



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NÚPAR III
Dæluprófun holu 4

Sæþór L. Jónsson, Orkustofnun
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

Unnið fyrir Guðmund Birgisson

OS-86009/JHD-02 B

Febrúar 1986



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer : 687-176

NÚPAR III
Dæluþrófun holu 4

Sæþór L. Jónsson, Orkustofnun
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

Unnið fyrir Guðmund Birgisson

OS-86009/JHD-02 B

Febrúar 1986

EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	5
2 FYRRI ÞREPAPRÓFUN	6
3 LANGTÍMAPRÓFUN	8
3.1 Breyting á vatnsborði	8
3.2 Lækkun hitastigs.	10
4 JÖFNUN	12
5 SEINNI ÞREPAPRÓFUN	14
6 LOKAPRÓFUN	15
7 NIÐURSTAÐA	15

VIÐAUKI: Efnasamsetning vatnssýna. Greinargerð

MYNDASKRÁ

	bls.
1 Núpar III, staðsetning borhola	3
2 Fyrri þrepaprófun	7
3 Fyrri þrepaprófun. Vatnsstaða sem fall af rennsli	7
4 Langtímamæling	8
5 Langtímamæling. Aðferð Jacobs	9
6 Langtímamæling. Aðferð Theis	9
7 Seinni þrepaprófun. Hiti sem fall af rennsli	10
8 Langtímamæling. Hitafall með dælingu	11
9 Jöfnun	12
10 Jöfnun. Aðferð Jacobs	13
11 Jöfnun. Aðferð Theis	13
12 Seinni þrepaprófun	14
13 Seinni þrepaprófun. Vatnsstaða sem fall af rennsli	14
14 Lokapróf	15
15 Spá um niðurdrátt	16

Núpar III

STADSETNING BORHOLA

Ath.1



H4

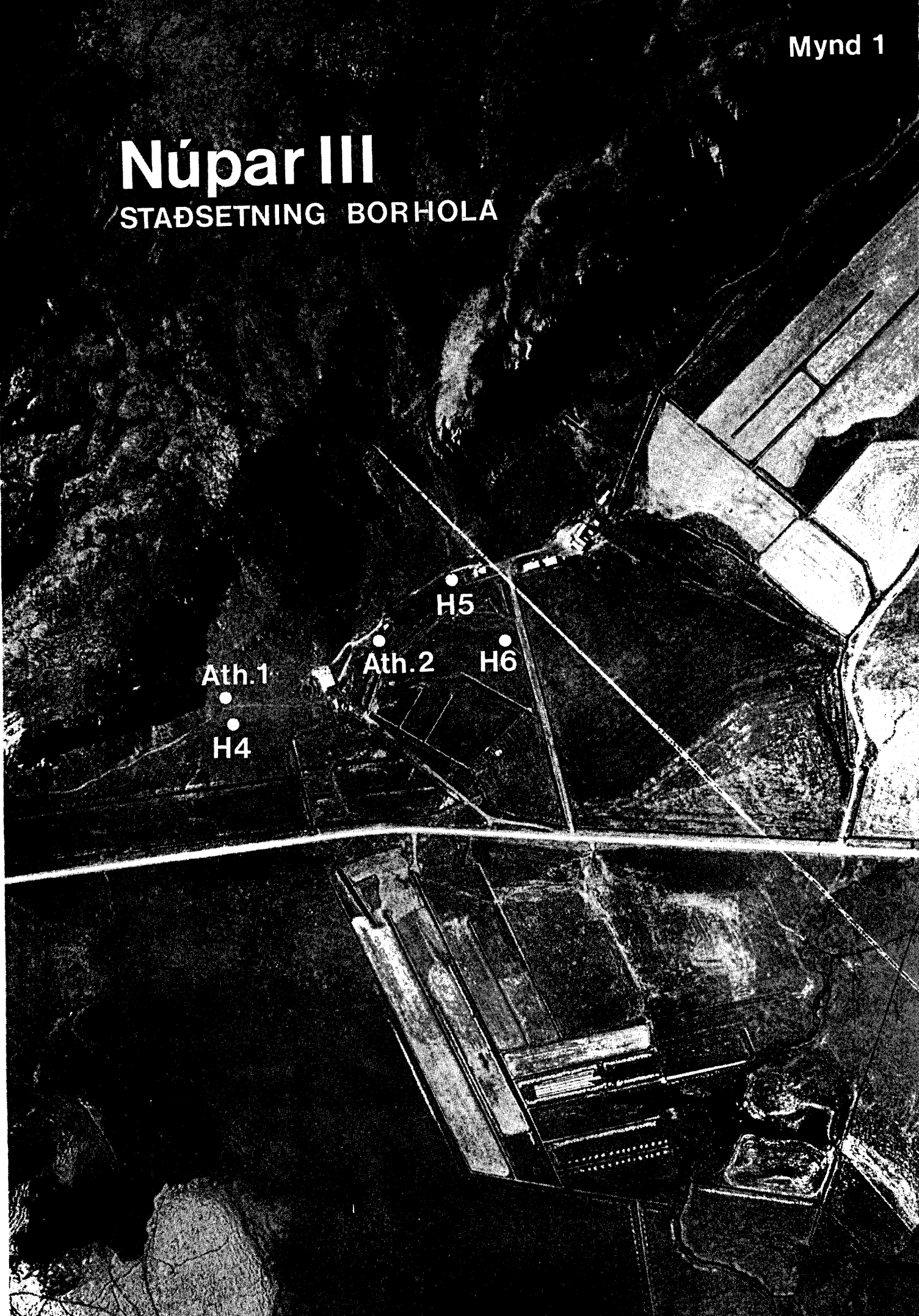
Ath.2



H5



H6



1 INNGANGUR

Hola 4 við Núpa III í Ölfushreppi var boruð 18. - 26. september 1985 með jarðbornum Glaum frá Jarðborunum ríkisins til öflunar volgs grunnvatns fyrir fiskeldi. Holan sem er 12 1/4" víð og 81,8 m djúp er fóðruð með 11 3/4" fóðringu niður í 11,1 m dýpi. Í verklok var holan loftdæld í skamman tíma með tækjum borsins og fengust úr henni 30 - 40 l/s af vatni. Þetta var talin jákvæð niðurstaða, en til að hægt væri að meta áhrif dælingar úr holunni til lengri tíma þurfti dæluprófa hana.

Dæluprófun fór fram dagana 21. - 28. október 1985 (mynd 1) að beiðni Guðmundar Birgissonar, Núpum III. Markmið prófunarinnar var:

- a) Að mæla skammtímaniðurdrátt við þrepadælingu.
- b) Að framreikna niðurdrátt til nokkurra ára með hjálp leiðnigilda sem fundin voru í vikulangri prófun.
- c) Að mæla breytingar á hitastigi og meta hvort hætta væri á að vatnið kólnaði verulega frá því sem nú er við langvarandi dælingu.
- d) Taka efnasýni.

