklegt að með því að minnka meðalársvinnslu um 1-2 l/s, megi, a.m.k. næstu 1-2 árin, halda vatnsborði Laugalandssvæðisins ofan við það sem það var um og eftir áramótin 1986-1987. Í vinnsluspá reiknaðri út frá einingarniðurdrætti (sjá kafla 3.3 og 16. mynd) kemur fram að ef meðalvinnslan er minnkuð úr t.d. 21 l/s í 18 l/s fer vatnsborð fyrst hækkandi en lækkar síðan smám saman aftur. Samkvæmt spánni verður vatnsborðið að 6-7 árum liðnum orðið svipað og það var áður en dregið var úr dælingu.

Af vatnsborðsgögnunum verður ekki ráðið að tilkoma neðri æða holu GN-1, í september 1984, eða að vinnsla úr holunni síðar hafi orðið til þess að breyta viðbrögðum vatnsborðs Laugalandssvæðisins við vinnslu. Hins vegar skapar vinnsla úr GN-1 svigrúm til þess að minnka vinnslu úr LWN-4 og þar með draga úr áhrifum iðustreymis (tafla 2). Meiri og langvinnari dæling úr GN-1 en verið hefur gæti einnig orðið til þess að unnt yrði að ákvarða nánar hugsanleg áhrif hennar á vatnsborð jarðhitasvæðisins. Lægri blöndunarhita vatnsins vegna þess yrði að mæta með viðeigandi ráðstöfunum, þar

sem þeirra væri þörf.

Þau gögn, sem safnað hefur verið um vatnsvinnsluna á Laugalandssvæðinu, eru birt í viðauka B. Þar er að finna vikulegt meðaltal yfir dælingu, vatnsborð og hita í LWN-4 og GN-1 fyrir sérhverja viku, sem til er á skrá, frá því að vinnsla hófst.

Vinnsla úr LWN-4 og GN-1 hefur tiltölulega lítil áhrif á vatnsborð holu LN-3. Mynd 12 sýnir lækun vatnsborðs LN-3 eftir gangsetningu dælu í LWN-4 í mars 1983. Vatnsborðið lækkar um 3 m í -5,3 m á 2-3 mánuðum en byrjar þá að stíga aftur, væntanlega vegna minnkandi vinnslu úr holu 2. Áhrifin frá vinnslu í GN-1 er svipuð en gætir þó fyrr en áhrifa frá LWN-4. Þann 3. júní 1987 mældist vatnsborð LN-3 -2,8 m.



Mynd 12 Breytingar á vatnsborði LN-3 við vinnslu úr LWN-4 vorið 1983.

3.2 Breytingar á hita vatnsins

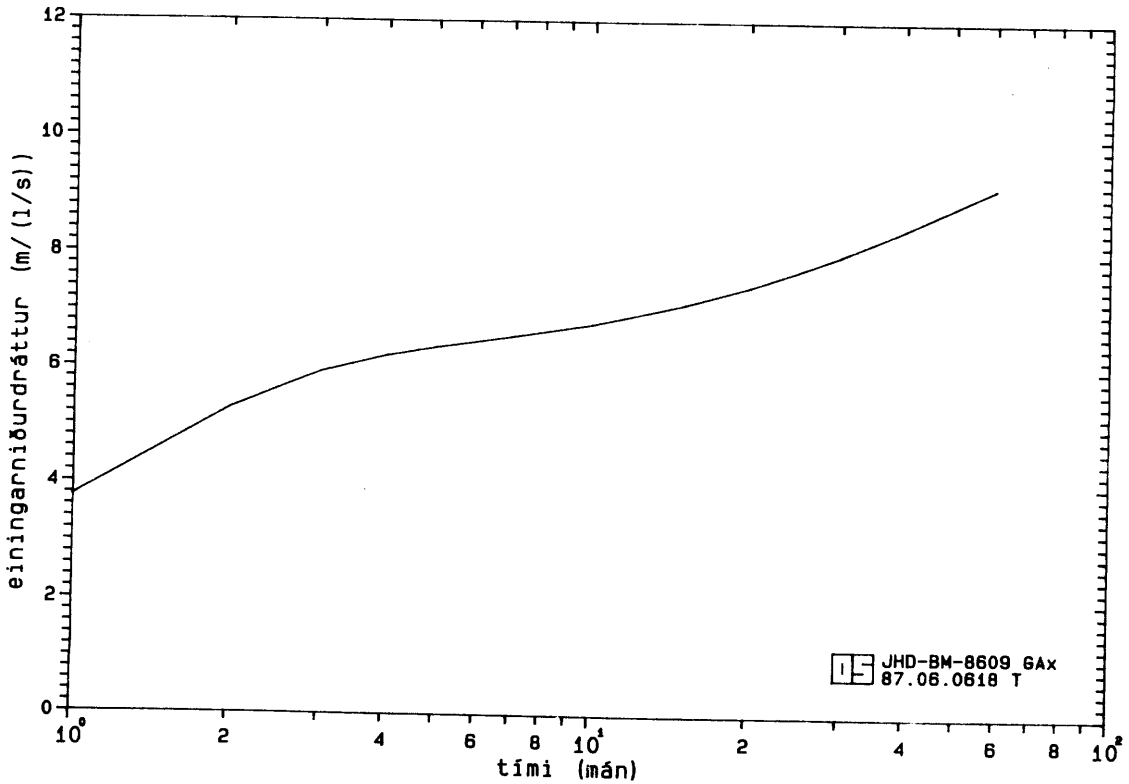
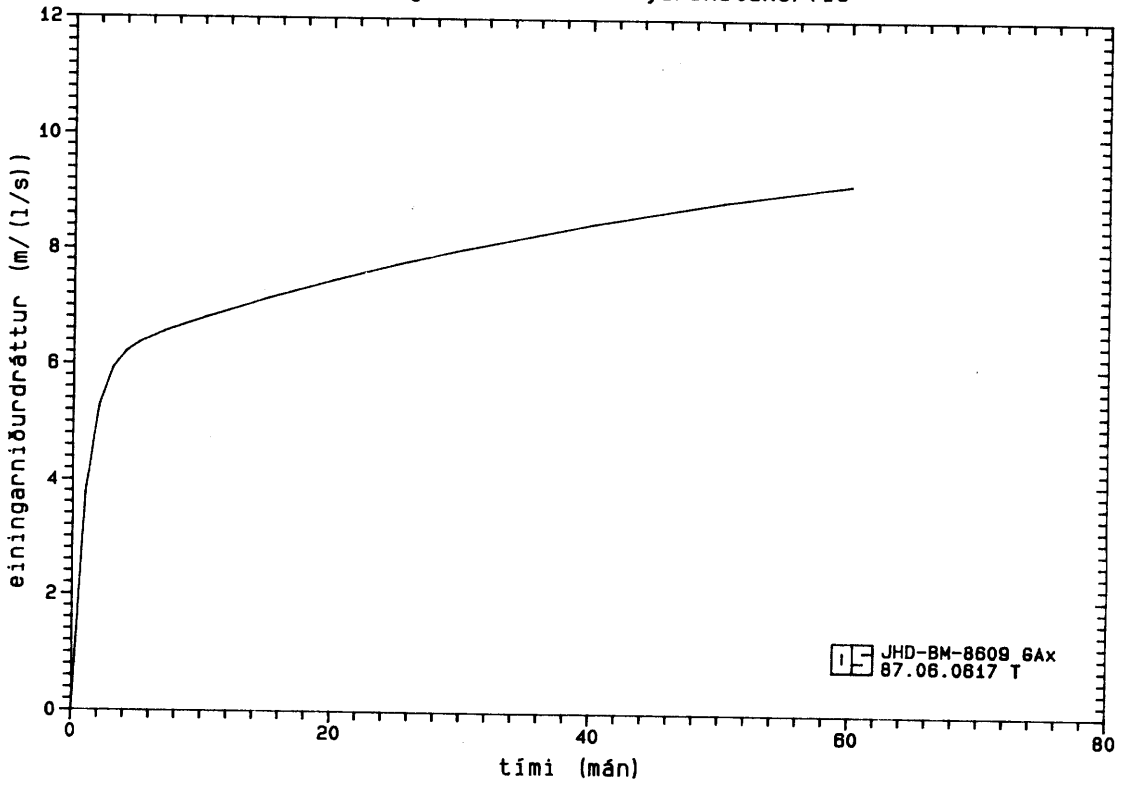
Mældur hiti vatns úr holu LWN-4 hefur ekki verið alveg stöðugur á vinnslu-tímanum eins og sjá má á 7. mynd. Þessar sveiflur má í flestum tilvikum skýra með notkun mismunandi hitamæla. Óvæntar og meiri breytingar urðu þó í apríl 1987 er dælt var úr báðum holunum samtímis í 10 daga. Þetta sést betur á 11. mynd. GN-1 var gangsett 27. mars síðastliðinn. Vikuna áður var meðaldæling úr LWN-4 um 25,7 l/s af 99,0°C heitu vatni og jafnframt mældist vatnsborð holunnar lægra en nokkru sinni eða -188 m. Vatnsborð GN-1 var í -155 m, þ.e. 33 m ofar. Vikuna eftir gangsetningu dælnnar í GN-1 var sami hiti, 99°C, skráður í vinnsluskýrslu LWN-4 og sömu daga var hiti í GN-1 skráður 84°C. Mælingar vantar síðan næstu þrjú daga, yfir helgi. Næsta skráning var því tekin 6. apríl, sama dag og dæla GN-1 var stöðvuð. Þessi síðasta skráning á GN-1 sýndi 87°C hita, þ.e. um 3°C hækkun frá fyrri mælingum. Jafnframt hafði hiti í LWN-4 hækkað um 4°C í 103°C og mældist 103,1 og 103,4°C næstu tvo daga, en féll svo aftur í 99°C eins og áður. Hitinn hefur síðan haldist óbreyttur (til maíloka 1987).

Sambærilegar hitabreytingar hafa ekki komið fram áður. Þess ber þó að geta að eftir fyrstu gangsetningu GN-1, um og eftir áramótin 1984-1985, þegar dælt var lengst úr holunum samtímis, var einungis skráður blöndunarhiti. Þegar mest var dælt úr GN-1, 19,0-24,5 l/s, vegna dæluskipta í LWN-4 í október 1985 reyndist hiti vatnsins, sem dælt var úr GN-1, sem næst stöðugur, þ.e. á bilinu 83,7-84,7°C. Hiti vatns úr LWN-4 var skráður 100,2°C fyrir dæluskiptin en 101,2 að þeim loknum.

Orsakir hækkunar vatnshitans síðastliðið voru óljósar. Neðsta vatnsæðin í GN-1 hefur verið talin nátengd vatnsæðunum í LWN-4. Nærtæk skýring er að meðan dælt var úr GN-1 hafi niðurrennsli, sem talið er milli efri æða holunnar og þeirrar neðstu, minnkað eða stöðvast alveg. Hóla LWN-4 hafi því hætt að draga til sín kaldara vatn og hiti vatnsins aukist nokkuð í framhaldi af því. Niðurrennsli hafi síðan hafist að nýju eftir að dælan í GN-1 var stöðvuð og vatnið kólnað aftur. Það er þó athyglisvert að þegar hitabreytingin kom fram hafði þegar verið dregið úr dælingu í GN-1 um því sem næst helming. Þetta skýrir heldur ekki hitabreytinguna í GN-1.

Önnur skýring og nærtækari er misræmi í hitamælinum. Sami stafræni hitamælirinn (bimetal) var notaður til mælinga í báðum holunum. Slíkir mælur eru viðkvæmir og vandmeðfarnir. Til að mynda geta snöggar veðrabreytingar, eins og urðu á þessum tíma, valdið breytingum á þeim. Sambærileg hitabreyting í báðum holum á sama tíma rennir stöðum undir þessa tilgátu.

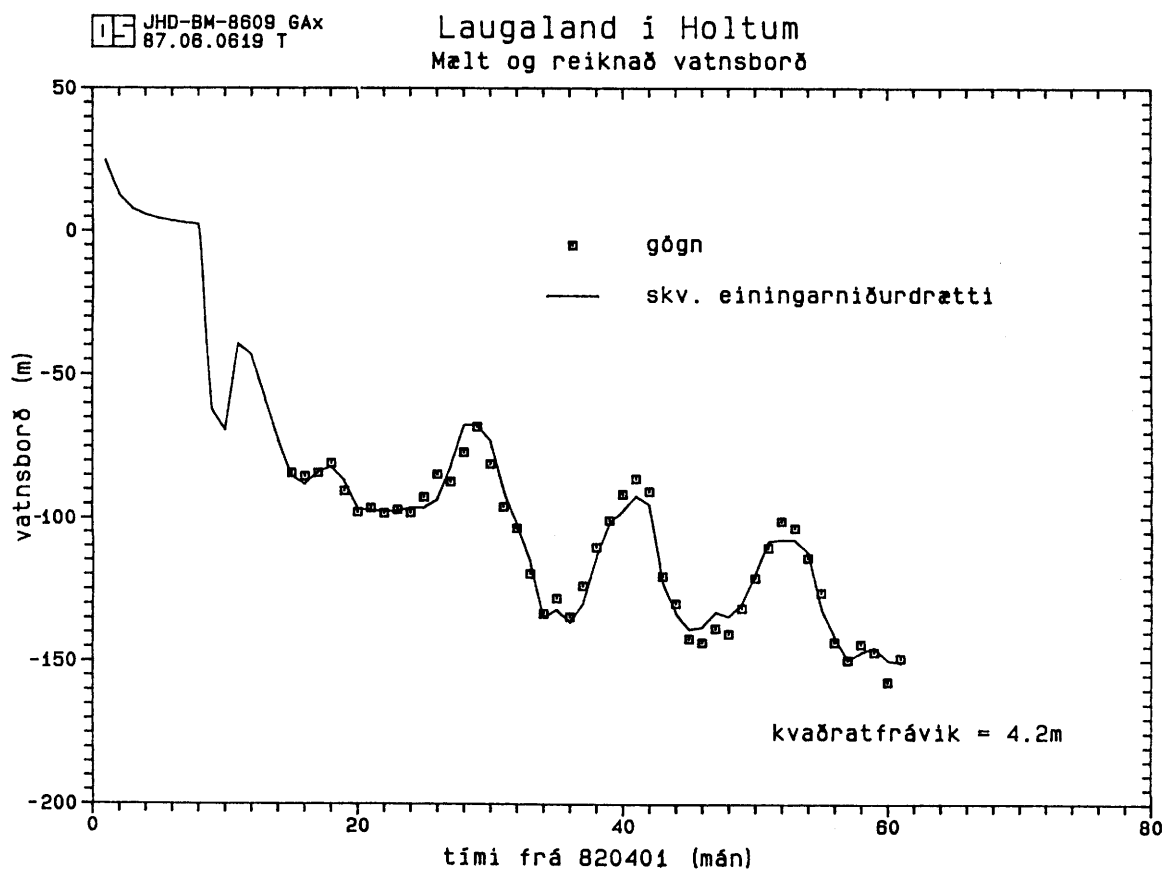
Laugaland i Holtum
Einingarniðurdráttur jarðhitakerfis



Mynd 13 Einingarniðurdráttur á Laugalandssvæðinu, línulegur og lógaritmískur tímakvarði.

