



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

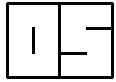
**Mat á innskotabéttleika í
neðri hluta holna HE-03
til HE-7 á Hellisheiði**

**Gunnar Gunnarsson
Bjarni Reyr Kristjánsson**

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

2003

OS-2003/022



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Verknr. 8-630033

**Gunnar Gunnarsson
Bjarni Reyr Kristjánsson**

Mat á innskotapéttleika í neðri hluta holna HE-3 til HE-7 á Hellis- heiði

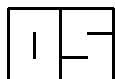
Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

OS-2003/022

Apríl 2003

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Reykjavík – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Akureyri – Sími: 460 1380 – Fax: 460 1391
Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2003/022	Dags: Apríl 2003	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Mat á innskotapéttleika í neðri hluta holna HE-3 til HE-7 á Hellisheiði	Upplag: 25	
	Blaðsíður: 41	
Höfundar: Gunnar Gunnarsson Bjarni Reykr Kristjánsson	Verkefnisstjórar: Grímur Björnsson Benedikt Steingrímsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Úrvinnsla jarðlagamælinga í borholum	Verknúmer: 8-630033	
Unnið fyrir: Orkuveitu Reykjavíkur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Innskot í neðri hluta holna HE-3 til HE-7 á Hellisheiði – sem boraður er í algeru skoltapi – voru fundin og flokkuð út frá jarðlagamælingum. Aðallega var notast við viðnám og poruhluta við að finna innskotin en einnig vídd holnanna og borviðnám sem er stærð reiknuð út frá borhraða og álagi. Ennfremur var náttúrleg γ -geislun – sem er í réttu hlutfalli við kísilsýruinnihald bergsins – notuð til að finna súr og ísúr innskot. Nokkur munur er á péttleika innskota milli holna en almennt má segja að hann vaxi með dýpi. Áberandi mest er um innskot í holu HE-7. Mest var borað í basískt berg en nokkur áberandi súr innskot fundust í flestum holnanna – en mest þó í holu HE-3.		
Lykilorð: Hellisheiði, Skarðsmýrarfjall, Kolviðarhóll, innskot, borholumælingar, sískráning bor-gagna	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirið af: BS,PI,GrB	

Efnisyfirlit

1	Inngangur	5
2	Um borverkið	5
3	Innskot fundin	7
3.1	Borviðnám	8
3.2	Vídd holunnar	9
3.3	Poruhluti	9
3.4	Rafviðnám	9
3.5	Náttúruleg gammageislun	9
4	Möguleg innskot	9
4.1	Eiginleikar mögulegra innskota flokkaðir	9
4.1.1	Viðnám	10
4.1.2	Poruhluti	10
4.1.3	Vídd holunnar	11
4.1.4	Kísilinnihald SiO_2	11
4.1.5	Borviðnám	11
4.2	Flokkun innskota	12
5	Um innskotin í holunum	18
5.1	Almennt um innskot	18
5.2	Þéttleiki innskota í jarðlagastaflanum	19
5.3	Súrt berg	19
5.4	Samanburður við holu KhG-1	21
5.5	Samanburður við Nesjavelli	21
6	Frekari úrvinnsla borholumælinga	24
7	Samantekt	24
	Viðauki A: Jarðlagamælingar	27
	Viðauki B: Innskotapéttleiki á Nesjavöllum	40

1 Inngangur

Holur HE-3 til HE-7 á Hellisheiði voru boraðar á tímabilinu frá júlí 2001 fram í október 2002 á svæðinu sunnan og suðvestan Skarðsmýrarfjalls. Holurnar voru ýmist forboraðar með jarðborunum Aza (HE-3 og HE-4) eða Sögu (HE-5, HE-6 og HE-7). Aðrir áfangar holnanna voru boraðir með jarðbornum Jötni. Allir borarnir eru í eigu Jarðborana h/f sem sá um borverkið.

Allar holurnar nema HE-7 eru stefnuboraðar. Staðsetningar holnanna og staðarnúmer í gagnagrunni Orkustofnunar er að finna í töflu 1. Þar er einnig að finna hvernig stefnuboruðum holum hallar. Kort af svæðinu þar sem holurnar eru merktar inn er að finna á mynd 1.

Mikils skoltaps varð vart í öllum holunum og voru neðstu 1000 metrarnir eða þar um bil boraðir í algeru skoltapi sem þýðir að ekkert svarf barst til yfirborðs. Því er aðeins hægt að reida sig á jarðlagamælingar og borgögn til að átta sig á jarðlögum í neðri hluta hvernar holu.