Á meðan prófunin stóð yfir var eftirfarandi skráð á tölvustýrðu mælitæki: Rennsli úr dæluholu, hitastig vatns, útihitastig og hæð vatnsborðs í dæluholu. Hæð vatnsborðs í tveimur athugunarholum var einnig mæld við lok langtímaprófunar svo og jöfnun vatnsborðs. Tafla 1 sýnir helstu upplýsingar um borholurnar.

TAFLA 1 Helstu upplýsingar um borholur.

	Dæluhola H-4	Athugunar- hola 1	Athugunar- hola 2
Dýpi borholu (m)	81,8	50	60
Dýpi fóðringar (m)	11,1	-	-
Vídd borholu (tommur)	12 1/4"	3"	3"
Vídd fóðringar (tommur)	11 3/4"	-	-
Fjarlægð frá holu H-4 (m)	0	5,5	122,5

Dæluprófun holu 4 má skipta í fjóra áfanga: Fyrri þrepaprófun, jöfnun

vatnsborðs eftir dælingu, seinni þrepaprófun og mælingu á hitastigi vatns.

Starfsmenn Vinnslutæknideildar Orkustofnunar sáu um framkvæmd prófunarinnar og gagnasöfnun en Vatnaskil önnuðust úrvinnslu.

Undir lok dæluþrófunarinnar, 27. október 1985, var efnasýni tekið til greiningar.

2 FYRRI ÞREPAPRÓFUN

Fyrri þrepaprófunin var framkvæmd 21. okt 1985. Niðurstöður mælinga eru sýndar á mynd 2. Vatnsstaða við hvert þrep er sýnd á mynd 3 og fylgir hún eftirfarandi líkingu:

$$h = 2,60 + 9Q + 23800Q^2$$

þar sem

- h : vatnsstaða í m (dýpi)
- 2,60 : upphafleg vatnsstaða (m)
- Q : rennsli í m³/s
- 9 Q : lýsir niðurdrætti sem stafar af vatnsleiðni bergsins
- 23800Q² : lýsir niðurdrætti sem stafar af holunni sem mannvirki (holuvídd, hrjúfleika röra o.fl.).

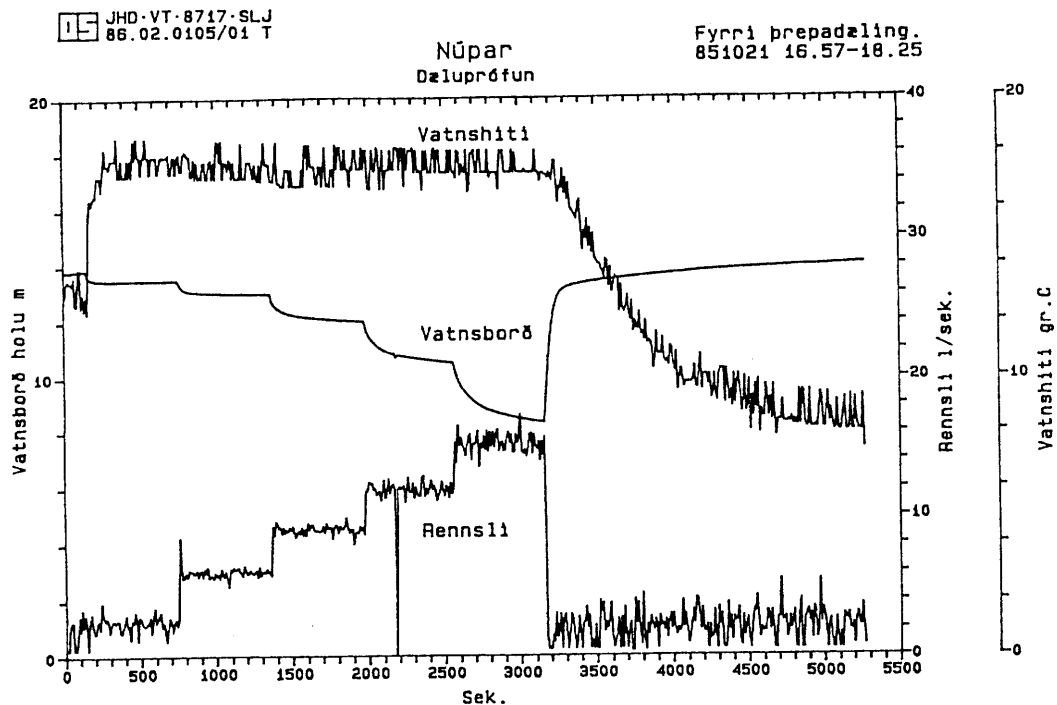
Niðurdráttur við skammtímadælingu út frá framangreindri líkingu er í töflu 2.

IAFLA 2 Niðurdráttur við skammtímadælingu.

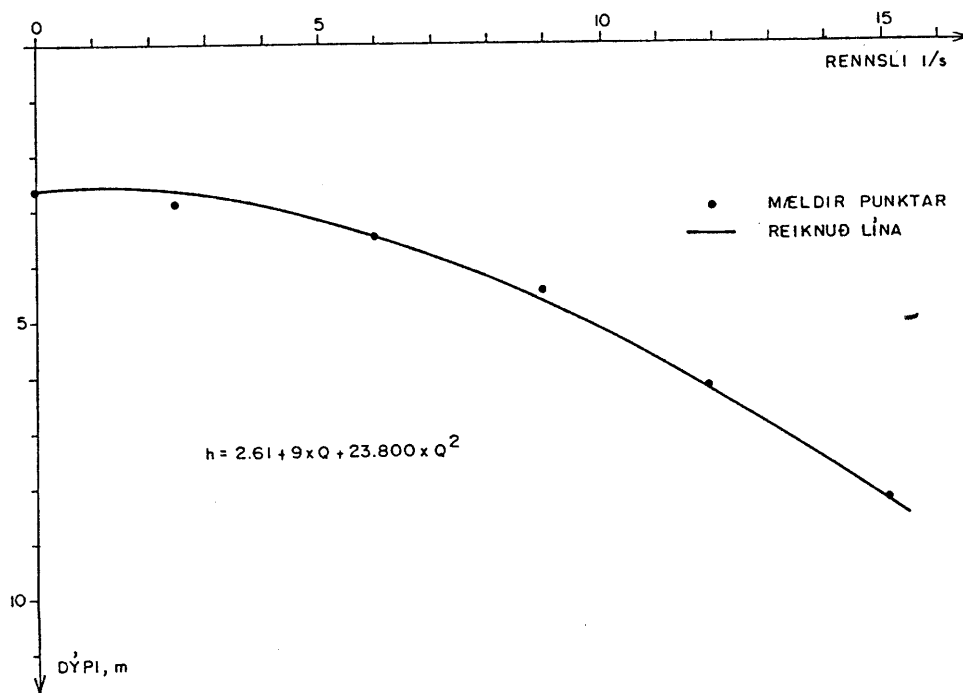
Rennsli l/s	Niðurdráttur m	Vatnsstaða m
0	0	2,6
5	0,6	3,2
10	2,5	5,1
15	5,5	8,1
20	(9,7)	(12,3)
25	(15,1)	(17,7)
30	(21,6)	(24,2)
35	(29,5)	(32,1)
40	(38,4)	(41,0)

Tölur í sviga eru reiknaðar út frá líkingunni $h = 2,60 + 9Q + 23800Q^2$.