3.3 Stutt úttekt á vinnslusögu Laugalandssvæðisins og vinnsluspá

Stutt úttekt var gerð á vinnslusögu Laugalandssvæðisins í þeim tilgangi að annars vegar meta eiginleika jarðhitakerfisins (t.d. lekt), og hins vegar til að reyna að spá fyrir um viðbrögð þess í framtíðinni. Sams konar úttekt hefur m.a. verið gerð fyrir jarðhitasvæðið við Hamar í Svarfaðardal, og er aðferðunum lýst nánar í þeirri skýrslu (Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson 1986). Gögnin, sem úttektin byggir á, eru birt í töflu í viðauka C en þar er um að ræða mánaðarleg meðaltöl vatnsvinnslunnar. Vatnsborðstölur eru byggðar á vatnsborði í LWN-4 (leiðréttu fyrir iðustreymistapi), vatnsborði í GN-1 eða meðaltali þeirra beggja. Gögnin voru notuð til þess að reikna einingarniðurdrátt, sem er birtur á 13. mynd og sömuleiðis í töflu í viðauka C. Einingarniðurdráttur jarðhitakerfis gefur viðbrögð þess við stöðugri dælingu á 1 l/s. Samanburður mælds og reiknaðs (skv. einingarniðurdrætti) vatnsborðs er birtur á 14. mynd.



Mynd 14 Samanburður mælds og reiknaðs vatnsborðs á Laugalandi

Tvö einföld vatnafræðileg líkön voru notuð til þess að túlka einingarnið-
urdráttinn. Líkönunum er lýst í viðauka C. Með því móti fengust eftirfar-
andi niðurstöður (k=lekt; b=þykkt rennu):

Líkan af hálfkrúmi með frjálsu vatnsborði:

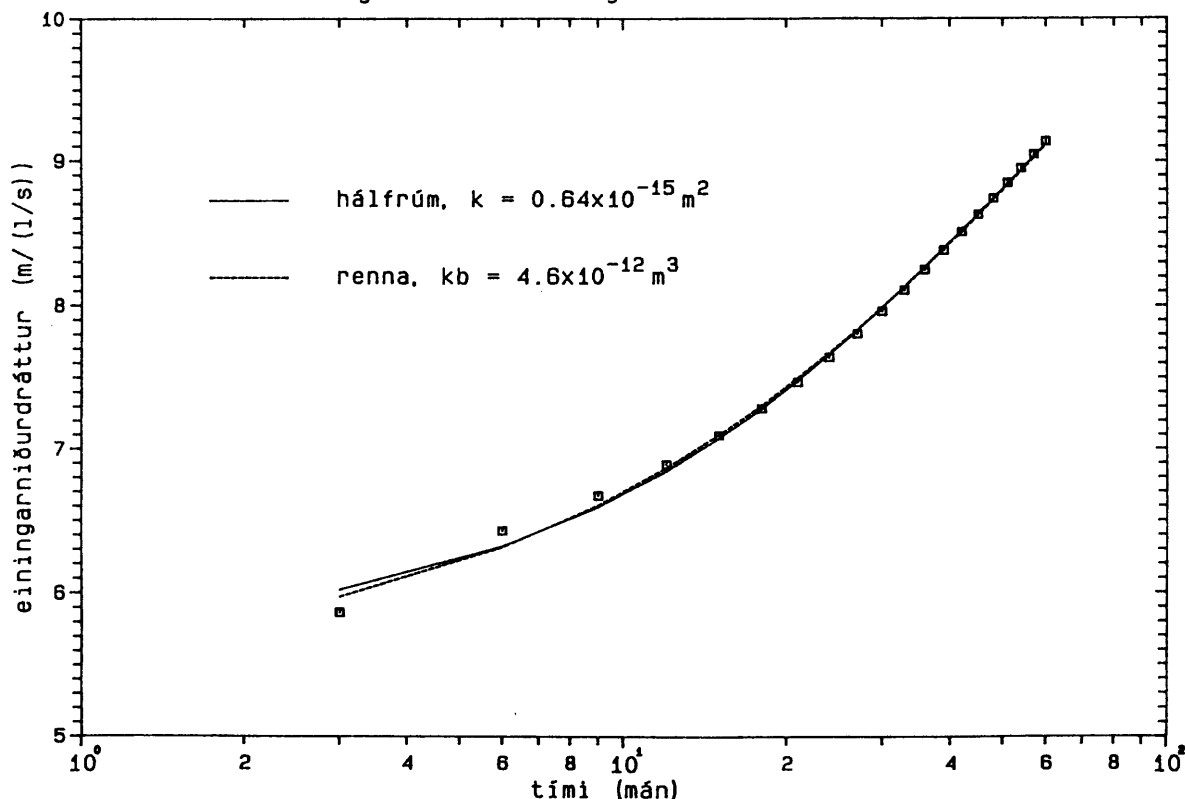
$$k = 0,64 \times 10^{-15} \text{ m}^2$$

Líkan af lóðréttri rennu með frjálsu vatnsborði:

$$kb = 4,6 \times 10^{-12} \text{ m}^3$$

Hálfkrúmslíkanið gefur meðaltal á lekt (láréttri og lóðréttri) jarðhita-
kerfisins og næsta nágrenni þess, en rennulíkanið er væntanlega í betra
samræmi við jarðfræðilega uppbyggingu kerfisins. Mynd 15 sýnir að viðbrögð
líkananna falla mjög vel að einingarniðurdráttinum. Lektargildin eru mjög
lág eins og samanburðurinn í töflu 3 leiðir í ljós.

JHD-BM-8609 GAX Einngarniðurdráttur jarðhitakerfis
87.06.0620 T og aðfelld viðbrögð einfaldra líkana

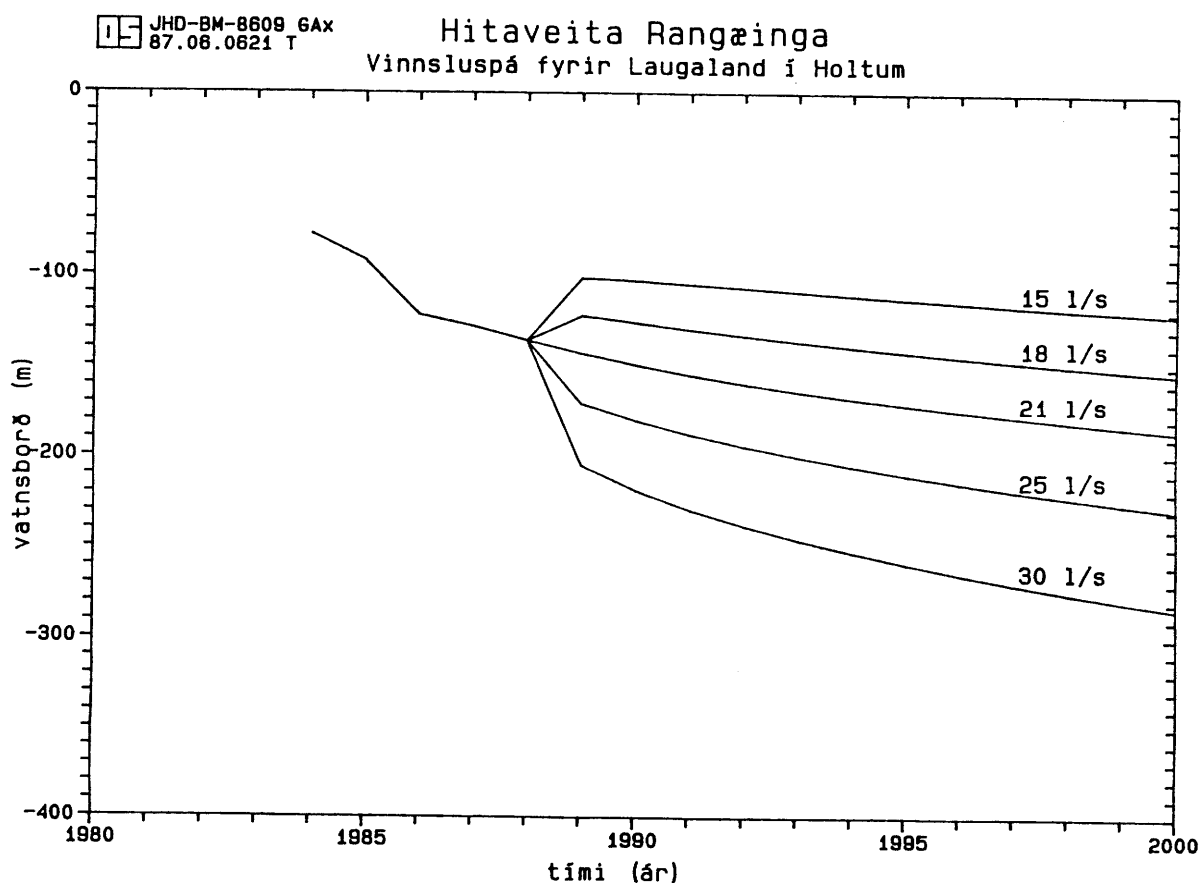


Mynd 15 Einngarniðurdráttur jarðhitakerfisins á Laugalandi og aðfelld
viðbrögð einfaldra vatnafræðilegra líkana.

TAFLA 3: Samanburður á lekt nokkurra jarðhitasvæða.

Svæði	Lekt skv. hálfbrúmslíkani ($m^2 \times 10^{-15}$)
Laugaland í Holtum	0,64
Hamar við Dalvík	11
Laugarnes í Reykjavík	12
Laugaland og Ytri-Tjarnir í Eyjaf.	0,6-0,8

Rennulíkanid var síðan notað til þess að reikna vinnsluspár fyrir Laugalandssvæðið. Niðurstöðurnar eru birtar á 16. mynd. Hún sýnir meðalvatnsborð jarðhitasvæðisins fyrir árið og breytingar á því með tíma fyrir mismunandi mikla vinnslu. Við þessar tölur þarf því að bæta niðurdrætti vegna árssveiflu í vinnslu og vegna iðustreymistaps í holu LWN-4 samanber töflu 4. Þannig má finna lægstu vatnsborðsstöðu holu LWN-4 fyrir mismunandi vinnslu eins og sýnt er í töflu 5.



Mynd 16 Vinnsluspá fyrir Laugalandssvæðið.

TAFLA 4: Niðurdráttur í LWN-4 vegna
árssveiflu í vinnslu og
iðustreymistaps.

Vinnsla (l/s)	árssveifla + iðustreymistap (m)
18	60
21	70
25	85

TAFLA 5: Lægsta vatnsborð holu LWN-4
(spá samkvæmt rennulíkani).

Ár	Meðalvinnsla		
	18 l/s	21 l/s	25 l/s
1993	-196 m	-234 m	-285 m
2000	-214 m	-256 m	-314 m
2010	-230 m	-276 m	-340 m

3.4 Breytingar á efnainnihaldi heita vatnsins

Nokkur sýni hafa verið tekin undanfarin ár úr holu LWN-4 á Laugalandi í Holtum til efnagreiningar á jarðefnafræðistofu Orkustofnunar. Í töflu 6 eru sýndar niðurstöður efnagreininganna allt frá árinu 1980. Í töflunni er einnig sýnd efnasamsetning sýnis frá árinu 1985 úr holu GN-1 í landi Götú í Holtum. Styrkur efna er í mg/kg.

Holurnar eru ólíkar að efnasamsetningu þó að skammt sé milli þeirra. Hóla GN-1 er efnasnauðari, lægri í Cl, SO₄ og öllum helstu katjónum en hins vegar með örlítið herra sýrustig. Karbónatstyrkur er hærri í vatni úr GN-1 en kísilstyrkurinn lægri. Hiti vatnsins í GN-1 er einnig um 10°C lægri en í LWN-4 sem nægir til að skýra muninn á kísilstyrk og karbónatstyrk.

Munur á efnasamsetningu vatnsins í GN-1 og LWN-4 bendir til mismunandi uppruna, a.m.k. hefur það runnið að hluta til um önnur berglög. Til að ákvarða upprunastað vatnsins þyrfti að gera ísótópagreiningar.

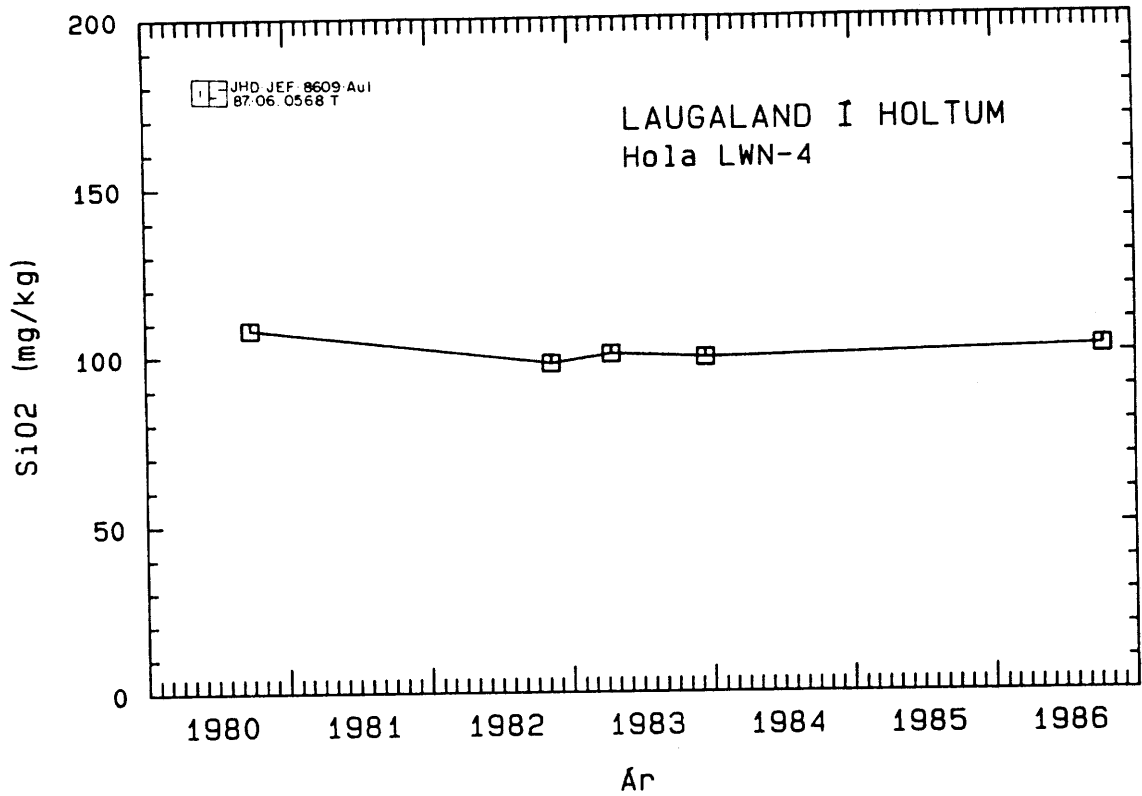
TAFLA 6: Efnainnihald sýna úr borholum LWN-4 og GN-1.