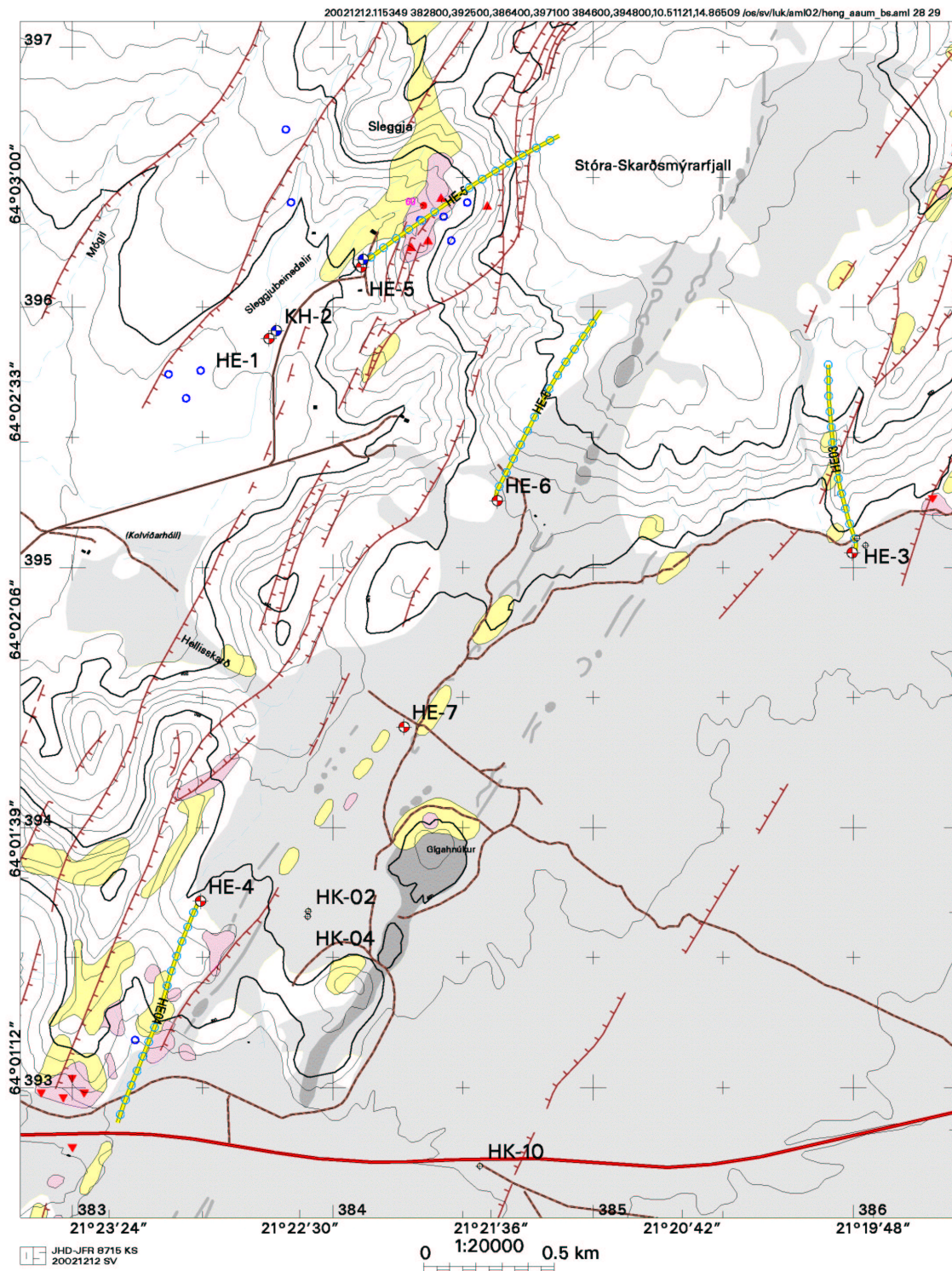
Fyrsti hluti úrvinnslu jarðlagamælinga snerist um að finna og flokka þau innskot sem holurnar skera á skoltapssvæðinu. Í skýrslu þessari er fjallað um niðurstöður þess verks og aðferðirnar sem notaðar voru við það.