Til viðbótar þessum niðurdrætti kemur niðurdráttur sem stafar af dælingu í langan tíma og verður vikið að því í næsta kafla.



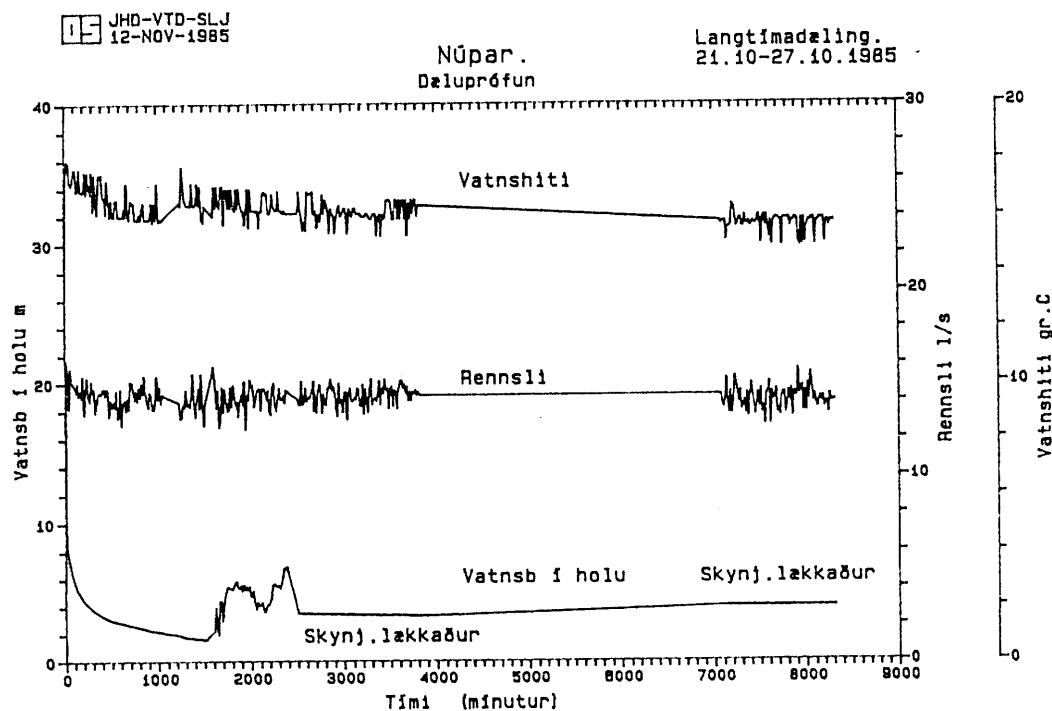
MYND 2 Fyrri þrepaþrófun.



MYND 3 Fyrri þrepaþrófun. Vatnsstaða sem fall af rennsli.

3 LANGTÍMAPRÓFUN

Prófunin stóð yfir dagana 22. - 27. okt. 1985, og var dælt 14,3 l/s að jafnaði (mynd 4).



MYND 4 Langtímaþráttur.

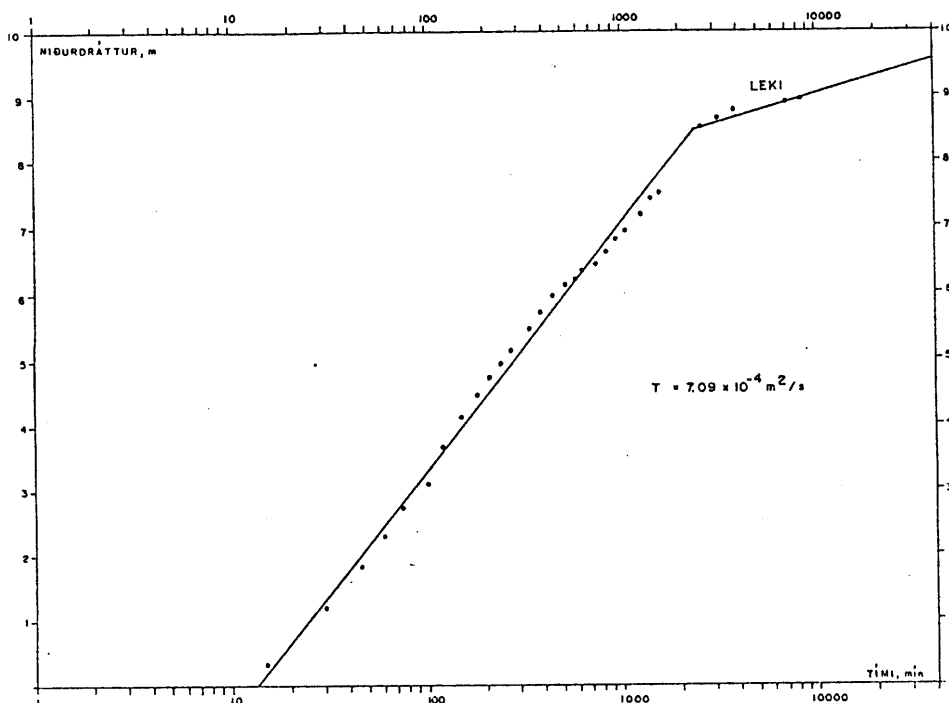
3.1 Breyting á vatnsborði

Mælingarnar eru settar fram á mynd 4. Kemur þar berlega fram að mikið er um truflanir í mælitækjum og gögnin ósamfelld. Setti þetta nokkuð mark á nákvæmni úrvinnslunar, einkum hinn langi kafli þar sem engin gögn voru skráð vegna rafmagnsleysis.