Staður	LWN-4	LWN-4	LWN-4	LWN-4	LWN-4	GN-1
Sýnisnr.	800144	820189	830063	830301	860147	850261
Dags.	800928	821111	830415	831215	861009	851007
Hiti °C	(84)	95,7	99,1	97,5	96,9	85
pH/°C	9,79/22	9,45/20,5	9,84/21,0	9,72/19,5	9,85/21,8	9,99/21,2
SiO ₂	108,0	97,6	100,37	99,15	101,8	88,27
Na	133,0	117,74	107,64	101,84	94,2	60,97
K	2,76	2,34	2,54	2,41	2,15	1,12
Ca	4,96	4,35	3,69	3,23	3,05	1,57
Mg	0,02	0,03	0,00	0,04	0,005	0,00
CO ₂	12,80	16,7	31,2	15,8	21,9	31,7
SO ₄	110,0	106,5	94,83	83,82	69,66	23,40
H ₂ S	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,07
Cl	70,35	66,5	59,87	60,25	49,51	22,11
F	0,96	1,00	1,00	1,00	0,886	0,731
B	-	-	-	-	-	0,16
Fe	-	-	-	-	<0,025	-
O ₂	0,010	-	0,020	-	0,015	-
Uppl.efni	428,0	433,4	419,3	398,0	364,9	247,0

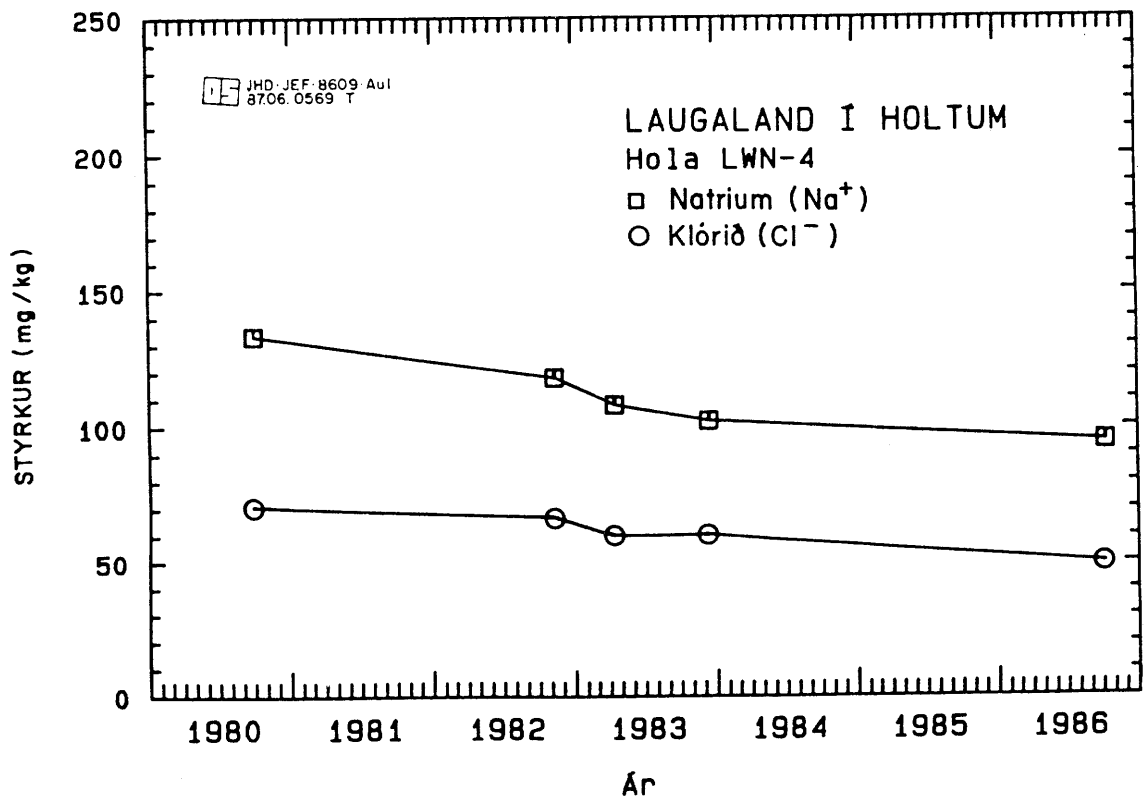
- ekki mælt

Þegar lítið er á niðurstöður efnagreininganna á tímabilinu 1980-1986 sést að vatnið úr LWN-4 er að þynnast þ.e. styrkur uppleystra efna fer lækkandi. Styrkbreytingar valinna efna yfir þetta tímabil eru sýndar á 17. og 18. mynd. Á 18. mynd kemur fram áberandi brot í ferlunum í kringum áramótin 1982-1983. Brotin fara saman við upphaf dælingar úr LWN-4 og því má kannski álykta að þynningin hafi byrjað þá. Styrkur kísils (17. mynd) hefur rokkað nokkuð í kringum 100 mg/kg enda hefur hiti vatnsins verið svolítið breytilegur.

Við túlkun verður að hafa í huga hversu fá sýni hafa verið efnagreind. Lækkun efnastyrks í holu LWN-4 er þó vel marktæk þó að einstakir hnykkir á ferlunum séu það varla. Þessi lækkandi styrkur bendir til blöndunar við annað efnasnaðara vatn, hugsanlega með svipaða efnasamsetningu og vökvinn í holu GN-1. Vegna þess hve efnahlutföll hafa breyst lítið og litlar breytingar orðið á kísilstyrk, sýrustigi og hita er líkleggra að blöndunin verði við efnasnautt heitt vatn heldur en kalt ferskvatn.



Mynd 17 Breytingar á styrk kísils með tíma í vatni úr LWN-4.



Mynd 18 Breytingar á styrk natríums og klórs með tíma í vatni úr LWN-4.

4 LEIÐIR TIL AUKINNAR ORKUÖFLUNAR

Til að Hitaveita Rangæinga geti fullnægt þeim markaði, sem er fyrir heitt vatn á Helli, Hvolsvelli og Laugalandi, þarf augljóslega að grípa til frekari ráðstafana til öflunar heits vatns. Um þetta hefur verið fjallað áður í greinargerð Orkustofnunar (Lúðvík S. Georgsson 1985), en rétt er að taka fyrri ályktanir til endurskoðunar. Þeim möguleikum, sem fyrir hendi eru, má skipta í tvennt, annars vegar ódýrar skammtímaaðgerðir og hins vegar dýrari langtímaaðgerðir.

Hvað varðar skammtímaaðgerðir eru fjórir kostir fyrir hendi:

1. Síkkun dæla í núverandi vinnsluholum. Nú þegar hafa dælur í vinnsluholumunum tveimur verið síkkaðar niður á um 220 m dýpi. Ekki er ráðlagt að fara mikið neðar með öxuldælur. Því þarf að skipta yfir í dælur með áföstum mótör, t.d. REDA-dælur, ef fara á neðar með vatnsborðið. Síkkun dæla hefur til þessa skilað litlu sem engu viðbótarvatnsmagni úr holunum til langframa, og ef marka má vinnsluspána, sem birt er hér að framan, er ekki fyrirsjáanlegt að umtalsverður ávinningur verði af því. Vissulega vinnst þó mikill tími með síkkun dælanna. Verulegur kostnaður yrði af því að breyta vinnslukerfi Hitaveitu Rangæinga til að laga það að REDA-dælum.

2. Virkjun holu LN-3. Fyrsta djúpa holan, LN-3, sem boruð var á virkjunarsvæði Hitaveitu Rangæinga, hefur ekki verið nýtt til þessa. Holan, sem er 1308 m djúp en aðeins fóðruð í fast (um 16 m), gaf lítið vatn. Bormenn urðu ekki varir við vatnsæðar í borun en í lok borunar rann úr holunni 1 l/s af um 60°C heitu vatni. Lítið samband er milli LN-3 annars vegar og LWN-4 og GN-1 hins vegar. Vatnsborð LN-3 hefur farið lægst í -5 m og er nú í um -3 m meðan vatnsborð hinna hefur farið niður á 190 m dýpi. Hóla LN-3 mun aldrei gefa mikið vatn en vafalaust má með dælingu fá úr henni nokkra sekúndulíttra af 50-60°C heitu vatni sem gætu reynst gulls ígildi sem varaforði í kuldaköstum. Aukið rennsli um aðveituæð og þar af leiðandi minni kólnun mundi að einhverju leyti bæta upp lægri meðalhita vatnsins. Einnig kæmi til greina að anna heitavatnspörf Laugalandssvæðisins með þessari holu. Lagt er til að reynsludælt verði úr holu LN-3 í um 10 daga til að kanna vinnslugetu hennar. Ef holan reynist álitleg til virkjunar væri æskilegt að fóðra hana eitthvað dýpra. Orkustofnun á útbúnað sem nota mætti í þessa dælingu. Kostnaður við aðgerðina ásamt úrvinnslu hefur verið áætlaður um 250.000 krónur (maí 1987).

3. Borun grunnrar vinnsluholu. Betri lausn en dýrari væri að bora nýja grunna vinnsluholu (300-400 m) í þeim tilgangi að virkja efra vatnskerfið á Laugalandi. Líklegt er að úr því megi dæla 5-10 l/s af 50-60°C heitu vatni. Vinnsluholuna væri best að staðsetja nærri holu L-11 en þar eru enn uppi laugar. Ef vel tekst til ætti holan að geta skilað meira vatnsmagni

en hola LN-3. Áætla má að kostnaður við borun slíkrar holu sé af stærðar-
gráðunni 2 miljón kr.

4. Tappi í holu GN-1. Samband hola GN-1 og LWN-4 virtist aukast verulega við tilkomu æðarinnar í 905 m í GN-1. Í lok borunar komu fram ákveðnar vísbendingar um niðurrennsli í holunni, úr efri æðunum inn í neðri æðina. Talið var að æðin í 905 m stjórnaði þrýstisambandinu milli holanna. Í framhaldi af því komu fram hugmyndir um að setja tappa í holu GN-1 vel neðan við efri æðarnar til að loka fyrir niðurrennslið. Skoðun á vinnslu-
gögnunum bendir til að ávinningur af slíkri aðgerð sé vafasamur. Vatnsborð efri æðanna í holu GN-1 var strax frá upphafi áþekkt vatnsborði LWN-4. Niðurrennsli í neðri æðina, sem auðsæilega er í nánara þrýstisambandi við LWN-4, getur einnig haldið að nokkru uppi þrýstingi í LWN-4. Tappi í GN-1 gæti því þýtt minni vinnslugetu LWN-4. Á móti þessu kemur að efnagreiningar á vatni úr holunum eru mjög ólíkar og benda til að þær taki vatn úr sitthvorum vatnsleiðaranum. Jafnframt sýna þær að vatnið í LWN-4 er að breytast og svipar nú meira til vatns úr GN-1 en í upphafi. Það er því ekki einhlýtt að með þessari aðgerð megi auka vinnslu úr GN-1 án þess að það komi niður á vinnslu úr LWN-4. Engin leið er að sannreyna fyrirfram hvort einhver árangur yrði af þessu. Hitamælingar við lága vatnsstöðu (eftir upptekt dælu) gætu gefið vísbendingu þar um. Meiri upplýsingar fengjust með því að hella ferlunarefnum í GN-1, þegar hún er ekki í notkun og fylgjast með því hve fljótt þau koma fram í LWN-4. Ef jákvæðar vísbendingar fást, þá væri rétt að stefna að því að loka fyrir neðri æðina. Til að spara flutningskostnað bortækja væri rétt að nota tækifærið og fódra um leið holu LN-3, þ.e. ef niðurstöður reynsludælingar reynast jákvæðar, eða bora nýja grunna vinnsluholu.

Hvað langtímaaðgerðir varðar virðast tveir kostir vera fyrir hendi, sem báðir eru dýrir.

1. Borun nýrrar djúprar vinnsluholu. Enn er ekki rétt að útiloka að fá megi meira vatn úr dýpra jarðhitakerfinu á Laugalandi í Holtum með frekari borunum. Því er eðlilegt að reikna með að þar verði í framtíðinni boruð a.m.k. ein djúp hola í viðbót. Mælingar benda til að við Laugaland skerist tvö sprungukerfi. Hola LWN-4 er staðsett nærri skurðpunkti þeirra. Hola GN-1 tekur vatn úr norðlæga sprungukerfinu. Ný djúp vinnsluhola yrði væntanlega staðsett nærri holu L-1 og með það markmið að skera austlæga sprungukerfið neðan 500 m. Um árangur af borun slíkrar holu er ómögulegt að spá en með borun hennar væri jarðhitakerfið á Laugalandi væntanlega fullrannsakað.

2. Kyndistöð eða varmadæla. Hinn möguleikinn, sem rétt er að hafa í huga þegar til lengri tíma er litið, er uppsetning stórrar varmadælu eða bygging kyndistöðvar, sem væri hægt að grípa til sem toppafls í kuldaköstum.

Góð reynsla er af varmadælu á Akureyri og er sjálfsagt að skoða það dæmi vandlega. Líklega væri skynsamlegast að staðsetja varmadælu/kyndistöð á Hvolsvelli. Með því móti fengist best nýting á orkunni en jafnframt meiri sveigjanleiki í nýtingu vatns á Laugalandi með blöndun kaldara vatns við vatn úr holu LWN-4. Með rekstri varmadælu/kyndistöðvar má fresta dýrum borunum um nokkurt árabíl.