Tafla 1: *Staðarnúmer holnanna í gagnagrunni Orkustofnunar, staðsetning þeirra og stefna.*

	St.nr.	X [m]	Y [m]	Z m y.s.	Stefna
HE-3	95103	385995.23	395055.83	384	hallar til N
HE-4	95104	383491.82	393716.71	404	hallar til SSV
HE-5	95105	384109.08	396154.31	305	hallar til NA
HE-6	95106	384631.91	395256.55	419	hallar til NNA
HE-7	95107	384273.69	394386.11	389	bein

2 Um borverkið

Grunnhönnun allra holnanna er sú sama. Þær voru boraðar í þremur áföngum auk forborunar. 1. og 2. áfangi og forborunin voru fóðruð með fóðurröri sem steypt var fast. 3. áfangi var hins vegar fóðraður með götuðum leiðara. Krónuvíddir, fóðringarvíddir og áætluð lengd hvers áfanga eru sýndar í töflu 2. Allar lengdar og dýptartölur eru miðaðar við drifborð Jötuns nema annað sé tekið fram. Endanleg lengd hvers áfanga ræðst nokkuð að aðstæðum í hverri holu fyrir sig. Í töflu 3 má sjá lengd hvers áfanga frá drifborði í hverri holu og lengd fóðringa. Eins og áður segir voru allar holurnar stefnuboraðar nema HE-7 og má sjá stefnur þeirra á kortinu á mynd 1. Holum HE-3, HE-5 og HE-6 hallar undir Skarðsmýrarfjall [2]-[4], [8]-[13] en holu HE-4 hallar undir



Mynd 1: Kort af svæðinu sem sýnir staðsetningar holnanna og stefnu stefnuboraðra holna í lárétta planinu.

Tafla 2: Krónuvíddir sem hver áfangi holnanna var boraður með ásamt utanmáli fód-
ringa og áætlaðri lengd frá drifborði Jötuns.

	Vídd krónu:	Fóðring:	Vídd fód- ringar:	Áætluð lengd:
Forborun:	22"	yfirborðsfóðring	18 5/8"	75 m
1. áfangi:	13 3/8"	öryggisfóðring	17 1/2"	300 m
2. áfangi:	12 1/4"	vinnslufóðring	9 5/8"	800 m
3. áfangi:	8 1/2"	gataður leiðari	7"	2000 m

Tafla 3: Gerð holnanna: Taflan sýnir hve langt frá drifborði Jötuns hver hola var boruð
og fóðruð í hverjum áfanga. Athugið að lengdin er ekki sú sama og dýpið í stefnuboruðu
holunum. Allar lengdir eru í metrum [2]-[16].

	Forborun		1. áfangi		2. áfangi		3. áfangi	
	boruð	fóðruð	boruð	fóðruð	boruð	fóðruð	boruð	fóðruð
HE-3	95.0	88.0	324.0	322.5	812.0	809.0	1887.0	1808.0
HE-4	78.0	75.5	305.0	300.5	789.0	781.5	2008.0	1988.0
HE-5	96.0	96.0	303.0	294.0	802.0	799.0	2000.0	1924.0
HE-6	77.0	76.0	310.0	307.0	813.0	809.0	2013.0	1989.5
HE-7	108.0	107.0	308.0	305.5	812.0	808.0	2270.0	2243.0

suðurhluta Stóra-Reykjafells í átt að Hveradölum [5]-[7]. Vegna halla holnanna eru
lengdartölurnar í töflu 3 ekki jafnar raunverulegu dýpi. Nánari lýsingu borverksins er
að finna í áfangaskýrslum [2]-[16]. Þar er og að finna nánari lýsingu á hönnun holnanna.

3 Innskot fundin

Eins og áður segir þá var neðri hluti holnanna boraður í algeru skoltapi. Í töflu 4 er
að finna á hvaða dýpi skolvatn hættir endanlega að koma upp og hversu djúpt jarð-
lagamælingarnar ná. Dýpi er gefið upp í lengd frá drifborði, dýpi m.v. drifborð Jötuns
(leiðréttu fyrir skáboruninni) og dýpi undir sjávarmáli. Til að meta gerð jarðlaga þar
sem borað er í algeru skoltapi var rýnt í jarðlagamælingarnar og gögn úr sískráningar-
kerfi borsins. Eftirfarandi eiginleikar sem mældir voru í holunum og afleiddar stærðir
voru notuð til að staðsetja innskot og átta sig á eðli þeirra:

Tafla 4: Skoltapsdýpi, þ.e. það dýpi neðan hvers ekkert svarf kemur upp og dýpi jarðlagamælinga. Dýptartölur eru gefnar í lengd frá drifborði Jötuns, dýpi m.v. drifborð og dýpi undir sjávarmáli.

	Skoltapsdýpi			Lokadýpi mælinga		
	lengd	dýpi	dýpi u.s.	lengd	dýpi	dýpi u.s.
HE-3	1214 m	1119 m	742 m	1890 m	1685 m	1308 m
HE-4	1273 m	1141 m	744 m	2004 m	1703 m	1306 m
HE-5	1366 m	1212 m	912 m	1997 m	1691 m	1391 m
HE-6	1018 m	946 m	533 m	2000 m	1749 m	1336 m
HE-7	980 m	980 m	597 m	2251 m	2251 m	1868 m

- Borviðnám.
- Vídd holu.
- Poruhluti.
- Rafviðnám.
- Náttúruleg gammageislun.