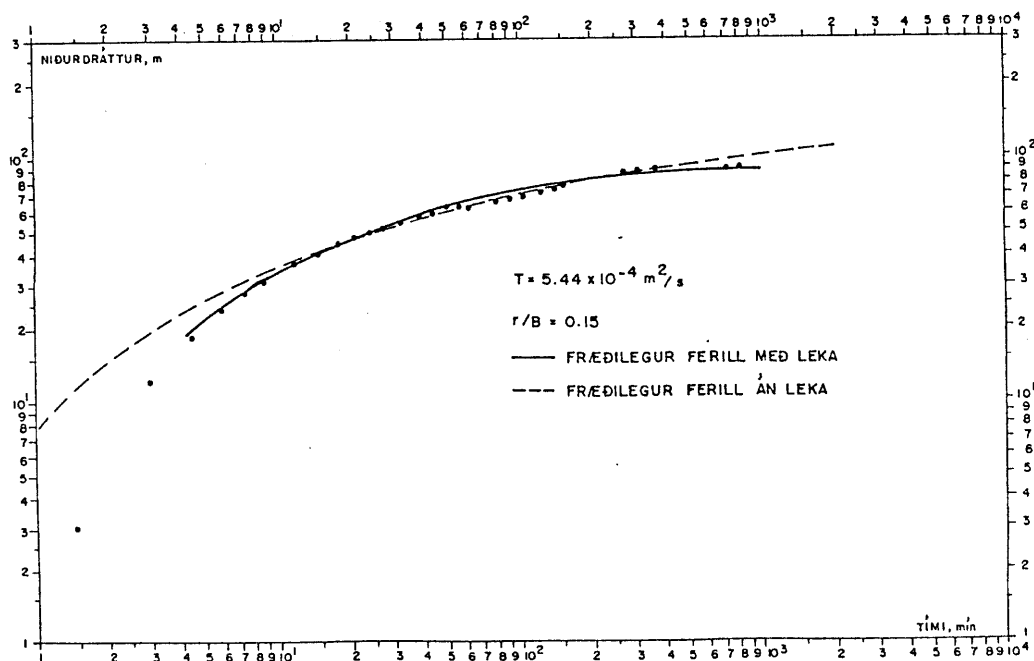
Myndir 5 og 6 bera með sér að leki er til vatnsleiðarans sem dælt er úr. Fyrst í stað er niðurdráttur sem nemur 3,7 m á lotu, en eftir um 2500 mínútna dælingu dregur úr niðurdrætti og hann verður 0,85 m á lotu (mynd 5). Leiðnigildi reiknast $T=7,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Sambærilegt leiðnigildi fæst með túlkun eftir aðferð Theis ef gert er ráð fyrir leka, $T=5,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (mynd 6). Benda má á að holan er ófóðruð, þess vegna er erfitt að greina hve mikill hluti lekans stafi af milli-rennsli í holunni og hve mikill hluti stafi af leka í gegnum jarðlög.

Mjög hæpið er að meta geymslustuðul eftir mælingu á niðurdrætti í dæluholu, og var það því ekki gert.

Lekinn til vatnsleiðarans veldur því að unnt er að dæla meira úr holunni en ella. Hins vegar er þó hætt við að vatnið kólni verulega þegar frá líður eins og kemur fram hér á eftir.



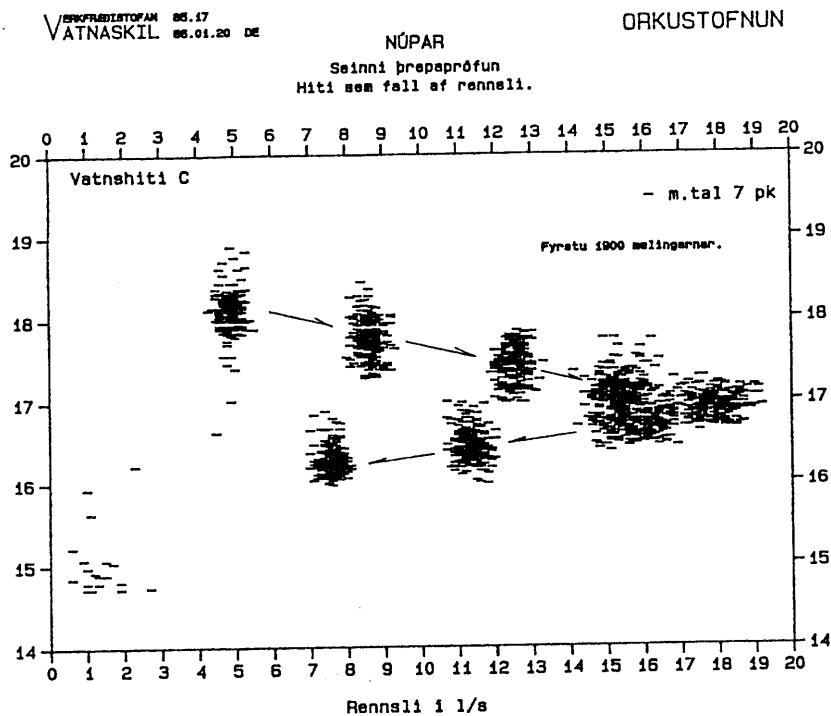
MYND 5 Langtímadæling. Aðferð Jacobs.



MYND 6 Langtímadæling. Aðferð Theis.

3.2 Lækkun hitastigs.

Hitastig vatnsins féll um u.þ.b 2,5°C þann vikutíma sem dæling stóð yfir. Lætur nærri að dælt hafi verið rúmum 7000 rúmmetrum úr holunni. Líklegt verður því að telja að hitastigslækkunin stafi af kaldara vatni sem leki til vatnsleiðarans samþer kafla 3.1. Eins er ljóst út frá mynd 7, þar sem fyrstu 1900 mælingarnar á hitastigi vatnsins eru teiknaðar á móti rennsli í seinni þrepaprófuninni, að vatnshitinn lækkar eftir því sem rennsli úr holunni er aukið.



MYND 7 Langtímamæling.

	Upphafshiti	Lokahiti
Fyrri þrepaprófun	17,7	17,3
Langtímaprófun	16,7	14,0
Jöfnun	15,5	-
Seinni þrepaprófun	18,0	17,0 Lokah. v. hámarksrennsli.