5 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

1. Hóla GN-1 var boruð niður á 1046 m dýpi og fóðruð í 402 m. Helstu vatnsæðar holunnar eru á 405-530 m dýpi og eru þær 75-87°C heitar. Ennfremur er æð á 905 m dýpi um 95°C heit. Jarðlög holunnar má greina í nokkrar mismunandi basaltsyrpur og er undantekningalítið borað í gegnum sömu jarðlög og komu fram í LN-3 og LWN-4.
2. Loftdælingar úr GN-1 í lok borunar gáfu til kynna að úr henni mætti dæla umtalsverðu magni af um 84°C heitu vatni. Samband við LWN-4 reyndist hins vegar náíð, svo að tilkoma GN-1 jók lítið sem ekkert vinnslugetu svæðisins.
3. Árstíðabundin vatnsborðssveifla í holum LWN-4 og GN-1 er tæpir 50 m vegna um það bil 7 l/s vinnslusveiflu eða um 7 m á hvern sekúndulíttra.
4. Lekt jarðhitasvæðisins á Laugalandi er mjög lítil. Reiknað gildi miðað við hálfbrúm með frjálsum vatnsborði er $0,64 \times 10^{-15} \text{ m}^2$. Ef gengið er út frá 2l l/s meðalársvinnslu svipað og undanfarin ár og allt að 30 l/s augnabliksdælingu má reikna með að vatnsborð í LWN-4 fari niður í um -234 m í byrjun árs 1993. Minnkun meðalársvinnslunnar um 3 l/s myndi væntanlega koma í veg fyrir frekari lökkun vatnsborðsins á næstu 6 árum.
5. Sé tekið tillit til iðustreymisins í LWN-4 hefur vatnsborð hola LWN-4 og GN-1 verið sem næst hið sama. Af vinnslusögunni verður ekki ráðið að vinnsla úr GN-1 dragi úr lökkun á svæðinu. Aukin vinnsla úr GN-1 skapar þó svigrúm til að draga úr dælingu úr LWN-4 og þar með draga úr áhrifum iðustreymis og hækka vatnsborð hennar. Lægri vatnshita yrði að mæta með viðeigandi ráðstöfunum þar sem þeirra væri þörf.
6. Vatn úr holum LWN-4 og GN-1 er ólíkt að efnasamsetningu, sem bendir til mismunandi uppruna. Hóla GN-1 er mun efnasnauðari. Styrkur uppleystra efna í LWN-4 hefur hins vegar farið lökkandi, sem gæti bent til þess að hún dragi vatn frá GN-1. Lökkun vatnshita LWN-4 með tíma gæti bent til hins sama, en hún er þó vart marktæk. Nauðsynlegt er að fylgjast vel með þessu á næstu árum.
7. Mælt er með reynsludælingu úr LN-3 og virkjun hennar ef niðurstöður eru viðunandi. Annars er mælt með borun nýrrar grunnrar vinnsluholu til að virkja efra vatnkerfið á Laugalandi. Til að kanna niðurstreymi í holu GN-1 og sambandið milli holu LWN-4 og GN-1 er mælt með hitamælingum við lága vatnsstöðu og niðurdælingu á ferlunarefnum í GN-1.
8. Einnig er mælt með byggingu toppaflsstöðvar, annað hvort kyndistöðvar eða varmadælu, á Hvolsvelli, sem hægt yrði að grípa til í kuldaköstum. Með

Því móti mætti draga úr áhrifum árssveiflunnar og meiri sveigjanleiki fengist í vinnslu með blöndun kaldara vatns á Laugalandi við vatn úr LWN-4 ásamt nýtingu bakvatns á Hellu. Með því væri hægt að fresta borun nýrrar djúprar vinnsluholu á svæðinu um nokkurt árabíl.

HEIMILDIR

- Lúðvík S. Georgsson 1985: Hitaveita Rangæinga. Leiðir til að auka öflun heits vatns. Orkustofnun, greinargerð, LSG-85/12, 3 s.
- Lúðvík S. Georgsson og Steinar Þór Guðlaugsson 1984: Laugaland í Holtum. Viðnámsmælingar og mælingar í holu LWN-4 sumarið 1983. Orkustofnun, Orkustofnun, OS-84042/JHD-07, 24 s.
- Lúðvík S. Georgsson og Þorsteinn Thorsteinsson 1984: Hola GN-1 í Götu í Holtum. Bráðabirgðaniðurstöður um borun og prófun holunnar. Orkustofnun, greinargerð, LSG-ÞTh-84/06, 9 s.
- Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1981: Hola LW-4 við Laugaland í Holtum. Orkustofnun, greinargerð, LSG-ÞTh-HK-81/01, 14 s.
- Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Sverrir Þórhallsson 1983: Hola LWN-4 að Laugalandi í Holtum. Vatnsvinnsla des. `82 - mars. `83 og bilun djúpdælu. Orkustofnun, OS-83026/JHD-07 B, 16 s.
- Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Margrét Kjartansdóttir og Einar Gunnlaugsson 1978: Laugaland í Holtum. Jarðhitakönnun og borun holu 3. Orkustofnun, OS-JHD-7802, 53 s.
- Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson 1986: Vatnsöflun Hitaveitu Dalvíkur. Úttekt á jarðhitasvæðinu við Hamar. Orkustofnun, OS-86044/JHD-12, 51 s.
- Sverrir Þórhallsson 1984: Hönnun holu LN-5 að Laugalandi í Holtum. Orkustofnun, greinargerð, SP-84/01, 7 s.
- Þorsteinn Thorsteinsson og Lúðvík S. Georgsson 1982: Afköst holu LWN-4 við Laugaland í Holtum. Orkustofnun, greinargerð, ÞTh-LSG-82/03, 5 s.