Jarðlagamælingarnar teiknaðar sem fall af lengd ásamt með borviðnáminu má finna í viðauka A.

3.1 Borviðnám

Borviðnám er tilbúin stærð skilgreind á eftirfarandi hátt:

$$R = \frac{P}{v} \quad (1)$$

þar sem P er álagið sem borað er með og v er borhraðinn. Með þessu móti fæst eins konar mat á hörku bergsins sem borað er í. Almennu eru innskot harðari en grannbergið svo toppa í borviðnámi má nota til að finna hugsanleg innskot. Þess ber að geta að fleiri þættir en harka bergsins hafa áhrif á það borviðnám sem jafna (1) gefur. Má þar nefna snúningshraða borsins sem reyndar er oftast jafn, ástand borkrónunnar og streymi kælivatns og flutning svarfs frá krónunni. Sú nálgun er gerð í jöfnu (1) að línulegt samband sé milli P og v . Það samband er í raun öllu flóknara og aðeins línulegt á tiltölulega stuttum bilum. Að ofansögðu má sjá að taka ber borviðnáminu með ákveðnum fyrirvara.

3.2 Vídd holunnar

Vídd holunnar ræðst fyrst og fremst af stærð borkrónunnar en einnig af hörku bergsins sem borað er í. Holur eru að jafnaði víðari í mýkra bergi en hörðu og oft koma skápar – þ.e. útvíkkar – þegar farið er úr mjúku bergi í hart og öfugt. Þrengingar í holunni og aðliggjandi skápa má nota til að staðsetja innskot.

3.3 Poruhluti

Poruhluti bergsins er sennilega öflugasta tækið til að finna innskot. Poruhlutinn er reiknaður út frá nifteindasvörun bergsins og vídd holunnar. Innskot má þekkja þar sem þau eru alla jafna þéttari í sér en annað berg og poruhluti því tiltölulega lágur í þeim.

3.4 Rafviðnám

Viðnám innskotsbergs er að jafnaði hátt. Eins og áður segir er innskotsberg þéttara í sér en annað berg og með minna porurúmmál. Skv. lögmáli Archies er samband viðnáms ρ og poruhluta ϕ [17]

$$\rho = a\phi^{-m} \quad (2)$$

þar sem a og m eru jákvæðir fastar. Ummyndun í kringum innskot veldur því einnig að viðnám í og við þau er hátt. Þess ber að geta að vídd holunnar hefur áhrif á mælt viðnám. Hægt er að leiðrétta viðnámið fyrir holuvídd en það var ekki gert hér.

3.5 Náttúruleg gammageislun

Súrt berg inniheldur mun meira af geislavirkum samsætum en basískt berg. Helst ber að nefna samsætuna ^{40}K sem er γ -virk [1]. Með því að mæla náttúrulega gammageislun má bera kennsl á súr lög í jarðlagastaflanum. Oft eru þessi súru lög innskot en til að þekkja súr innskot frá súrum hraunum verður að skoða aðrar jarðlagamælingar og jarðfræði svæðisins.

4 Möguleg innskot

Í töflum 5 - 9 eru listar yfir möguleg innskot í holunum. Dýpisbil hvers mögulegs innskots er gefið upp auk þeirra atriða sem benda til þess að um innskot sé að ræða. Dýpið er gefið sem lengd frá drifborði Jötuns, dýpi m.v. drifborð þar sem leiðrétt hefur verið fyrir skáboruninni og dýpi undir sjávarmáli.

4.1 Eiginleikar mögulegra innskota flokkaðir

Hér á eftir fylgja skýringar á táknum í töflum:

4.1.1 Viðnám

Viðnáminu er skipt í fimm númeraða flokka eftir stærð. Reyndar er fimmti flokkurinn – þ.e. sá sem inniheldur hæsta viðnámið – mjög sjaldan notaður. Þessi flokkun er ekki byggð á tölulegum gildum nema að takmörkuðu leyti þar sem töluleg gildi breytast nokkuð milli holna. Því er flokkun þessi meira afstæð. Hér fylgir flokkunin ásamt útskýringum.

- 0 Mjög lágt viðnám.
- 1 Smáir toppar og jafnvel dalir þar sem viðnámið getur ekki talist mjög lágt.
- 2 Meðalstórir toppar og svæði með tiltölulega háu viðnámi
- 3 Hátt viðnám: Bæði 16" og 64" viðnám eru há.
- 4 Mjög hátt viðnám. Toppur hvar bæði 16" og 64" viðnámið eru áberandi hærri en annars staðar. Miðað við að viðnámið sé $\sim 1000 \Omega\text{m}$ eða meira.