Við langvarandi dælingu er ekki fátítt að vatn í vatnsleiðurum kólni vegna millistreymis úr kaldari leiðurum. Fræðilega má lýsa kólnuninni með líkingunni:

$$\ln ((T - T_0)/(T_i - T_0)) = - Cqt$$

þar sem

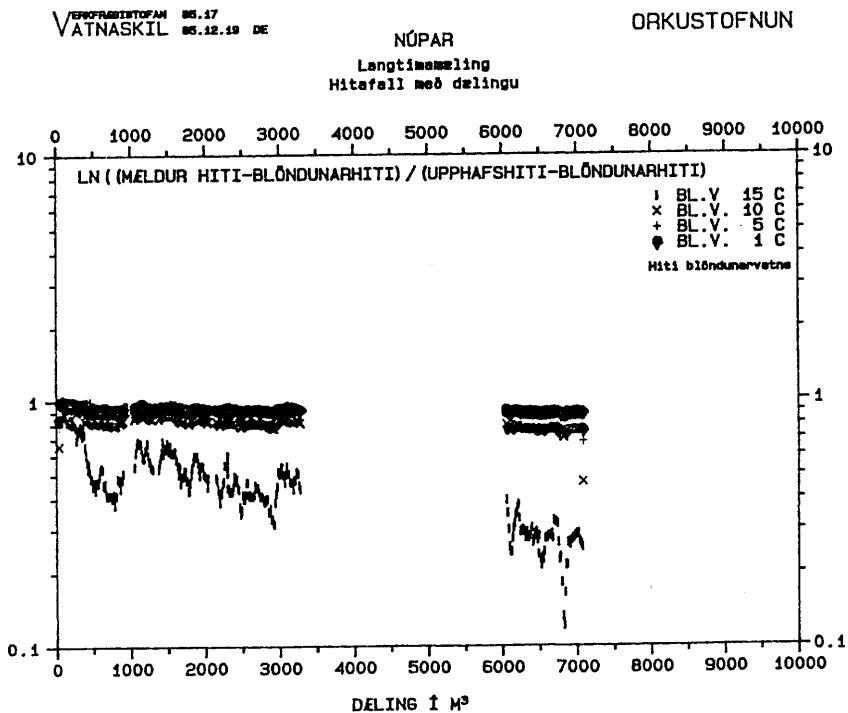
T_i : upphafshiti vatnsins áður en byrjað er að dæla.

T : mældur hiti vatnsins á hverjum tíma.

T_0 : hiti á vatninu sem blandast við.

C : fasti háður flatarmáli jarðlaganna sem vatnið lekur um, poruhluta þeirra auk eðlisþyngdar og varmarýmdar vatns og jarðlaganna.

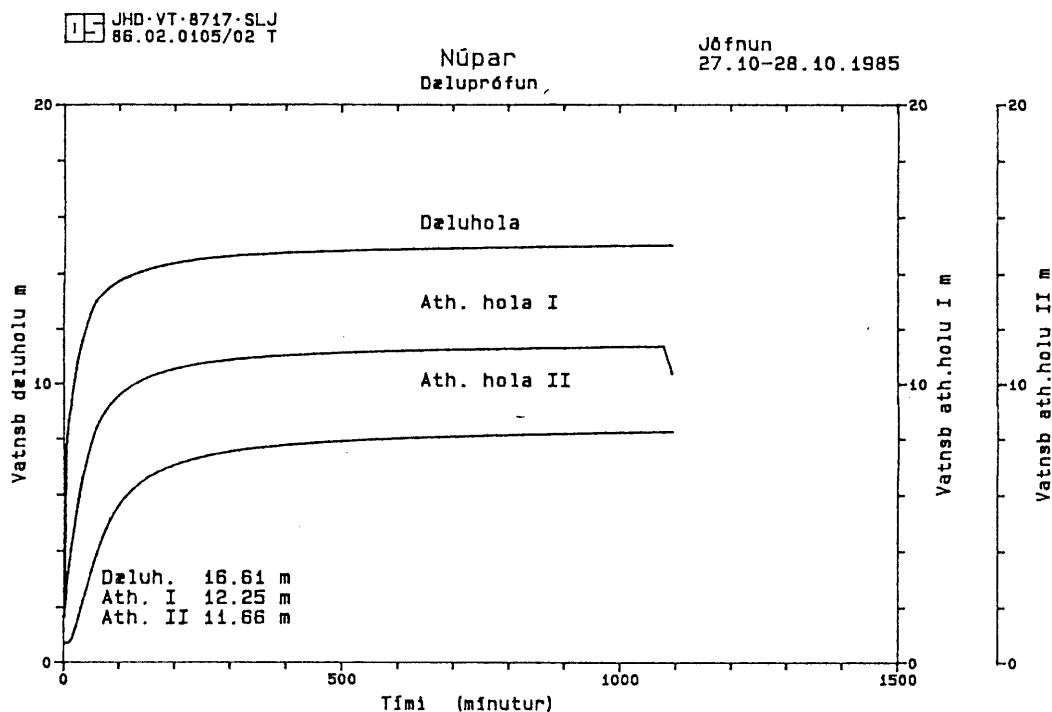
Samkvæmt líkingunni ættu gildin, við rétt val á blöndunarhita að falla á beina línu. Líkt og sést á mynd 8 er þetta raunin þegar reiknað er með að blöndunarhitinn sé 1 - 10°C. Hins vegar víkja þessi tengsl verulega frá beinni línu, þegar gert er ráð fyrir því að blöndunarhitinn sé 15°C. Eftir þessu má gera ráð fyrir að vatnið í vatnsleiðaranum sé að blandast 1 - 10°C vatni, sem lekur til hans. Ekki reynist unnt að greina þar á milli eftir þessum aðferðum, en líklegt er þó hitastigið fylgi svæðisbundnum hita grunnvatns sem kemur fram á yfirborði og liggur á bilinu 5 - 7°C. Það skal tekið fram að hitamælingarnar á mynd 8 eru jafnaðar út með hlaupandi meðaltali sjö talna þar sem mjög mikil óregla er í mældum gildum.



MYND 8 Langtíamæling.

4 JÖFNUN

Að lokinni langtímadælingu var mælt hve hratt vatnsborðið reis aftur í dæluholunni og athugunarholunum (mynd 9) út frá slíkum mælingum má reikna leiðni- og geymslustuðul. Leyfilegt er að túlka jöfnun vatnsborðs með aðferðum Jacobs og Theis þar sem svo langur tími er liðinn frá því að dæling hófst. Niðurstöður eru settar fram á töflu 3.