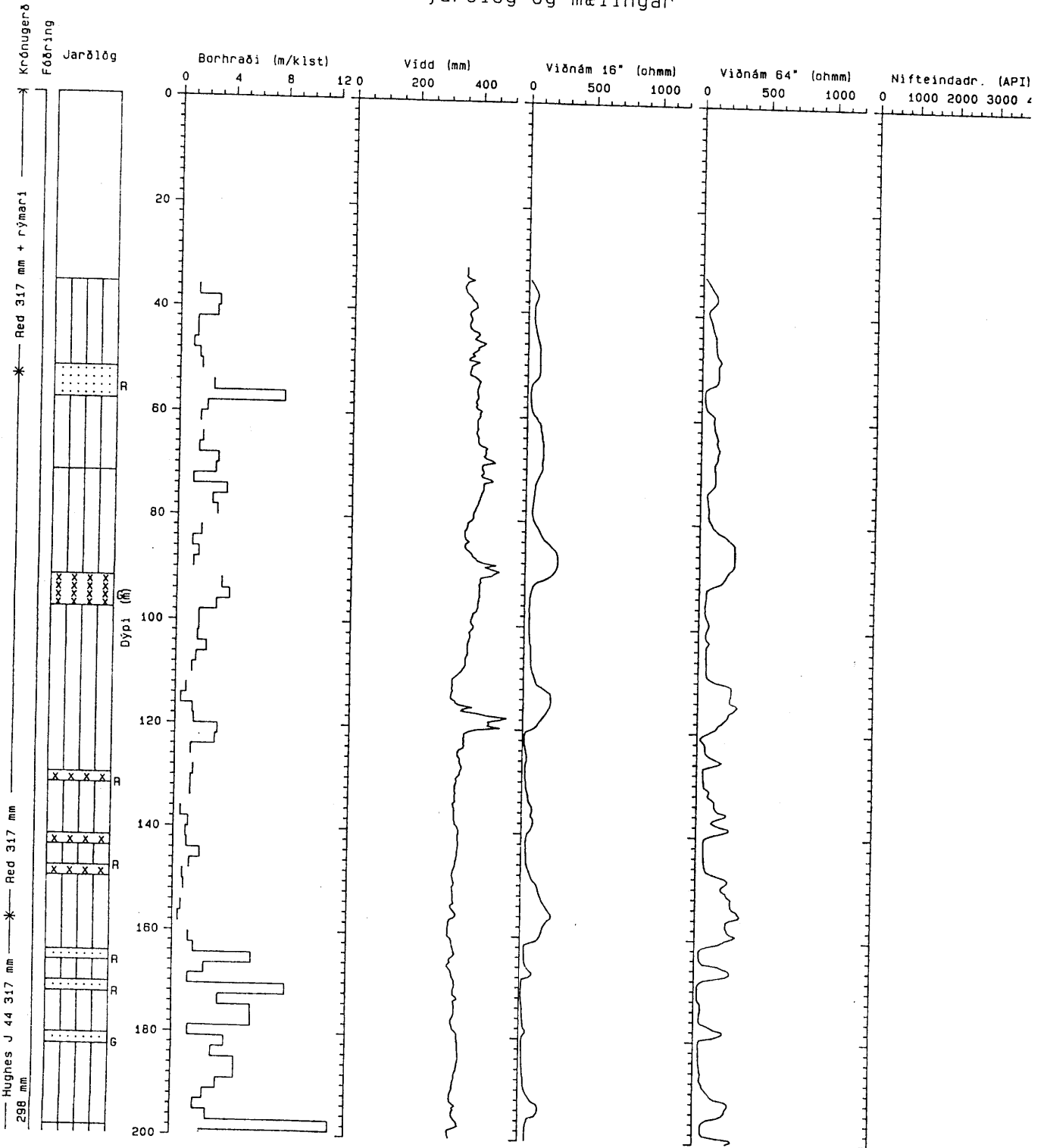
VIÐAUKI A

JARÐLÖG OG JARÐLAGAMÆLINGAR

JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

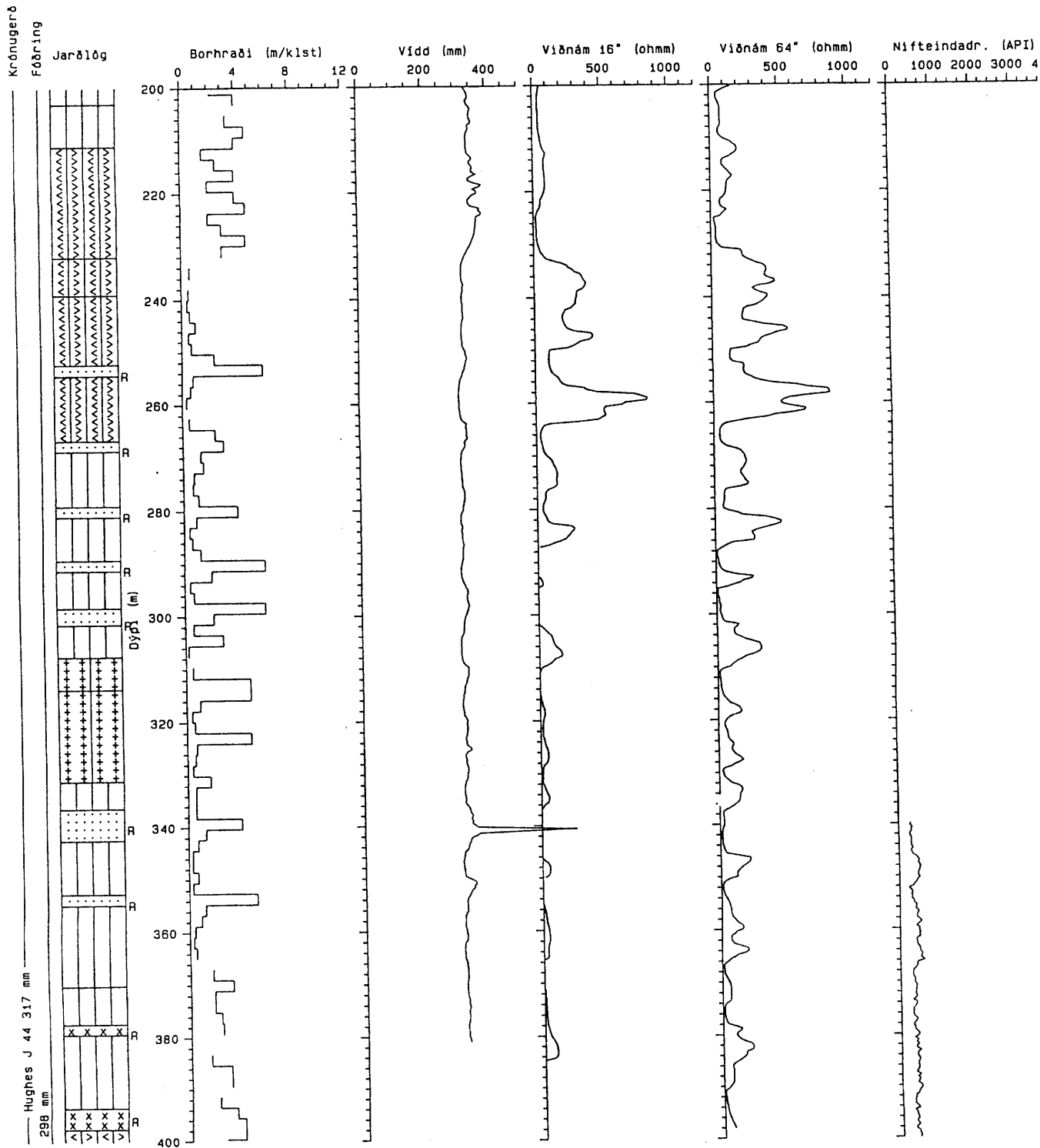
jarðlög og mælingar



JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

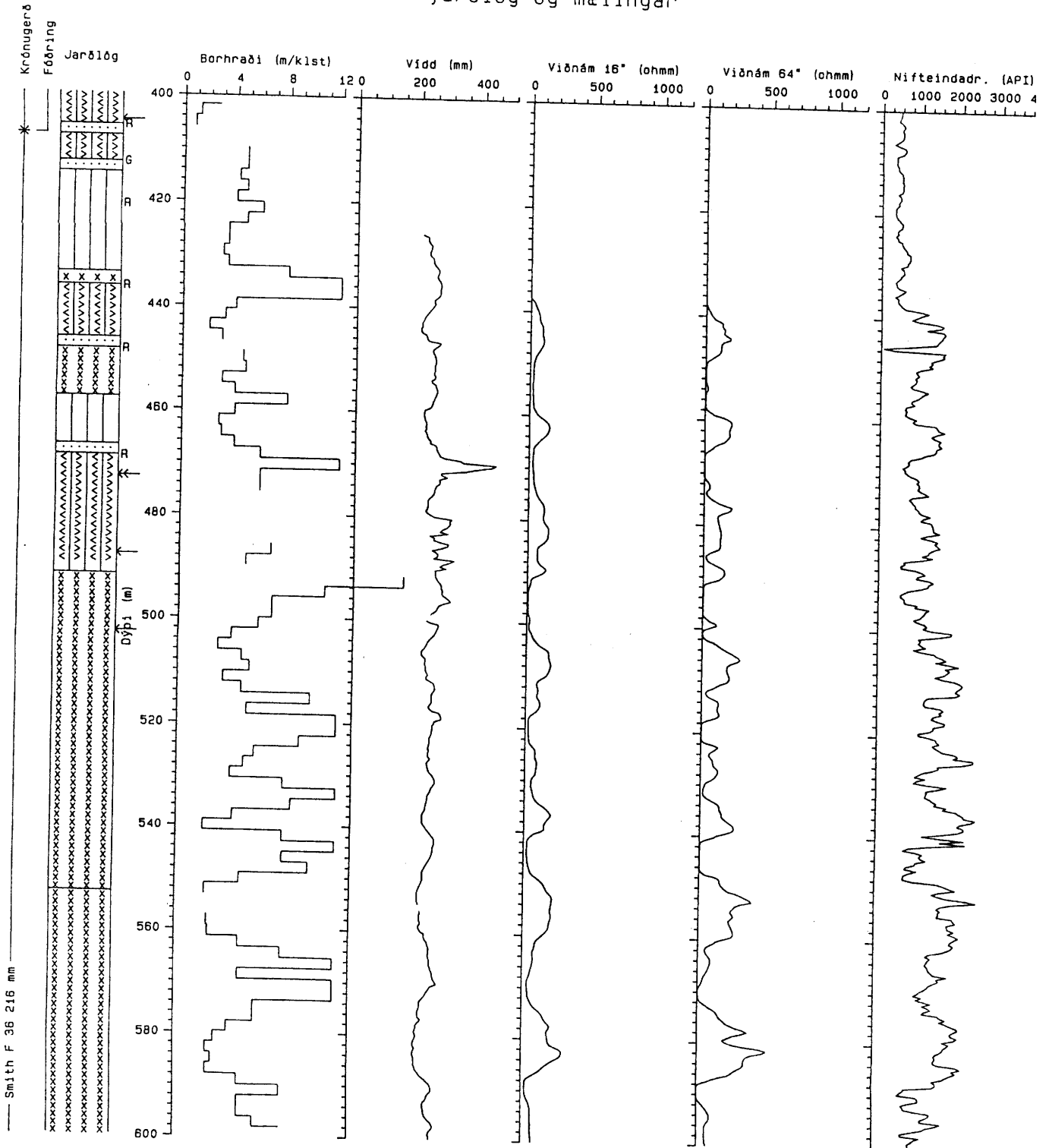
jarðlög og mælingar



JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

jarðlög og mælingar

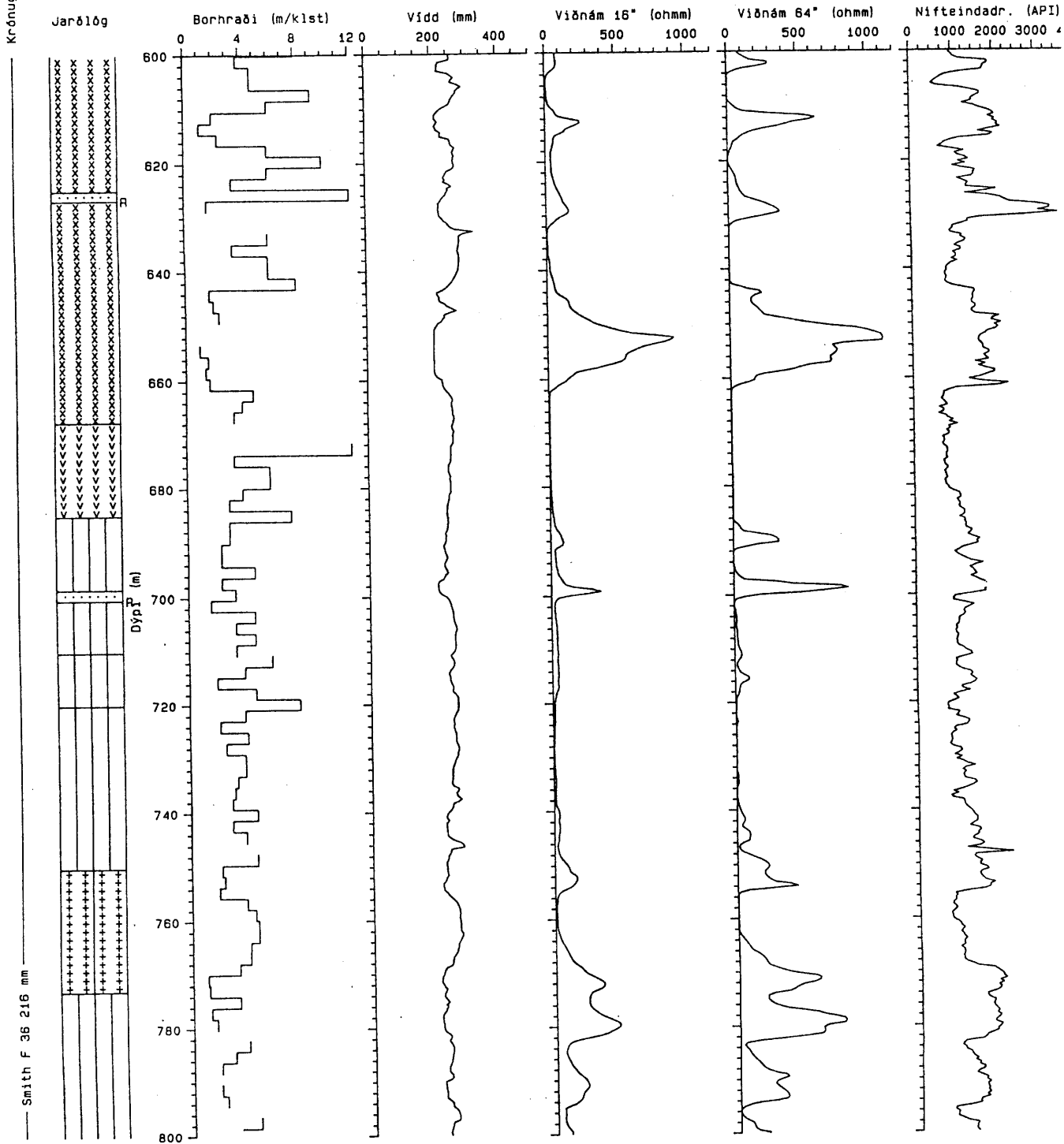


JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

jarðlög og mælingar

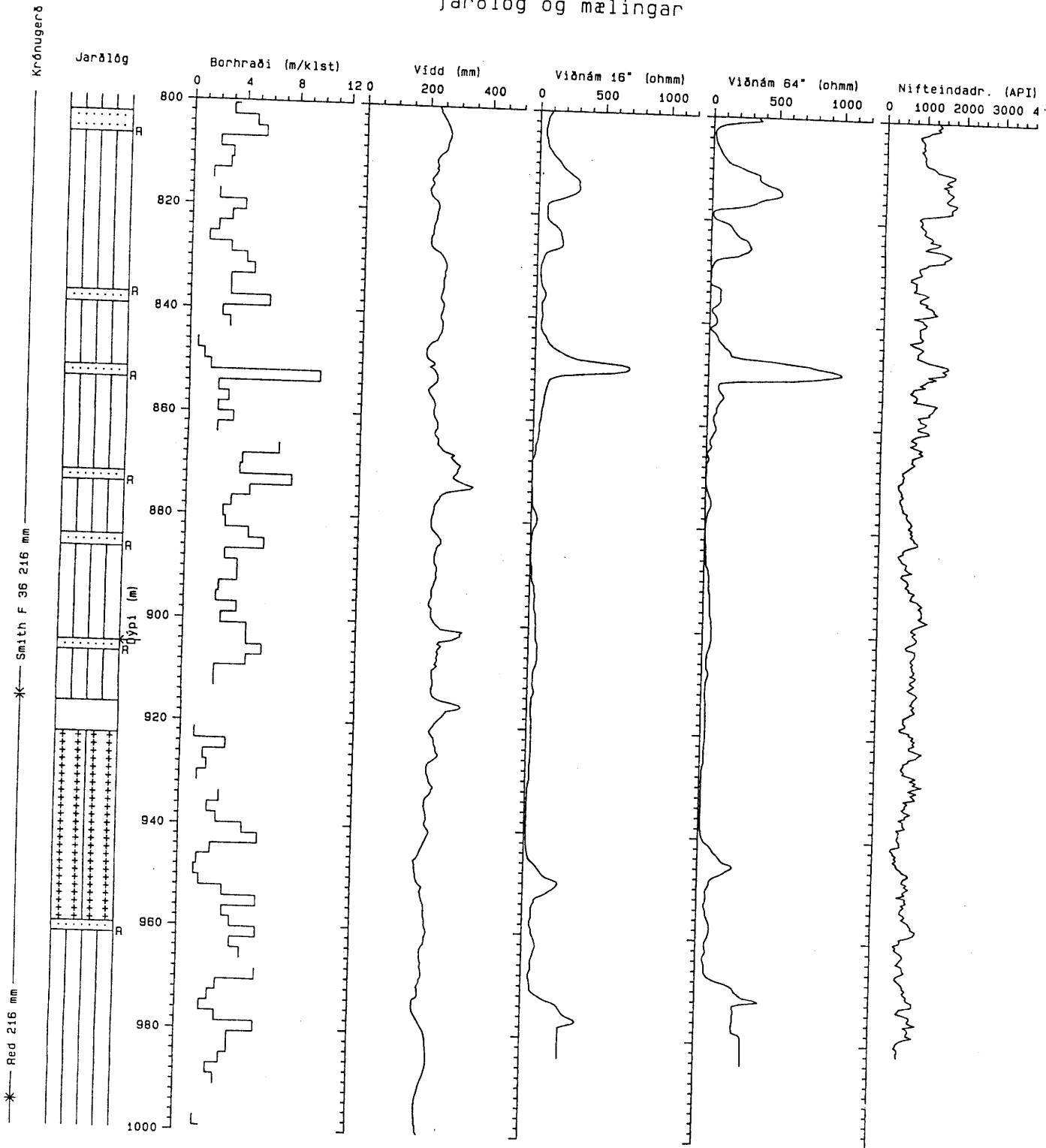
Króngerð



JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

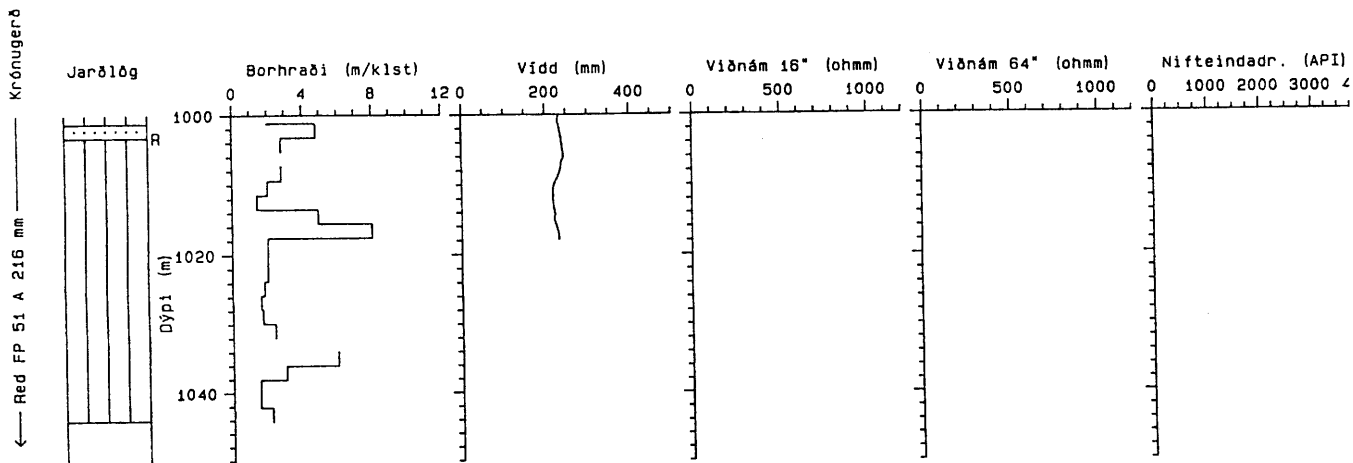
jarðlög og mælingar










JHD-BJ-8609 MK
85.03.0358 T

GATA HOLA 1

jarðlög og mælingar



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------|
|  | Ummyndað fin-meðalkorna basalt |  | Plagíóklasfílótt basalt |
|  | Fersklegt meðal-grófkorna basalt |  | Fínkornótt set |
|  | Basaltrik breksía |  | Svarf vantar |
|  | Móbergsbreksía | | |

R Rauðleitt
← Vatnsæð

G Grænleitt

VIÐAUKI B

VINNSLUGÖGN AF LAUGALANDSSVÆÐINU

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987,
meðaltal fyrir hverja viku.

Tími (dags.,kl.)	LWN-4 (l/s)	GN-1 (l/s)	LWN-4 + GN-1 (l/s)
830311,12,00,	0.0000E+00,	0.0000E+00,	0.0000E+00
830318, 8,10,	0.2318E+02,	0.0000E+00,	0.2318E+02
830325,10,35,	0.2296E+02,	0.0000E+00,	0.2296E+02
830402,10,42,	0.2219E+02,	0.0000E+00,	0.2219E+02
830409,10, 0,	0.2194E+02,	0.0000E+00,	0.2194E+02
830416,10,47,	0.2250E+02,	0.0000E+00,	0.2250E+02
830425,10,53,	0.1691E+02,	0.0000E+00,	0.1691E+02
830502,10,38,	0.2674E+02,	0.0000E+00,	0.2674E+02
830509,10, 6,	0.2092E+02,	0.0000E+00,	0.2092E+02
830516,11,42,	0.2083E+02,	0.0000E+00,	0.2083E+02
830523,10,57,	0.2054E+02,	0.0000E+00,	0.2054E+02
830530,10,15,	0.2019E+02,	0.0000E+00,	0.2019E+02
830606,11,22,	0.2204E+02,	0.0000E+00,	0.2204E+02
830613,11, 4,	0.2278E+02,	0.0000E+00,	0.2278E+02
830620,21,23,	0.2214E+02,	0.0000E+00,	0.2214E+02
830627,11,23,	0.2187E+02,	0.0000E+00,	0.2187E+02
830704,10,41,	0.2181E+02,	0.0000E+00,	0.2181E+02
830711,10,29,	0.2158E+02,	0.0000E+00,	0.2158E+02
830718,11,17,	0.2137E+02,	0.0000E+00,	0.2137E+02
830725,13,59,	0.2137E+02,	0.0000E+00,	0.2137E+02
830802, 7,59,	0.2104E+02,	0.0000E+00,	0.2104E+02
830809,10,53,	0.2092E+02,	0.0000E+00,	0.2092E+02
830816, 7,21,	0.1990E+02,	0.0000E+00,	0.1990E+02
830823,14,58,	0.2130E+02,	0.0000E+00,	0.2130E+02
830830,22,50,	0.1630E+02,	0.0000E+00,	0.1630E+02
830906,21,40,	0.2061E+02,	0.0000E+00,	0.2061E+02
830914, 8,57,	0.2031E+02,	0.0000E+00,	0.2031E+02
830921,10,50,	0.1479E+02,	0.0000E+00,	0.1479E+02
830928,22,51,	0.2083E+02,	0.0000E+00,	0.2083E+02
831005,10,20,	0.2069E+02,	0.0000E+00,	0.2069E+02
831012, 9,50,	0.1953E+02,	0.0000E+00,	0.1953E+02
831019, 9,54,	0.2105E+02,	0.0000E+00,	0.2105E+02
831026, 9, 6,	0.2087E+02,	0.0000E+00,	0.2087E+02
831102,10, 6,	0.2125E+02,	0.0000E+00,	0.2125E+02
831109,11,24,	0.2226E+02,	0.0000E+00,	0.2226E+02
831116, 9,54,	0.2254E+02,	0.0000E+00,	0.2254E+02
831123, 9,24,	0.2229E+02,	0.0000E+00,	0.2229E+02
831130, 9,55,	0.2272E+02,	0.0000E+00,	0.2272E+02
831207, 9,56,	0.2143E+02,	0.0000E+00,	0.2143E+02
831214, 9,50,	0.2176E+02,	0.0000E+00,	0.2176E+02

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987,
framhald.