4.1.2 Poruhluti

Poruhlutanum er skipt í fjóra flokka númeraða frá 0 - 3. Ekki er alveg fastmótað hvernig skiptingin er en hún ræðst bæði af gildi poruhlutans og hvernig poruhluti hugsanlegs innskots er samanborið við poruhluta grannbergsins. Flokkana er að finna hér að neðan ásamt skýringum:

- 0 Mjög lágur poruhluti. Poruhlutinn nær því að vera svo gott sem 0 í mögulegu innskoti.
- 1 Lágur poruhluti. Það sem skilur þetta frá flokki 0 er að í mögulegu innskoti eru nokkrir toppar eða þá að poruhlutinn nær því að vera um 5%.
- 2 Hærri poruhluti – oftast yfir 10% eða að háir toppar koma fram innan hugsanlegs innskots.
- 3 Hár poruhluti: Annað hvort er poruhluti grannbergs hugsanlegs innskots mjög hár (og poruhluti innskotsins þannig afstætt mun lægri) eða þá að aðrir þættir hafa ráðið því að talið er að tiltekið svæði sé innskot.

Í þeim tilvikum þegar víddargögn vantar en ekki nifteindasvörun er hægt að nota nifteindasvörunina til að meta poruhlutann. Það er gert með því að gefa sér fasta holuvídd og reikna með henni poruhlutann. Víddarmælingu vantaði aðeins á stuttum kafla neðst í holu HE-4 og var ekkert farið í það að reikna poruhlutann þar sérstaklega. Nifteindasvörunin – sem í fyrstu nálgun en í öfugu hlutfalli við holuvídd – var notuð beint til að meta þau innskot sem talin eru vera þarna neðst í holu HE-4.

- n1 Tiltölulega lág nifteindasvörun. Bergið yrði aðeins talið innskot ef aðrir þættir kæmu sterklega við sögu.
- n2 Há nifteindasvörun sem alla jafna gefur poruhluta minni en 15%.
- n3 Mjög há nifteindasvörun sem alla jafna myndi gefa mjög lágan poruhluta.

4.1.3 Vídd holunnar

Eins og áður segir þá geta skápar og þrengingar í holunni hjálpað til við að staðsetja innskot. Í töflunum eru þessi fyrirbæri táknuð á eftirfarandi hátt:

- s Lítil skápur við mögulegt innskot.
- S Stór skápur við mögulegt innskot.
- ss Mögulegt innskot umlukið tveimur litlum skápum.
- Ss Mögulegt innskot umlukið litlum og stórum skáp.
- þ Hola þrengist lítillega í innskoti.
- Þ Hola þrengist talsvert í innskoti.

Eins og áður er sagt þá er holuvíddin notuð ásamt nn-svöruninni til að reikna poruhlutann. Mjög víðir skápar í holunni geta valdið því að reiknaður poruhluti verður mjög lágur. Efst í holu HE-7 er mikill skápur þar sem innskot er talið vera – ekki síst vegna lágs poruhluta. Víddin er þar merkt með „V“.

4.1.4 Kísilinnihald SiO_2

Möguleg innskot eru ýmist metin *súr* eða *basísk* eftir því hve mikil náttúruleg gammageislun mældist. Gammageislunin mældist að jafnaði mjög lág en á stöku stað eru háir áberandi toppar. Í einstaka tilfellum koma fram smáir toppar í gammageislarófinu sem ekki voru nógu afgerandi til að kalla innskotin súr. Eru slík innskot flokkuð sem *ísúr*.

4.1.5 Borviðnám

Innskot koma á stöku stað fram sem aukning í borviðnámi. Ef innskot er talið koma fram í borviðnámi er það táknað á fjóra vegu:

- t Lítil toppur. Borviðnám þó lágt.
- T Stór toppur í borviðnámi eða áberandi hátt borviðnám.
- 2T Mjög stór toppur.
- TT Tveir stórir toppar í borviðnáminu eru innan ætlaðs innskots.

Sískráning borgagna á borstað er ný af nálinni og því ekki alltaf til fullnægjandi gögn til að reikna borviðnámið. Þar sem vantar gögn er „Ø“ sett í reitinn til að skilja að þá staði þar sem vantar gögn og þar sem ekkert afgerandi sést í borviðnáminu.