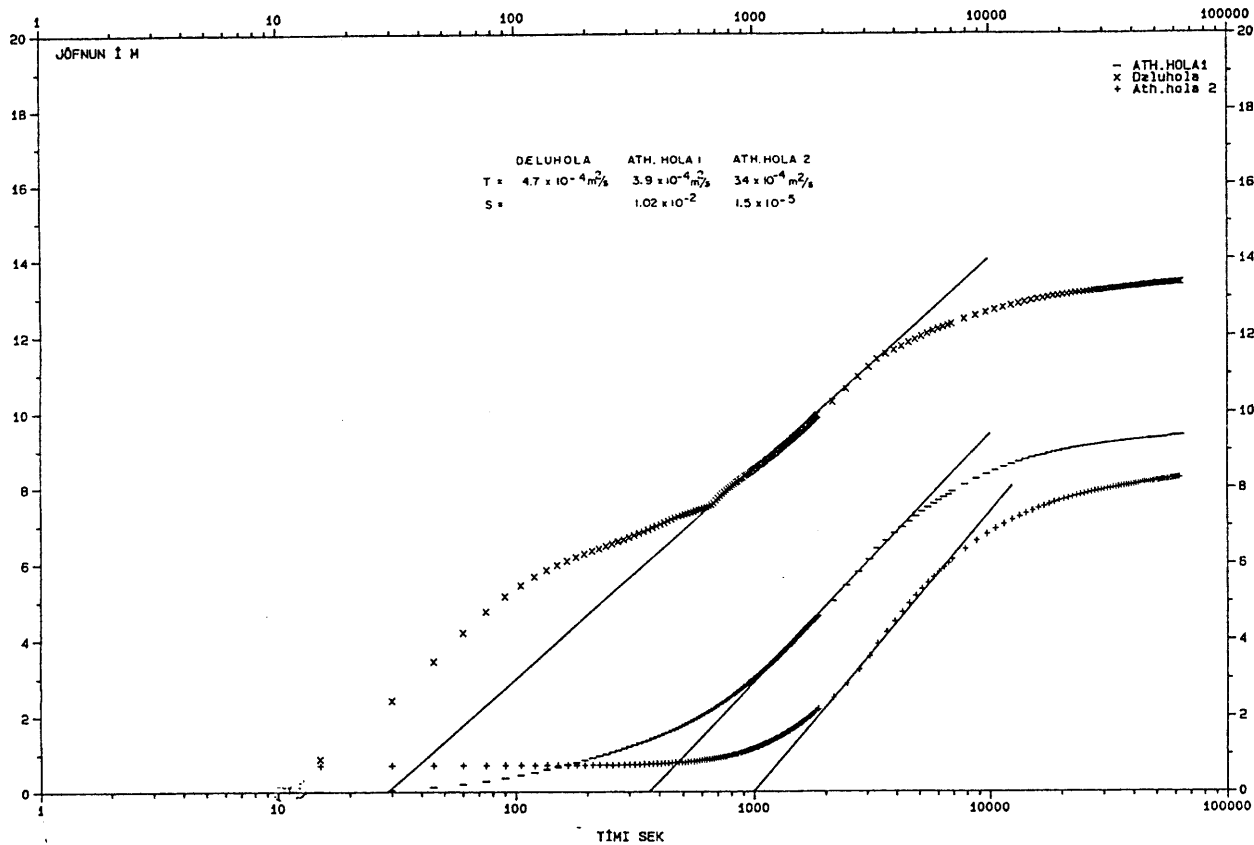


MYND 9 Jöfnun.

TAFLA 3 Niðurstöður úr jöfnun

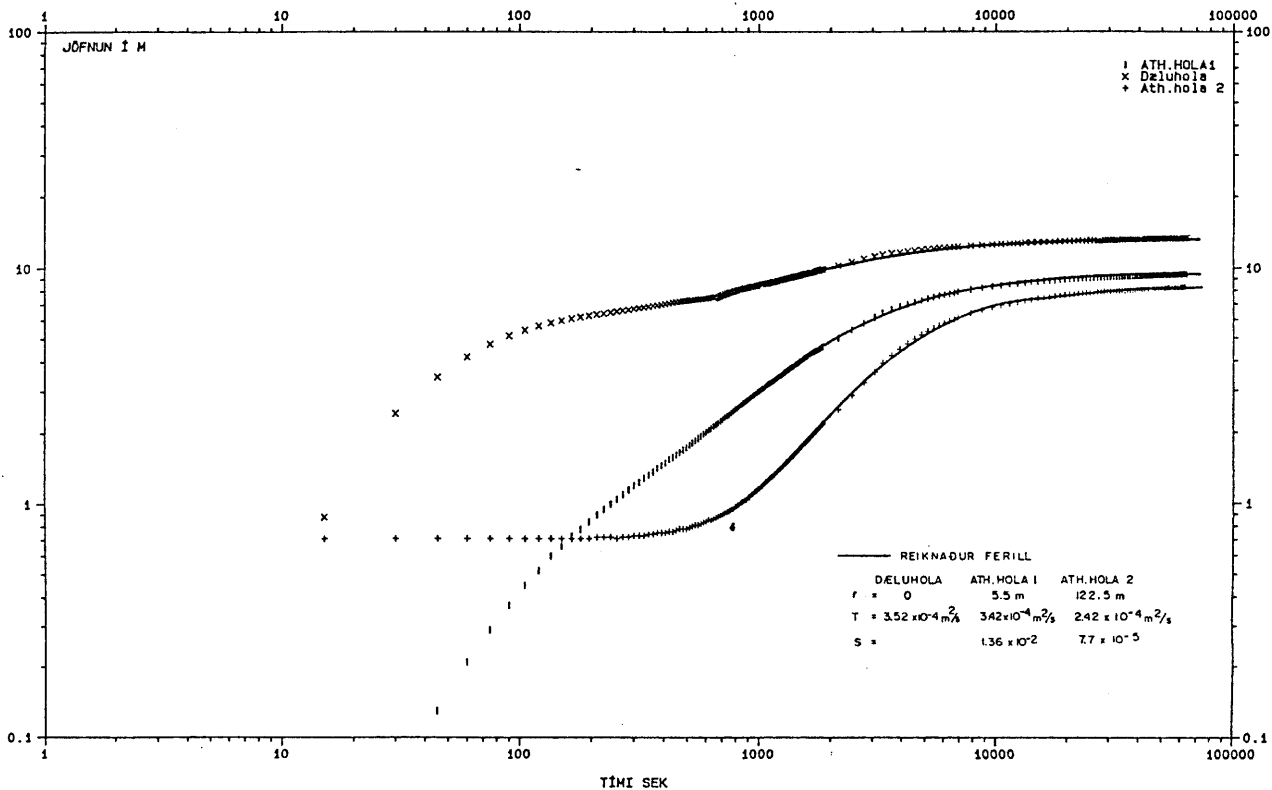
		Leiðni m ² /s		Geymslustuðull	
		Theis	Jacobs	Theis	Jacobs
Dæluhola	H-4	3,5x10 ⁻⁴	4,7x10 ⁻⁴		
Athugunarhola I		3,4x10 ⁻⁴	3,9x10 ⁻⁴	1,36x10 ⁻²	1,02x10 ⁻²
Athugunarhola II		2,4x10 ⁻⁴	3,4x10 ⁻⁴	7,7x10 ⁻⁵	1,5x10 ⁻⁵

NÚPAR
Jöfnun vatnaborða
Aðferð Jacobs



MYND 10 Jöfnun. Aðferð Jacobs.

NÚPAR
Jöfnun vatnaborða
Aðferð Theis



MYND 11 Jöfnun. Aðferð Theis.