Tími (dags.,kl.)	LWN-4 (1/s)	GN-1 (1/s)	LWN-4 + GN-1 (1/s)
831221,10,38,	0.2170E+02,	0.0000E+00,	0.2170E+02
831228,11, 0,	0.2114E+02,	0.0000E+00,	0.2114E+02
840105,14,20,	0.2125E+02,	0.0000E+00,	0.2125E+02
840112,10,51,	0.2138E+02,	0.0000E+00,	0.2138E+02
840119,14,45,	0.2130E+02,	0.0000E+00,	0.2130E+02
840126,10,51,	0.2112E+02,	0.0000E+00,	0.2112E+02
840202,21, 3,	0.2097E+02,	0.0000E+00,	0.2097E+02
840209,11,15,	0.2115E+02,	0.0000E+00,	0.2115E+02
840216, 9,51,	0.2105E+02,	0.0000E+00,	0.2105E+02
840223,10,45,	0.2081E+02,	0.0000E+00,	0.2081E+02
840301,10,27,	0.2087E+02,	0.0000E+00,	0.2087E+02
840308,10, 9,	0.2093E+02,	0.0000E+00,	0.2093E+02
840315,12,44,	0.2021E+02,	0.0000E+00,	0.2021E+02
840322,10,26,	0.2025E+02,	0.0000E+00,	0.2025E+02
840329,11,20,	0.2032E+02,	0.0000E+00,	0.2032E+02
840405,10,38,	0.2061E+02,	0.0000E+00,	0.2061E+02
840412,10,52,	0.2035E+02,	0.0000E+00,	0.2035E+02
840419,10,58,	0.2034E+02,	0.0000E+00,	0.2034E+02
840614,22,22,	0.1938E+02,	0.0000E+00,	0.1938E+02
840620,13,20,	0.1300E+02,	0.0000E+00,	0.1300E+02
840711,17,54,	0.1419E+02,	0.0000E+00,	0.1419E+02
840718,15, 0,	0.1155E+02,	0.0000E+00,	0.1155E+02
840813,10, 0,	0.1432E+02,	0.0000E+00,	0.1432E+02
840821,17,19,	0.1608E+02,	0.0000E+00,	0.1608E+02
840830,11,45,	0.1511E+02,	0.0000E+00,	0.1511E+02
840906,11,30,	0.1448E+02,	0.0000E+00,	0.1448E+02
840914,10,25,	0.1574E+02,	0.0000E+00,	0.1574E+02
840922,11,40,	0.1734E+02,	0.0000E+00,	0.1734E+02
841001, 9,15,	0.1819E+02,	0.0000E+00,	0.1819E+02
841008,14,10,	0.1906E+02,	0.0000E+00,	0.1906E+02
841014,17,30,	0.2048E+02,	0.0000E+00,	0.2048E+02
841022, 8,50,	0.1961E+02,	0.0000E+00,	0.1961E+02
841029,17,24,	0.2185E+02,	0.0000E+00,	0.2185E+02
841105,15,50,	0.2164E+02,	0.0000E+00,	0.2164E+02
841115,14,37,	0.2109E+02,	0.0000E+00,	0.2109E+02
841213,10,16,	0.2171E+02,	0.0000E+00,	0.2171E+02
841224,15,57,	0.1962E+02,	0.5021E+01,	0.2464E+02
850107, 9, 5,	0.2203E+02,	0.4146E+01,	0.2618E+02
850114, 1,22,	0.2019E+02,	0.8954E+01,	0.2914E+02
850123, 8,45,	0.1769E+02,	0.8455E+01,	0.2614E+02
850130, 8,30,	0.1483E+02,	0.1270E+02,	0.2753E+02

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987, framhald.

Tími (dags.,kl.)	LWN-4 (l/s)	GN-1 (l/s)	LWN-4 + GN-1 (l/s)
850205, 9,10,	0.1487E+02,	0.1332E+02,	0.2818E+02
850214, 8,43,	0.1633E+02,	0.6877E+01,	0.2321E+02
850221, 8,45,	0.2212E+02,	0.0000E+00,	0.2212E+02
850228, 8,25,	0.2303E+02,	0.0000E+00,	0.2303E+02
850307, 8,40,	0.2302E+02,	0.0000E+00,	0.2302E+02
850314, 9,30,	0.2285E+02,	0.0000E+00,	0.2285E+02
850321,10, 0,	0.1826E+02,	0.1389E+01,	0.1965E+02
850328, 8,40,	0.1655E+02,	0.9262E+01,	0.2581E+02
850403, 9,20,	0.1508E+02,	0.1065E+02,	0.2573E+02
850410, 7,55,	0.1961E+02,	0.2041E+01,	0.2165E+02
850417, 8,25,	0.2202E+02,	0.0000E+00,	0.2202E+02
850424, 8,10,	0.2202E+02,	0.0000E+00,	0.2202E+02
850430,10,25,	0.2186E+02,	0.0000E+00,	0.2186E+02
850507, 9, 5,	0.2127E+02,	0.0000E+00,	0.2127E+02
850514, 9,35,	0.2021E+02,	0.0000E+00,	0.2021E+02
850522,13,15,	0.1773E+02,	0.0000E+00,	0.1773E+02
850731, 7,35,	0.1749E+02,	-0.1659E-02,	0.1749E+02
850808, 7,38,	0.1616E+02,	0.0000E+00,	0.1616E+02
850816,11, 0,	0.1658E+02,	0.0000E+00,	0.1658E+02
850823, 8,40,	0.1601E+02,	0.0000E+00,	0.1601E+02
850830, 9, 0,	0.1691E+02,	-0.8218E-01,	0.1683E+02
850906,16,20,	0.1719E+02,	0.0000E+00,	0.1719E+02
850913, 8,33,	0.1778E+02,	0.0000E+00,	0.1778E+02
850920, 8,40,	0.1806E+02,	0.0000E+00,	0.1806E+02
850927, 9,30,	0.1843E+02,	0.0000E+00,	0.1843E+02
851004,10,40,	0.1611E+02,	0.2202E+01,	0.1831E+02
851011,15,35,	0.0000E+00,	0.2137E+02,	0.2137E+02
851020,14,24,	0.1150E+02,	0.1016E+02,	0.2166E+02
851028, 8, 6,	0.2233E+02,	0.8980E-01,	0.2242E+02
851104, 9,25,	0.2270E+02,	0.0000E+00,	0.2270E+02
851111, 8,40,	0.2615E+02,	0.0000E+00,	0.2615E+02
851118, 8,40,	0.2343E+02,	0.0000E+00,	0.2343E+02
851125, 8,48,	0.2255E+02,	0.0000E+00,	0.2255E+02
851202, 8,20,	0.2404E+02,	0.0000E+00,	0.2404E+02
851209, 8,27,	0.2477E+02,	0.0000E+00,	0.2477E+02
851217, 8, 3,	0.2355E+02,	0.0000E+00,	0.2355E+02
851224,13,18,	0.2179E+02,	0.1557E+01,	0.2335E+02
851231,16,28,	0.1983E+02,	0.6579E+01,	0.2641E+02
860106, 8,59,	0.1996E+02,	0.2962E+01,	0.2292E+02
860113, 9,44,	0.2168E+02,	0.7068E+00,	0.2239E+02
860120, 8,50,	0.2307E+02,	0.0000E+00,	0.2307E+02

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987,
framhald.

Tími (dags.,kl.)	LWN-4 (1/s)	GN-1 (1/s)	LWN-4 + GN-1 (1/s)
860127, 7,50,	0.2201E+02,	0.2395E+01,	0.2440E+02
860203, 8,30,	0.2046E+02,	0.4241E+01,	0.2470E+02
860211, 8,32,	0.2205E+02,	0.0000E+00,	0.2205E+02
860218, 8,11,	0.2078E+02,	0.0000E+00,	0.2078E+02
860225, 7,54,	0.2370E+02,	0.0000E+00,	0.2370E+02
860305, 8,17,	0.2301E+02,	0.0000E+00,	0.2301E+02
860312, 8,11,	0.2227E+02,	0.0000E+00,	0.2227E+02
860319, 9,23,	0.2303E+02,	0.0000E+00,	0.2303E+02
860326, 10,32,	0.2306E+02,	0.0000E+00,	0.2306E+02
860402, 8, 3,	0.2329E+02,	0.0000E+00,	0.2329E+02
860409, 8,39,	0.2239E+02,	0.0000E+00,	0.2239E+02
860416, 8,49,	0.2202E+02,	0.0000E+00,	0.2202E+02
860423, 8,39,	0.2102E+02,	0.0000E+00,	0.2102E+02
860502, 8,27,	0.2007E+02,	0.0000E+00,	0.2007E+02
860509, 8,58,	0.2070E+02,	0.0000E+00,	0.2070E+02
860516, 9, 2,	0.2004E+02,	0.0000E+00,	0.2004E+02
860523, 8,34,	0.1868E+02,	0.0000E+00,	0.1868E+02
860530, 9,15,	0.1637E+02,	0.0000E+00,	0.1637E+02
860606, 9,45,	0.1721E+02,	0.0000E+00,	0.1721E+02
860613, 8,40,	0.1743E+02,	0.0000E+00,	0.1743E+02
860620, 8,27,	0.1754E+02,	0.0000E+00,	0.1754E+02
860627, 8,41,	0.1662E+02,	0.0000E+00,	0.1662E+02
860704, 8,41,	0.1415E+02,	0.0000E+00,	0.1415E+02
860711, 8,57,	0.1958E+02,	0.0000E+00,	0.1958E+02
860718, 8,30,	0.1743E+02,	0.0000E+00,	0.1743E+02
860725, 8,55,	0.1663E+02,	0.3307E+00,	0.1696E+02
860801, 6,40,	0.1739E+02,	0.0000E+00,	0.1739E+02
860808, 9, 0,	0.1813E+02,	0.0000E+00,	0.1813E+02
860813, 8,48,	0.1846E+02,	0.0000E+00,	0.1846E+02
860821, 8,35,	0.1706E+02,	0.0000E+00,	0.1706E+02
860828, 8,40,	0.1738E+02,	0.0000E+00,	0.1738E+02
860905, 8,30,	0.1827E+02,	0.0000E+00,	0.1827E+02
860915, 8,31,	0.1852E+02,	0.0000E+00,	0.1852E+02
860922, 8, 0,	0.1920E+02,	0.0000E+00,	0.1920E+02
860929, 8, 0,	0.1971E+02,	0.0000E+00,	0.1971E+02
861006, 8,35,	0.2201E+02,	0.0000E+00,	0.2201E+02
861013, 8,45,	0.2184E+02,	0.0000E+00,	0.2184E+02
861020, 7,15,	0.2325E+02,	0.0000E+00,	0.2325E+02
861027, 9,12,	0.2515E+02,	0.0000E+00,	0.2515E+02
861103, 8,42,	0.2500E+02,	0.0000E+00,	0.2500E+02
861110, 8,41,	0.2469E+02,	0.0000E+00,	0.2469E+02

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987,
framhald.

Tími (dags.,kl.)	LWN-4 (l/s)	GN-1 (l/s)	LWN-4 + GN-1 (l/s)
861117, 8,40,	0.2503E+02,	0.0000E+00,	0.2503E+02
861126, 9, 0,	0.2526E+02,	0.0000E+00,	0.2526E+02
861202, 9,15,	0.2081E+02,	0.0000E+00,	0.2081E+02
861209, 8,30,	0.2853E+02,	-0.8566E+01,	0.1996E+02
861217,10,13,	0.2410E+02,	0.8591E+00,	0.2496E+02
861223, 8,59,	0.2404E+02,	0.0000E+00,	0.2404E+02
861230, 9, 4,	0.2339E+02,	0.1644E-01,	0.2341E+02
870107,14, 0,	0.2383E+02,	0.0000E+00,	0.2383E+02
870114, 8,35,	0.2414E+02,	0.0000E+00,	0.2414E+02
870121, 9, 2,	0.2275E+02,	0.0000E+00,	0.2275E+02
870128, 8,41,	0.2221E+02,	0.0000E+00,	0.2221E+02
870209, 8, 0,	0.2239E+02,	-0.4823E-01,	0.2234E+02
870216, 8,47,	0.2452E+02,	0.0000E+00,	0.2452E+02
870220, 8,46,	0.2269E+02,	0.0000E+00,	0.2269E+02
870227, 8,45,	0.2207E+02,	0.8598E+00,	0.2293E+02
870306, 9, 4,	0.2229E+02,	0.0000E+00,	0.2229E+02
870313, 8,30,	0.2244E+02,	0.0000E+00,	0.2244E+02
870320, 8,41,	0.2469E+02,	0.0000E+00,	0.2469E+02
870327, 8,37,	0.2574E+02,	0.0000E+00,	0.2574E+02
870403, 8,57,	0.1443E+02,	0.1290E+02,	0.2733E+02
870406, 8,25,	0.1601E+02,	0.7253E+01,	0.2326E+02
870407, 8,50,	0.2396E+02,	0.0000E+00,	0.2396E+02
870408, 9, 3,	0.2214E+02,	0.0000E+00,	0.2214E+02
870410, 8,50,	0.2193E+02,	0.0000E+00,	0.2193E+02
870418,14,40,	0.2163E+02,	0.0000E+00,	0.2163E+02
870424, 8,40,	0.2033E+02,	0.0000E+00,	0.2033E+02
870430, 8,35,	0.2132E+02,	0.0000E+00,	0.2132E+02
870507, 8, 0,	0.2214E+02,	0.0000E+00,	0.2214E+02
870513, 8,48,	0.2120E+02,	0.0000E+00,	0.2120E+02
870520,10, 0,	0.1977E+02,	0.0000E+00,	0.1977E+02
870527, 9,27,	0.1667E+02,	0.0000E+00,	0.1667E+02

TAFLA 2: Vatnsborð holu LWN-4 á árunum 1982-1987.

Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)
820428, 0, 0	10.00	831012, 9, 50	-99.10	841105, 15, 50	-116.48
820501, 0, 0	1.00	831019, 9, 54	-104.74	841115, 14, 37	-115.10
820601, 0, 0	1.00	831026, 9, 6	-104.74	841213, 10, 16	-133.83
820701, 0, 0	1.00	831102, 10, 6	-109.86	841224, 15, 57	-129.90
820801, 0, 0	1.00	831109, 11, 24	-114.54	850107, 9, 5	-137.66
820901, 0, 0	1.00	831116, 9, 54	-114.86	850114, 1, 22	-139.15
821001, 0, 0	1.00	831123, 9, 24	-107.83	850123, 8, 45	-142.88
821101, 0, 0	1.00	831130, 9, 55	-120.84	850130, 8, 30	-144.47
821201, 0, 0	1.00	831207, 9, 56	-117.00	850205, 9, 10	-145.32
830101, 12, 30	-58.10	831214, 9, 50	-117.85	850214, 8, 43	-140.32
830301, 16, 0	-33.00	831221, 10, 38	-118.49	850221, 8, 45	-146.90
830310, 10, 30	-15.34	831228, 11, 0	-117.10	850228, 8, 25	-146.15
830311, 17, 35	-9.59	840105, 14, 20	-117.85	850307, 8, 40	-144.99
830318, 8, 10	-67.27	840112, 10, 51	-117.63	850314, 9, 30	-146.79
830325, 10, 35	-73.59	840119, 14, 45	-117.53	850321, 10, 0	-147.97
830402, 10, 42	-82.40	840126, 10, 51	-117.74	850328, 8, 40	-144.46
830409, 10, 0	-87.72	840202, 21, 3	-118.49	850403, 9, 20	-143.93
830416, 10, 47	-90.29	840209, 11, 15	-118.80	850410, 7, 55	-146.58
830425, 10, 53	-91.66	840216, 9, 51	-118.17	850417, 8, 25	-145.52
830502, 10, 38	-90.93	840223, 10, 45	-117.42	850424, 8, 10	-144.03
830509, 10, 6	-91.46	840301, 10, 27	-116.89	850430, 10, 25	-142.53
830516, 11, 42	-96.13	840308, 10, 9	-115.61	850507, 9, 5	-139.02
830523, 10, 57	-93.15	840315, 12, 44	-115.83	850514, 9, 35	-132.97
830530, 10, 15	-96.76	840322, 10, 26	-116.49	850522, 13, 15	-132.23
830606, 11, 22	-104.64	840329, 11, 20	-116.91	850731, 7, 35	-99.79
830613, 11, 4	-104.84	840405, 10, 38	-116.81	850808, 7, 38	-96.60
830620, 21, 23	-105.71	840412, 10, 52	-116.81	850816, 11, 0	-95.94
830627, 11, 23	-105.39	840419, 10, 58	-116.27	850823, 8, 40	-94.99
830704, 10, 41	-107.41	840614, 22, 22	-96.84	850830, 9, 0	-99.67
830711, 10, 29	-106.03	840620, 13, 20	-100.75	850906, 16, 20	-95.53
830718, 11, 17	-106.03	840711, 17, 54	-98.10	850913, 8, 33	-111.48
830725, 13, 59	-106.04	840813, 10, 0	-81.66	850920, 8, 40	-103.91
830802, 7, 59	-106.14	840821, 17, 19	-79.26	850927, 9, 30	-103.61
830809, 10, 53	-106.24	840830, 11, 45	-78.19	851004, 10, 40	-93.40
830816, 7, 21	-106.02	840906, 11, 30	-80.02	851011, 15, 35	-93.40
830823, 14, 58	-105.71	840914, 10, 25	-83.41	851020, 14, 24	-125.64
830830, 22, 50	-84.20	840922, 11, 40	-83.62	851028, 8, 6	-130.20
830906, 21, 40	-97.53	841001, 9, 15	-93.18	851104, 9, 25	-149.46
830914, 8, 57	-99.13	841008, 14, 10	-106.59	851111, 8, 40	-155.96
830921, 10, 50	-90.30	841014, 17, 30	-102.23	851118, 8, 40	-147.23
830928, 22, 51	-97.50	841022, 8, 50	-105.42	851125, 8, 48	-145.32
831005, 10, 20	-98.48	841029, 17, 24	-114.57	851202, 8, 20	-156.29

TAFLA 2: Vatnsborð holu LWN-4 á árunum 1982-1987, framhald.

Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)
851209, 8,27	-160.74	860620, 8,27	-126.64	861223, 8,59	-168.30
851217, 8, 3	-158.84	860627, 8,41	-120.25	861230, 9, 4	-178.40
851224,13,18	-156.51	860704, 8,41	-119.19	870107,14, 0	-174.15
851231,16,28	-159.70	860711, 8,57	-118.66	870114, 8,35	-172.55
860106, 8,59	-157.04	860718, 8,30	-116.53	870121, 9, 2	-170.96
860113, 9,44	-159.71	860725, 8,55	-119.28	870128, 8,41	-169.89
860120, 8,50	-160.34	860801, 6,40	-116.62	870209, 8, 0	-169.89
860127, 7,50	-163.10	860808, 9, 0	-115.53	870216, 8,47	-177.87
860203, 8,30	-162.36	860813, 8,48	-120.86	870220, 8,46	-170.96
860211, 8,32	-158.62	860821, 8,35	-120.86	870227, 8,45	-174.15
860218, 8,11	-151.51	860828, 8,40	-120.86	870306, 9, 4	-168.83
860225, 7,54	-163.41	860905, 8,30	-119.27	870313, 8,30	-172.02
860305, 8,17	-163.20	860915, 8,31	-128.36	870320, 8,41	-179.46
860312, 8,11	-162.86	860922, 8, 0	-132.61	870327, 8,37	-187.97
860319, 9,23	-163.98	860929, 8, 0	-145.38	870403, 8,57	-179.46
860326,10,32	-167.15	861006, 8,35	-134.21	870406, 8,25	-170.79
860402, 8, 3	-161.82	861013, 8,45	-137.87	870407, 8,50	-177.17
860409, 8,39	-154.48	861020, 7,15	-166.62	870408, 9, 3	-171.85
860416, 8,49	-164.27	861027, 9,12	-151.71	870410, 8,50	-170.94
860423, 8,39	-153.42	861103, 8,42	-159.21	870418,14,40	-161.40
860502, 8,27	-150.94	861110, 8,41	-162.06	870424, 8,40	-166.17
860509, 8,58	-151.68	861117, 8,40	-166.17	870430, 8,35	-170.41
860516, 9, 2	-146.89	861126, 9, 0	-170.96	870507, 8, 0	-169.90
860523, 8,34	-139.44	861202, 9,15	-172.02	870513, 8,48	-160.32
860530, 9,15	-139.97	861209, 8,30	-172.55	870520,10, 0	-151.84
860606, 9,45	-128.78	861217,10,13	-174.15	870527, 9,27	-142.26
860613, 8,40	-127.71				

TAFLA 3: Vatnsborð holu GN-1 á árunum 1984-1987.

Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)	Tími (dags,kl,mín)	Vatnsborð (m)
841213,10,16	-122.62	851209, 8,27	-133.64	860915, 8,31	-102.54
841224,15,57	-123.14	851217, 8, 3	-134.47	860922, 8, 0	-102.54
850107, 9, 5	-128.91	851224,13,18	-145.03	860929, 8, 0	-102.54
850114, 1,22	-131.54	851231,16,28	-147.65	861006, 8,35	-105.69
850123, 8,45	-139.41	860106, 8,59	-138.32	861013, 8,45	-116.18
850130, 8,30	-138.36	860113, 9,44	-136.22	861020, 7,15	-117.23
850205, 9,10	-144.13	860120, 8,50	-137.27	861027, 9,12	-124.57
850214, 8,43	-131.01	860127, 7,50	-148.18	861103, 8,42	-127.72
850221, 8,45	-127.87	860203, 8,30	-142.41	861110, 8,41	-136.11
850228, 8,25	-127.34	860211, 8,32	-138.21	861117, 8,40	-141.88
850307, 8,40	-126.82	860218, 8,11	-134.02	861126, 9, 0	-142.41
850314, 9,30	-128.39	860225, 7,54	-139.26	861202, 9,15	-143.46
850321,10, 0	-139.41	860305, 8,17	-138.21	861209, 8,30	-143.46
850328, 8,40	-142.03	860312, 8,11	-138.74	861217,10,13	-148.70
850403, 9,20	-141.50	860319, 9,23	-142.41	861223, 8,59	-146.61
850410, 7,55	-127.87	860326,10,32	-142.93	861230, 9, 4	-149.75
850417, 8,25	-127.34	860402, 8, 3	-142.93	870107,14, 0	-145.56
850424, 8,10	-127.34	860409, 8,39	-139.26	870114, 8,35	-146.61
850430,10,25	-125.77	860416, 8,49	-141.36	870121, 9, 2	-146.61
850507, 9, 5	-123.67	860423, 8,39	-136.64	870128, 8,41	-142.93
850514, 9,35	-119.47	860502, 8,27	-132.97	870209, 8, 0	-139.26
850522,13,15	-113.18	860509, 8,58	-132.97	870216, 8,47	-149.75
850731, 7,35	-91.67	860516, 9, 2	-130.87	870220, 8,46	-145.56
850808, 7,38	-87.47	860523, 8,34	-126.67	870227, 8,45	-151.85
850816,11, 0	-84.85	860530, 9,15	-118.28	870306, 9, 4	-144.51
850823, 8,40	-85.90	860606, 9,45	-116.18	870313, 8,30	-144.51
850830, 9, 0	-84.85	860613, 8,40	-116.18	870320, 8,41	-151.85
850906,16,20	-88.52	860620, 8,27	-115.13	870327, 8,37	-154.83
850913, 8,33	-89.05	860627, 8,41	-114.08	870403, 8,57	-165.37
850920, 8,40	-89.05	860704, 8,41	-114.08	870406, 8,25	-161.02
850927, 9,30	-89.57	860711, 8,57	-107.79	870408, 9, 3	-155.00
851004,10,40	-104.67	860718, 8,30	-106.74	870410, 8,50	-151.85
851011,15,35	-118.32	860725, 8,55	-105.69	870418,14,40	-148.70
851020,14,24	-108.46	860801, 6,40	-100.44	870424, 8,40	-145.56
851028, 8, 6	-112.65	860808, 9, 0	-100.44	870430, 8,35	-146.61
851104, 9,25	-118.95	860813, 8,48	-101.49	870507, 8, 0	-146.61
851111, 8,40	-123.67	860821, 8,35	-100.44	870513, 8,48	-145.56
851118, 8,40	-125.24	860828, 8,40	-100.44	870520,10, 0	-140.84
851125, 8,48	-124.72	860905, 8,30	-102.54	870527, 9,27	-130.87
851202, 8,20	-129.96				

TAFLA 4: Hiti vatns úr LWN-4 á árunum 1983-1987.

Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)
830311,17,35	90.0	840112,10,51	102.1	850808, 7,38	99.9
830318, 8,10	99.1	840119,14,45	101.8	850816,11, 0	100.4
830325,10,35	100.4	840126,10,51	101.8	850823, 8,40	100.2
830402,10,42	101.1	840202,21, 3	102.2	850830, 9, 0	100.2
830409,10, 0	101.2	840209,11,15	102.6	850906,16,20	100.0
830416,10,47	100.7	840216, 9,51	101.9	850913, 8,33	100.4
830425,10,53	101.2	840223,10,45	102.0	850920, 8,40	100.6
830502,10,38	100.8	840301,10,27	101.8	850927, 9,30	100.1
830509,10, 6	100.8	840308,10, 9	101.7	851011,15,35	100.0
830516,11,42	101.1	840315,12,44	101.7	851020,14,24	100.8
830523,10,57	101.3	840322,10,26	99.5	851028, 8, 6	101.0
830530,10,15	101.5	840329,11,20	99.7	851104, 9,25	101.2
830606,11,22	102.0	840405,10,38	99.7	851111, 8,40	101.2
830613,11, 4	102.3	840412,10,52	99.7	851118, 8,40	101.2
830620,21,23	101.5	840419,10,58	99.7	851209, 8,27	101.4
830627,11,23	101.5	840614,22,22	98.3	851217, 8, 3	101.1
830704,10,41	101.9	840620,13,20	99.2	851224,13,18	100.8
830711,10,29	101.7	840711,17,54	98.9	851231,16,28	100.8
830718,11,17	101.6	840718,15, 0	98.8	860106, 8,59	100.8
830725,13,59	101.2	840813,10, 0	98.0	860113, 9,44	100.6
830802, 7,59	101.4	840821,17,19	99.5	860120, 8,50	100.9
830809,10,53	101.4	840830,11,45	99.7	860127, 7,50	101.0
830816, 7,21	101.8	840906,11,30	99.2	860203, 8,30	101.0
830823,14,58	101.3	840914,10,25	99.5	860211, 8,32	101.1
830830,22,50	101.3	840922,11,40	99.7	860218, 8,11	100.8
830906,21,40	100.7	841001, 9,15	100.0	860225, 7,54	101.3
830914, 8,57	100.6	841008,14,10	100.0	860305, 8,17	101.2
830921,10,50	100.5	841014,17,30	100.0	860312, 8,11	101.5
830928,22,51	101.7	841022, 8,50	100.0	860319, 9,23	100.4
831005,10,20	101.1	841029,17,24	100.0	860326,10,32	101.0
831012, 9,50	101.8	850221, 8,45	101.3	860402, 8, 3	101.0
831019, 9,54	102.1	850228, 8,25	101.9	860409, 8,39	100.9
831026, 9, 6	102.0	850307, 8,40	101.5	860416, 8,49	101.1
831102,10, 6	102.0	850314, 9,30	102.1	860423, 8,39	100.8
831109,11,24	102.0	850403, 9,20	101.0	860502, 8,27	101.5
831116, 9,54	102.0	850410, 7,55	101.4	860509, 8,58	101.5
831123, 9,24	102.0	850417, 8,25	101.5	860516, 9, 2	101.5
831130, 9,55	100.8	850424, 8,10	101.5	860523, 8,34	101.4
831207, 9,56	101.7	850430,10,25	102.0	860530, 9,15	101.4
831214, 9,50	102.0	850507, 9, 5	101.8	860606, 9,45	101.5
831221,10,38	101.8	850514, 9,35	100.5	860613, 8,40	101.6
831228,11, 0	101.8	850522,13,15	100.5	860620, 8,27	101.6
840105,14,20	102.3	850731, 7,35	100.0	860627, 8,41	101.6

TAFLA 4: Hiti vatns úr LWN-4 á árunum 1983-1987, framhald.

Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)
860704, 8,41	101.5	861230, 9, 4	99.0	870403, 8,57	99.0
860711, 8,57	101.5	870107,14, 0	99.0	870406, 8,25	103.0
860718, 8,30	101.5	870114, 8,35	99.0	870407, 8,50	103.4
860725, 8,55	100.4	870121, 9, 2	99.0	870408, 9, 3	103.1
860801, 6,40	100.4	870128, 8,41	99.0	870410, 8,50	99.3
860808, 9, 0	100.7	870209, 8, 0	99.0	870418,14,40	98.7
860813, 8,48	100.6	870216, 8,47	99.0	870424, 8,40	99.0
861110, 8,41	98.2	870220, 8,46	99.0	870430, 8,35	99.3
861117, 8,40	99.0	870227, 8,45	99.0	870507, 8, 0	98.8
861126, 9, 0	99.0	870306, 9, 4	99.0	870513, 8,48	99.0
861202, 9,15	99.0	870313, 8,30	99.0	870520,10, 0	98.6
861209, 8,30	99.0	870320, 8,41	99.0	870527, 9,27	98.8
861223, 8,59	99.0	870327, 8,37	99.0		

TAFLA 5: Hiti vatns úr GN-1 á árunum 1984-1987.

Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)	Tími (dags,kl,mín)	Hiti (°C)
851004,10,40	83.8	851016, 9,11	83.7	860106, 8,59	78.0
851005,19,30	84.2	851222,12,19	77.0	860125,13,15	80.0
851006,15,38	84.4	851223, 8,50	79.5	860128, 9, 0	80.0
851007, 9, 0	84.7	851224,13,18	79.5	860130, 8,42	80.0
851008,10, 0	84.4	851227,10,59	79.5	860131, 8,22	80.0
851009, 8, 0	84.6	851230, 8,59	80.0	870328,10, 0	84.0
851011,15,35	84.6	851231,16,28	80.0	870401, 9,45	84.0
851012,15,30	84.0	860102, 9, 0	77.0	870403, 8,57	83.3
851014,13,12	83.7	860103, 8,59	78.0	870406, 8,25	87.0

TAFLA 6: Þrepaðæling úr holu LWN-4, 11. mars 1983.

Tími (mín)	Vatnsborð (m)	Þæling (l/s)
0.0	-9.13	0.00
3.0	-13.70	-12.25
23.0	-13.56	-12.25
33.0	-13.38	-12.25
53.0	-13.40	-12.25
73.0	-13.42	-12.25
103.0	-13.40	-12.25
118.0	-25.17	-22.82
131.0	-27.00	-22.82
148.0	-27.78	-22.82
173.0	-30.49	-22.82
198.0	-30.88	-22.82
228.0	-31.19	-22.82
238.0	-31.21	-22.82
243.0	-50.97	-33.65
253.0	-52.20	-33.65
270.0	-54.63	-33.65
293.0	-55.25	-33.65
318.0	-57.72	-33.65
338.0	-58.20	-33.65
348.0	-58.27	-33.65
353.0	-66.20	-37.53
368.0	-67.79	-37.53
390.0	-68.95	-37.53
403.0	-69.02	-37.53
413.0	-69.37	-37.53
419.0	-62.00	-25.00
426.0	-50.02	-25.00
432.0	-44.52	-25.00
494.0	-43.57	-25.00
563.0	-43.57	-25.00
623.0	-42.38	-25.00

TAFLA 7: Hækkun vatnsborðs LWN-4 eftir stöðvun
dælu, 15. ágúst 1983.

Tími (mín)	Vatnsborð (m)	Dæling (l/s)
0.0	-88.60	-20.80
17.0	-87.44	0.00
25.0	-86.59	0.00
35.0	-86.05	0.00
45.0	-85.58	0.00
55.0	-85.15	0.00
60.0	-84.88	0.00
70.0	-84.62	0.00
80.0	-84.25	0.00
90.0	-83.98	0.00
100.0	-83.71	0.00
110.0	-83.45	0.00
123.0	-83.08	0.00
142.0	-82.76	0.00
160.0	-82.54	0.00
182.0	-82.06	0.00
200.0	-81.90	0.00
220.0	-81.59	0.00
240.0	-81.32	0.00
262.0	-81.05	0.00
294.0	-80.89	0.00
325.0	-80.52	0.00
350.0	-80.31	0.00
390.0	-80.04	0.00
420.0	-79.88	0.00
455.0	-79.67	0.00
486.0	-79.46	0.00

VIÐAUKI C

VINNSLUSAGA, EININGARNIÐURDRÁTTUR OG VATNAFRÆÐILÍKÖN

TAFLA 1: Vinnsla á Laugalandssvæðinu 1983-1987, mánaðar-
legt meðaltal. Upphafsdagur er 1982-05-01.

Tími (mán.)	Vatnsborð (m)	Vinnsla (l/s)	Tími (mán.)	Vatnsborð (m)	Vinnsla (l/s)
1.	0.	8.0	32.	-103.7	21.5
2.	0.	8.0	33.	-119.7	23.6
3.	0.	8.0	34.	-133.6	27.3
4.	0.	8.0	35.	-128.3	24.2
5.	0.	8.0	36.	-134.7	25.5
6.	0.	8.0	37.	-123.9	23.0
7.	0.	8.0	38.	-110.4	19.2
8.	0.	8.0	39.	-100.9	17.5
9.	-60.	25.0	40.	-91.7	17.5
10.	-40.	20.0	41.	-86.3	16.4
11.	-10.	11.0	42.	-90.8	17.7
12.	-72.3	15.0	43.	-120.5	24.5
13.	-75.8	18.3	44.	-130.0	24.4
14.	-77.7	20.6	45.	-142.3	24.6
15.	-84.4	22.1	46.	-143.6	23.6
16.	-85.5	21.4	47.	-138.7	22.1
17.	-84.3	19.6	48.	-140.6	22.9
18.	-80.9	19.4	49.	-131.7	21.4
19.	-90.6	20.7	50.	-121.1	19.0
20.	-98.0	22.5	51.	-110.6	16.8
21.	-96.5	21.5	52.	-101.1	17.8
22.	-98.3	21.2	53.	-103.6	17.8
23.	-97.1	21.0	54.	-114.1	18.9
24.	-98.2	20.4	55.	-126.2	23.5
25.	-92.7	20.4	56.	-143.5	24.0
26.	-84.8	19.4	57.	-149.8	25.0
27.	-87.4	16.4	58.	-144.2	23.3
28.	-77.0	13.6	59.	-147.0	22.9
29.	-68.1	15.0	60.	-157.3	24.2
30.	-81.1	16.4	61.	-149.1	23.8
31.	-96.1	20.3			

TAFLA 2: Einingarniðurdráttur á Laugalandssvæðinu
1983-1987, mánaðarlegt meðaltal. Upphafsdagur er 1982-05-01.

Tími (mán.)	Einniðurdr. (m/(l/s))	Tími (mán.)	Einniðurdr. (m/(l/s))
1.0	3.738	32.0	8.061
2.0	5.236	33.0	8.110
3.0	5.865	34.0	8.157
4.0	6.158	35.0	8.204
5.0	6.320	36.0	8.249
6.0	6.430	37.0	8.294
7.0	6.519	38.0	8.339
8.0	6.599	39.0	8.382
9.0	6.675	40.0	8.425
10.0	6.748	41.0	8.467
11.0	6.820	42.0	8.508
12.0	6.890	43.0	8.548
13.0	6.959	44.0	8.588
14.0	7.027	45.0	8.627
15.0	7.094	46.0	8.665
16.0	7.159	47.0	8.703
17.0	7.223	48.0	8.740
18.0	7.286	49.0	8.776
19.0	7.348	50.0	8.812
20.0	7.409	51.0	8.847
21.0	7.469	52.0	8.881
22.0	7.528	53.0	8.915
23.0	7.586	54.0	8.949
24.0	7.642	55.0	8.981
25.0	7.698	56.0	9.013
26.0	7.753	57.0	9.045
27.0	7.806	58.0	9.076
28.0	7.859	59.0	9.106
29.0	7.911	60.0	9.136
30.0	7.962		
31.0	8.012		

TVÖ EINFÖLD VATNAFRÆÐILEG LÍKÖN

Hér verður lýst stuttlega tveimur einföldum vatnafræðilegum líkönum sem nota má við túlkun langtíma vinnslugagna. Þessi tvö líkön eiga það sameiginlegt að þau hafa frjálst vatnsborð og bæði eru byggð á þeirri nálgun að samþjappanleiki vatns og bergs sé hverfandi. Þessi nálgun er aðeins gild fyrir langtímagögn, þ.e. fyrir lengri tíma en nokkra mánuði.

Fyrst skal nefna líkan af einsleitni, óendanlegu hálfkrúmi með einsátta vatnsleiðni eða lekt og frjálstu vatnsborði (sjá mynd). Vatni er dælt úr punktinum $Q = (0,0,d)$ og fylgst með þrýstingi í punktinum $P = (x,y,z)$. Byrjað er að dæla q kg/s við tímann $t = 0$. Þá gildir um þrýstiviðbrögðin í punkti P :

$$p(P,t) = (-q/12.566c)(1/r_{PQ} + 1/r_{PQ'} - 2/r_{PQ't})$$

þar sem

$$c = k/v$$

$$k = \text{lekt bergsins}$$

$$v = \text{eðlisseigja vatnsins}$$

$$r_{PQ} = (x^2 + y^2 + (z-d)^2)^{1/2}$$

$$r_{PQ'} = (x^2 + y^2 + (z+d)^2)^{1/2}$$

$$r_{PQ't} = (x^2 + y^2 + (z+d+wt)^2)^{1/2}$$

og

$$w = cg/\phi$$

$$g = \text{þyngdarhröðunin}$$

$$\phi = \text{poruhluti bergsins}$$

Seinna líkanið er líkan af einsleitri lóðréttri rennu með frjálstu vatnsborði og tvívíðu vatnsstreymi (sjá mynd). Þar sem um tvívítt flæði er að ræða er þrýstingurinn ekki háður x -hniti. Slíkt líkan getur líkt eftir vatnsstreymi í og við gang eða sprungu. Ef dælt er úr $Q = (0,d)$ þá gildir um þrýstiviðbrögðin í punkti $P = (y,z)$

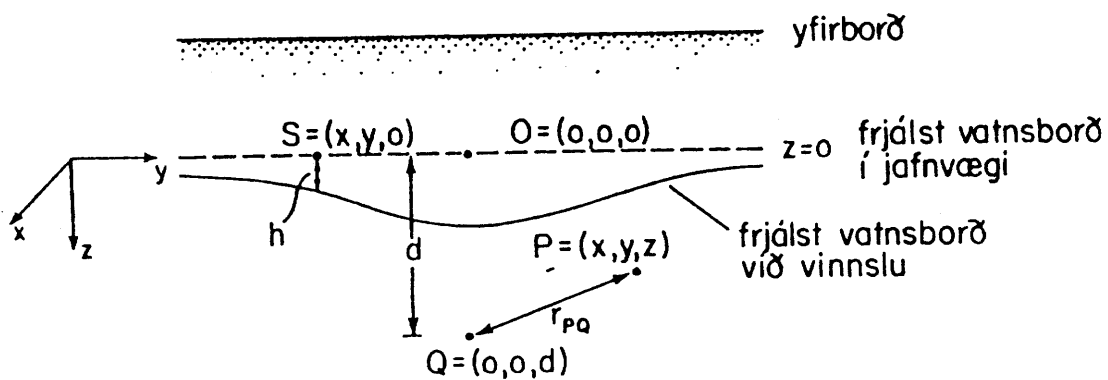
$$p(P,t) = (q/6.283bc)(\ln(r_{PQ}) + \ln(r_{PQ'}) - \ln(r_{PQ't}))$$

þar sem allar skilgreiningar eru eins og áður, en auk þess er b þykkt rennunnar og $x = 0$.

Margfeldið af þykkt og lekt má einnig túlka sem lekt af völdum einnar eða fleiri samsíða sprungna. Ef n er fjöldi þeirra og h meðalvídd, þá gildir

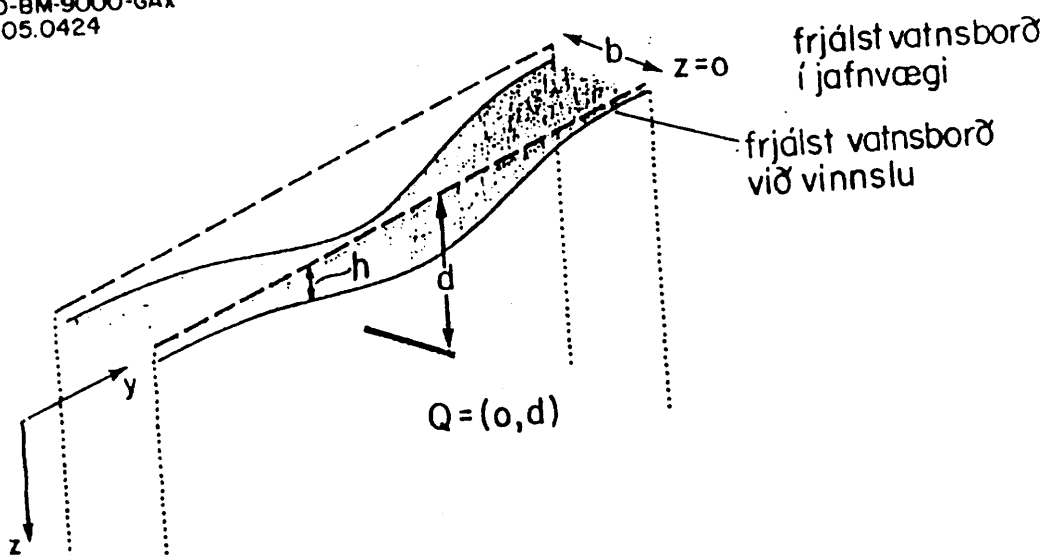
$$bk = nh^3/12,$$

JHD-BM-9000-GAx
86.05.0423



Hálfrúm með frjálstu vatnsborði

JHD-BM-9000-GAx
86.05.0424



Lóðrétt renna með frjálstu vatnsborði