4.2 Flokkun innskota

Innskotsleg jarðlög eru flokkuð í þrjú flokka: *líklegt innskot*, *mögulegt innskot* og *gömul innskot*. Aðallega er notast við tvo fyrri flokkana. Skilin milli þeirra eru hins vegar óljós en líklegt innskot telst betur ákvarðað og þau einkenni sem lýst er í kafla 3 koma skýrar fram en í þeim innskotum sem kölluð eru möguleg innskot. Flokkurinn *gömul innskot* er aðeins vinnuheiti og hefur lítið með aldur innskotanna að gera. Til þeirra voru berglög flokkuð sem höfðu mjög lágan poruhluta og mjög lágt viðnám. Nokkur slík lög fundust í holunum og voru þau merkt sérstaklega.

Eins og áður segir má sjá jarðlagamælingarnar og borviðnámið teiknað sem fall af dýpi í viðauka A. Áætluð innskot hafa verið merkt inn á myndirnar.

Tafla 5: Möguleg innskot í holu HE-3 í þeim hluta holunnar sem boraður var í algeru skoltapi. Neðan 1119 m dýpis (742 m u.s.) kom ekkert svarf upp.

lengd [m]	dýpi [m]	dýpi u.s. [m]	ρ	ϕ	Vídd	SiO ₂	R	flokkun
1260-1268	1158-1165	781-788	3	1	s þ	súrt	Ø	líklegt
1268-1278	1165-1174	788-797	2	2	s	ísúrt	Ø	mögulegt
1306-1312	1198-1203	821-826	2	0	þ	basískt	Ø	líklegt
1312-1322	1203-1211	826-834	2	0	þ	basískt	Ø	líklegt
1322-1328	1211-1217	834-840	2	1	þ	súrt	Ø	líklegt
1372-1380	1254-1261	877-891	0	1		basískt	Ø	gamalt
1392-1398	1271-1276	894-899	1	1	S þ	basískt	Ø	líklegt
1408-1414	1285-1290	908-913	1	0	s	basískt	Ø	mögulegt
1460-1466	1329-1334	952-957	0	0	s	basískt	Ø	gamalt
1514-1518	1374-1378	997-1001	1	0		basískt	Ø	mögulegt
1528-1532	1386-1389	1009-1012	2	0		basískt	Ø	líklegt
1590-1598	1438-1445	1061-1068	2	1		basískt	Ø	líklegt
1628-1630	1470-1472	1073-1095	2	0		basískt	Ø	líklegt
1660-1662	1497-1498	1120-1121	2	1		basískt	Ø	mögulegt
1662-1670	1498-1505	1121-1128	3	2		basískt	Ø	mögulegt
1680-1690	1513-1522	1136-1145	1	2		basískt	Ø	mögulegt
1690-1710	1522-1538	1145-1161	3	2		súrt	Ø	líklegt
1710-1714	1538-1541	1161-1164	3	3	s	basískt	Ø	mögulegt
1714-1718	1541-1545	1164-1168	3	1	s	basískt	Ø	líklegt
1718-1724	1545-1550	1168-1173	2	3		basískt	Ø	mögulegt
1724-1734	1550-1558	1173-1181	3	1		basískt	Ø	líklegt
1734-1748	1558-1569	1181-1192	3	2		súrt	Ø	líklegt
1772-1774	1589-1590	1212-1213	3	2		basískt	Ø	mögulegt
1776-1790	1592-1603	1215-1226	4	3		basískt	Ø	mögulegt
1790-1802	1603-1613	1226-1236	4	2		súrt	Ø	líklegt
1810-1818	1620-1626	1243-1249	4	3	s	basískt	Ø	mögulegt
1832-1848	1638-1651	1261-1274	3	2	s	súrt	Ø	líklegt
1854-1866	1656-1665	1279-1288	3	2	s	súrt	Ø	líklegt
1878-	1675-	1298-	4	1	S	basískt	Ø	líklegt

Tafla 6: Möguleg innskot í holu HE-4 í þeim hluta holunnar sem boraður var í algeru skoltapi. Neðan 1141 m dýpis (744 m u.s.) kom ekkert svarf upp.