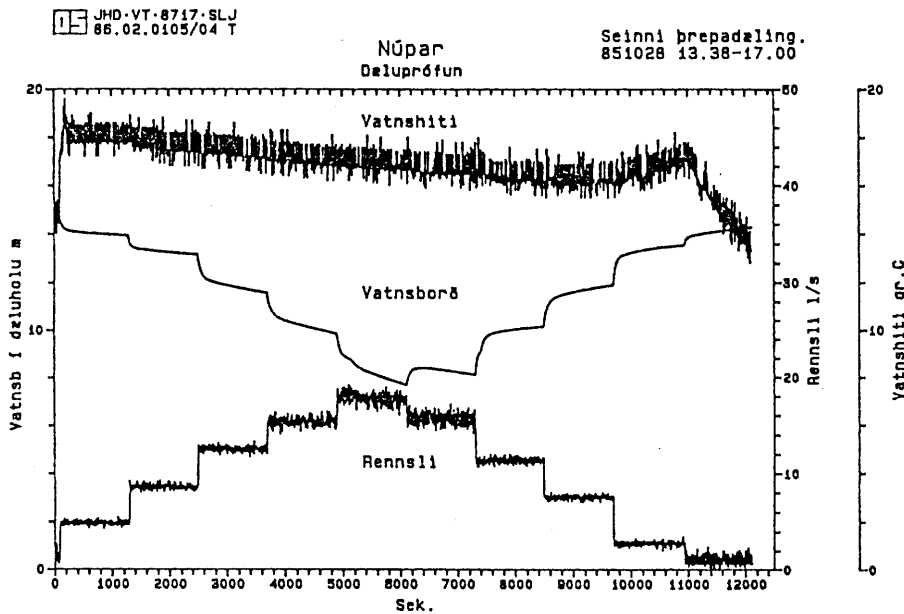
5 SEINNI ÞREPAPRÓFUN

Eftir að vatnsborð hafði risið nær til fulls að upphaflegri stöðu var þrepaprófað aftur (mynd 12). Tengsl vatnsstöðu og rennslis eru sýnd á mynd 13. Þau fylgja líkingunni:

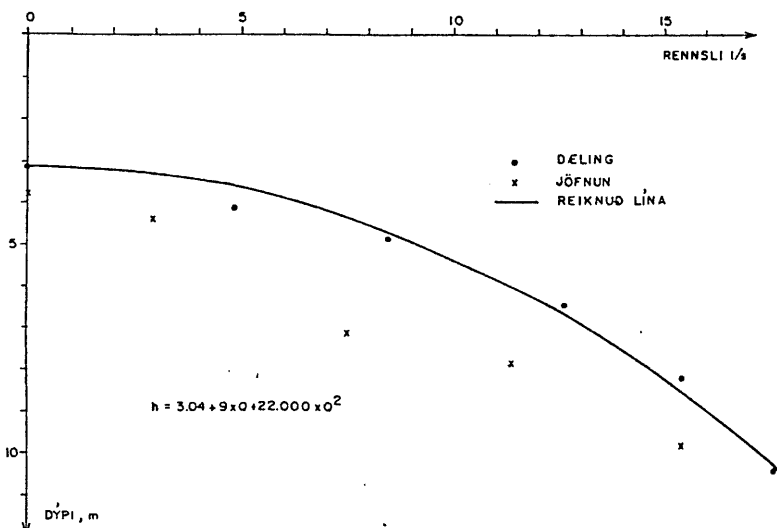
$$h = 3,04 + 9Q + 22000Q^2$$

(skýringar sjá kafla 1)

Fyrsti liðurinn er vatnsborð án dælingar, annar liðurinn lýsir lagstreymistapi og sá þriðji lýsir iðusstreymistapi í holunni, en hann hefur lækkað nokkuð frá fyrri prófun, þó tæpast meir en nemur mæli-skekkju.



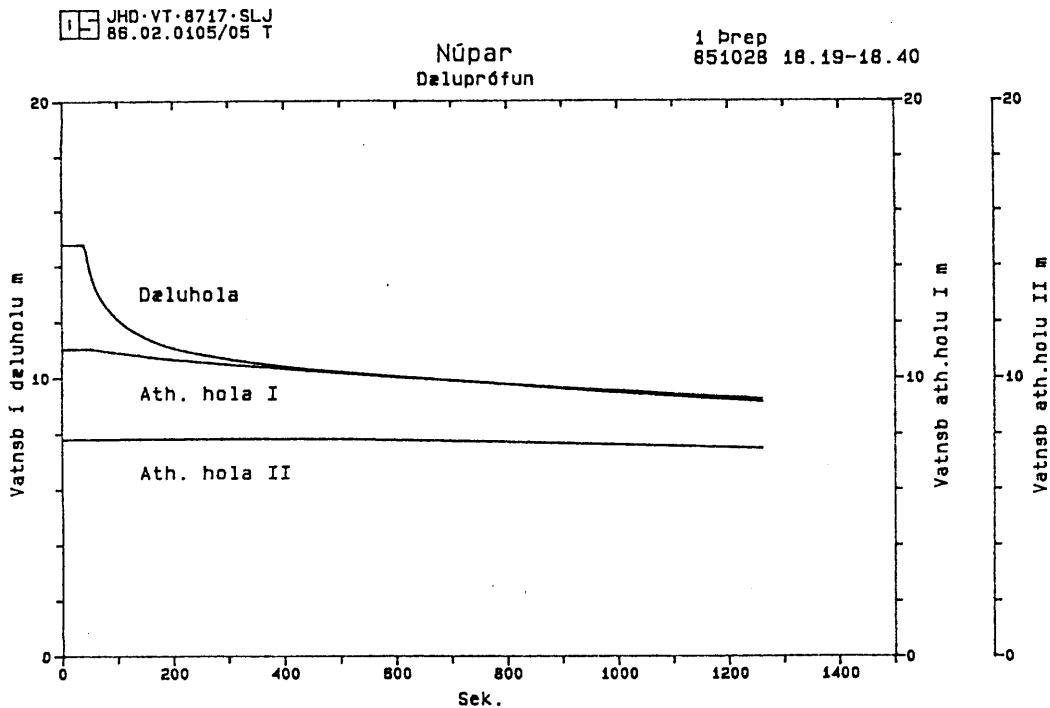
MYND 12 Seinni þrepaprófun.



MYND 13 Seinni þrepaprófun.

6 LOKAPRÓFUN

Þegar seinni þrepaprófuninni var lokið og vatnsborð búið að jafna sig nokkuð var dælan sett á full afköst. Dælt var 18,5 l/s og niðurdráttur mældur (mynd 14). Reyndist hann vera um 5,2 m eftir 15 mín. dælingu sem er talsvert minna en fengist hafði úr þrepaprófununum (7,0 m). Raunar hafði grunnvatn hækkað verulega á prófunartímabilinu.

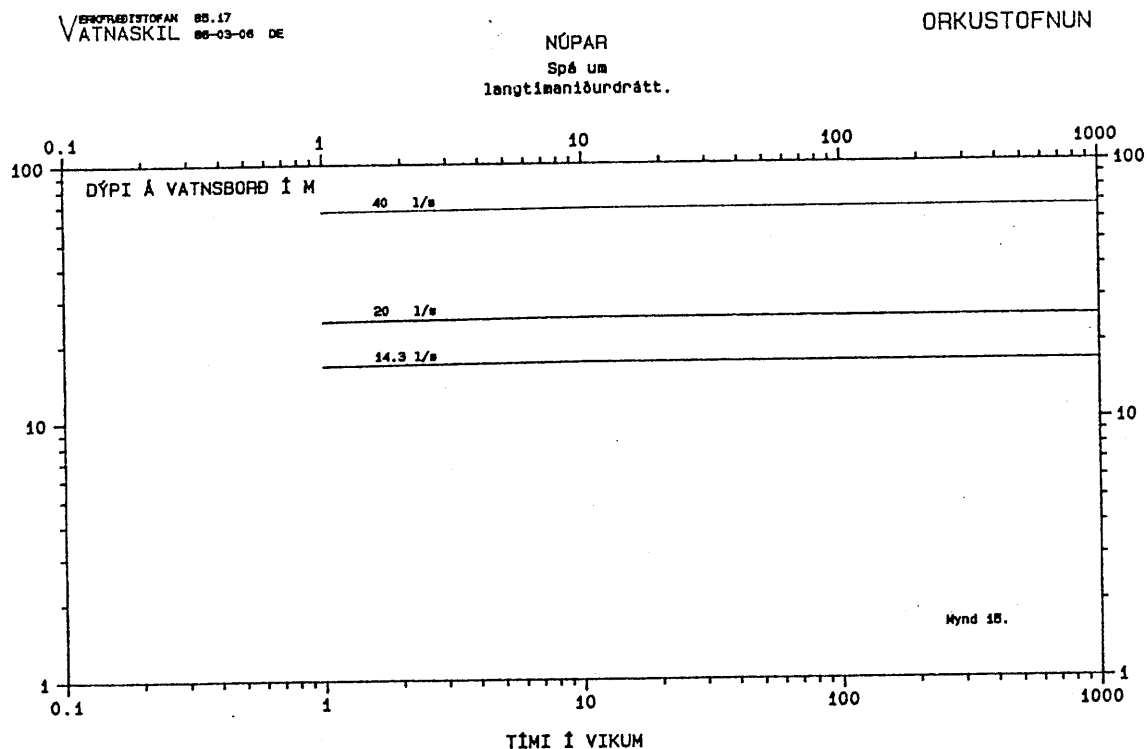


MYND 14 Lokapróf.

7 NIÐURSTAÐA

Niðurdráttur við skammtímadælingu er sýndur á töflu 2. Spá um langtímaniðurdrátt við mismunandi mælingu er sett fram á mynd 15. Samkvæmt henni verður dýpi á vatnsborð við 20 l/s um 23 m eftir 100 vikur (rúm 2 ár). Hætta er á kólnun innan mjög skamms tíma vegna leka úr kaldari æðum. Ekki er unnt að spá með neinni vissu fyrir um hvert endanlegt hitastig vatnsins verður, því það fer eftir hita leka-vatnsins. Líkur benda þó til þess að það verði um 7-8°C.

Þessi kólnun ætti ekki að koma á óvart þar sem holan er ekki fóðruð nema í 11,1 m dýpi og sker kaldar æðar á bilinu 32,5 - 50 m en kemur síðan í heitara vatn á 68 m dýpi. Á hitamælingu sem gerð var í holunni þann 18. janúar 1986 kemur fram kaldari vatnsæð á 40 m dýpi. Ef forðast á millirennisli í holunni blöndun frá kaldari æðum verður að fóðra holuna á um 55 m dýpi og loka þannig efri æðarnar af, en vafalaust yrði það á kostnað vatnsgæfni holunnar.



MYND 15 Spá um niðurdrátt.

EFNASAMSETNING VATNSSÝNA FRÁ NÚPUM, ÖLFUSHREPPI, ÁRNESSÝSLU.

Sýni (850231) úr volgri holu að Núpum var tekið 27. október 1985 og efnagreint á Jarðefnafræðistofu Orkustofnunar. Niðurstöður eru í eftirfarandi töflu og er styrkur efna gefinn í mg/kg nema annað sé nefnt.

Tafla 1.

Sýni nr:	850231	850241	850154
Dags.	851027	851104	850627
Hiti °C	15.9		
pH/°C	8.20/23	8.59/19.8	7.92/22.2
Ohmm/°C	37.17/25	67.11/25	80.0/25
SiO ₂	33.3	15.4	17.4
Na	23.1	14.6	11.2
K	4.2	1.9	1.3
Ca	13.6	7.0	7.6
Mg	7.6	5.2	4.0
CO ₂	88.2	43.0	35.1
SO ₄	4.3	3.7	3.6
H ₂ S	<0.02	<0.02	<0.05
Cl	10.9	10.5	10.3
F	0.18	0.13	0.09
Uppl. efni	149.7	82.2	75.1
O ₂	1.7	3.5	
Fe	<0.1	<0.1	0.0
NO ₃	1.1 ppb		0.3
NO ₂	0.0 "		
Cd	<1.0 "		
Pb	<1.0 "		
Cu	<1.0 "		
Zn	19.5 "		

Vatnið er hæft sem neyzluvatn og ætti að vera fallið til fiskeldis. Uppleyst súrefni mældist 1.7 mg/kg. Vatnið er því undirmettað af súrefni og þarf að lofta það. Karbonat er nokkuð hátt, en ekki er talin veruleg hættu á útfellingum nema við upphitun á vatninu.

Tafla 1 sýnir efnainnihald sýnis, sem tekið var 4.nóvember 1985 af starfsfólki Jarðefnafræðistofu Orkustofnunar og efnagreint þar (850241). Sýnið er djúpsýni úr volgri holu, neðan við gæsakofa að Núpum.

Einnig er í Töflu 1 efnainnihald vatns úr lind við fjárhús að Núpum (850154). Sýnið var tekið 27.júni 1985 af Júlíusi K. og efnagreint á Jarðefnafræðistofu Orkustofnunar.

Efnainnihald sýnanna, hátt karbonat og magnesium gefur til kynna, að um sé að ræða blöndun jarðhitavatns við kalt grunnvatn.

Við samanburð skal haft í huga, að vatnið úr volgu holunni (850231) var tekið meðan á dæliprófun stóð, en ekki hefur verið dælt úr volgu holunni neðan við gæsakofann (850241) og er vatnið í henni því staðið og gæti verið blandað skolvatni.