lengd [m]	dýpi [m]	dýpi u.s. [m]	ρ	ϕ	Vídd	SiO ₂	R	flokkun
1298-1304	1160-1165	763-768	2	2		basískt	t	mögulegt
1316-1328	1174-1184	777-787	2	2		basískt		mögulegt
1408-1420	1248-1258	851-861	3	2	s	basískt	t	mögulegt
1420-1430	1258-1266	861-869	2	0	s	basískt	t	líklegt
1470-1476	1298-1303	901-906	2	2	ss	basískt	Ø	mögulegt
1476-1486	1303-1311	906-914	3	2	s	basískt		líklegt
1486-1496	1311-1319	914-922	2	2		basískt		mögulegt
1518-1528	1336-1344	939-947	1	1		basískt		mögulegt
1538-1550	1352-1361	955-964	3	1	Ss	basískt	t	líklegt
1572-1578	1379-1383	982-986	2	1		basískt		mögulegt
1580-1644	1385-1435	988-1038	1-3	0-1	s b	basískt	T	mögulegt
1670-1678	1455-1461	1058-1064	2	2	p	basískt		mögulegt
1722-1732	1495-1503	1098-1106	2	2		basískt		mögulegt
1758-1776	1523-1536	1126-1139	2-1	1		basískt	T	mögulegt
1794-1800	1550-1555	1153-1158	2	2	ss p	basískt	t	líklegt
1822-1836	1571-1581	1174-1184	2	1	s	basískt	T	hugsanleg
1836-1842	1581-1586	1184-1189	2	0		basískt	T	líklegt
1846-1852	1589-1593	1192-1196	2	0		basískt		líklegt
1858-1868	1598-1605	1201-1208	3	0		basískt		líklegt
1896-1910	1626-1636	1229-1239	2	n3		basískt	T	líklegt
1910-1928	1636-1649	1239-1252	2	n2		basískt	T	mögulegt

Tafla 7: Möguleg innskot í holu HE-5 í þeim hluta holunnar sem boraður var í algeru skoltapi. Neðan 1212 m dýpis (912 m u.s.) kom ekkert svarf upp.

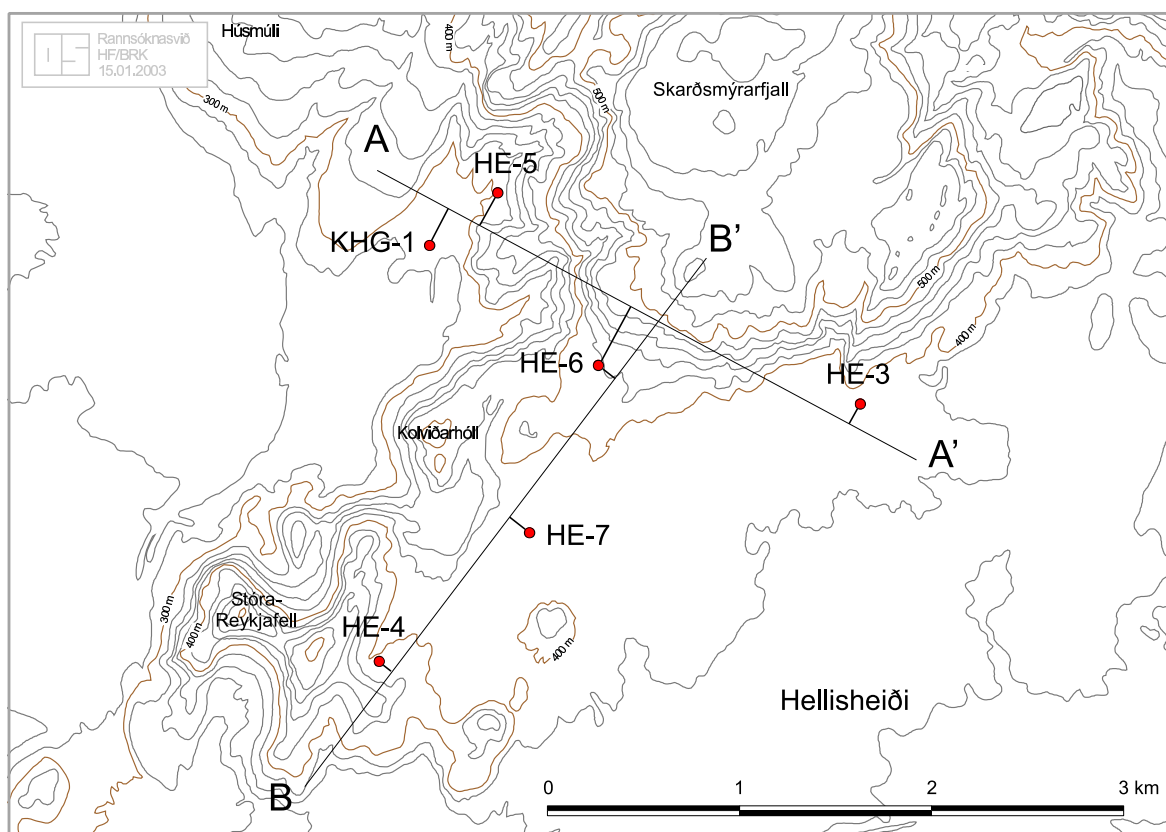
lengd [m]	dýpi [m]	dýpi u.s. [m]	ρ	ϕ	Vídd	SiO ₂	R	flokkun
1370-1374	1215-1218	915-919	1	1		basískt		mögulegt
1374-1378	1218-1222	919-922	1	2		basískt		mögulegt
1404-1410	1242-1247	942-947	2	2	ss	basískt		mögulegt
1412-1416	1249-1252	949-952	1	2	ss þ	basískt	Ø	mögulegt
1492-1496	1313-1316	1013-1016	2	2	s	basískt		mögulegt
1530-1534	1344-1347	1044-1047	1	1		basískt		mögulegt
1564-1572	1371-1377	1071-1077	1	1-2		basískt	t	mögulegt
1638-1640	1430-1431	1130-1131	1	0		basískt		mögulegt
1654-1658	1442-1446	1142-1146	1	0	ss	basískt	t	gamalt
1690-1694	1471-1474	1171-1174	1	1		basískt	t	gamalt
1740-1750	1509-1517	1209-1217	1	1		basískt	T	gamalt
1796-1802	1552-1556	1252-1256	2			basískt	t	líklegt
1848-1850	1590-1591	1290-1291	2	1		basískt		mögulegt
1856-1864	1596-1601	1296-1301	3	2		basískt	t	líklegt
1874-1878	1608-1611	1308-1311	2	2		basískt	2T	mögulegt
1878-1884	1611-1615	1311-1315	3	2		basískt	Ø	mögulegt
1898-1902	1625-1628	1325-1328	2	2		basískt	T	mögulegt
1922-1930	1642-1647	1342-1347	2	2	s	basískt	T	líklegt
1934-1940	1650-1654	1350-1354	2	3	sS	súrt	T	líklegt
1946-1956	1658-1664	1358-1364	0	0	s	basískt	T	gamalt

Tafla 8: Möguleg innskot í holu HE-6 í þeim hluta holunnar sem boraður var í algeru skoltapi. Neðan 980 m dýpis (533 m u.s.) kom ekkert svarf upp.

lengd [m]	dýpi [m]	dýpi u.s. [m]	ρ	ϕ	Vídd	SiO ₂	R	flokkun
1076-1092	993-1007	580-594	2	3		basískt		mögulegt
1164-1172	1066-1073	653-660	1	2		basískt	s	mögulegt
1258-1264	1144-1149	731-736	2	2-3	S	basískt		mögulegt
1396-1404	1258-1265	845-851	2	2	s	basískt		mögulegt
1408-1412	1268-1271	855-858	2	1		basískt		mögulegt
1438-1444	1293-1298	880-885	2	1	s	basískt	t	líklegt
1452-1458	1305-1310	892-897	2	1	s	basískt	t	líklegt
1472-1484	1321-1331	909-918	2	2	s	basískt		mögulegt
1570-1582	1402-1411	989-998	2	0-1		basískt	t	líklegt
1612-1632	1436-1452	1023-1039	3	2-3	s	basískt	t	mögulegt
1656-1666	1471-1479	1058-1066	0	0	s	basískt		gamalt
1690-1702	1498-1508	1085-1095	1	1-2	s	basískt	T	mögulegt
1746-1752	1543-1548	1130-1135	1	2	SS	basískt	t	mögulegt
1760-1766	1555-1559	1142-1146	1	3		súrt		mögulegt
1800-1806	1587-1592	1174-1179	2	1	ss	basískt		líklegt
1810-1814	1595-1598	1182-1185	2	0	s	basískt		líklegt
1828-1834	1609-1614	1196-1201	2	0-1		basískt		mögulegt
1854-1858	1630-1634	1217-1221	0	0		basískt	t	gamalt
1892-1902	1661-1669	1248-1256	2	2		basískt		mögulegt
1920-1942	1684-1702	1271-1289	2	2	S	basískt		mögulegt
1976-1992	1729-1742	1316-1329	4	Ø	Ø	basískt		líklegt

Tafla 9: Möguleg innskot í holu HE-7 í þeim hluta holunnar sem boraður var í algeru skoltapi. Neðan 1276 m dýpis (597 m u.s.) kom ekkert svarf upp. Hóla He-7 var ekki skáboruð eins og hinar holurnar.

dýpi [m]	dýpi u.s. [m]	ρ	ϕ	Vídd	SiO ₂	R	flokkun
1026-1046	643-663	1	0	V	basískt	t	mögulegt
1114-1126	731-743	1	1	þ	basískt	t	mögulegt
1146-1158	763-775	1	2	ss þ	basískt	t (Ø)	mögulegt
1238-1242	855-859	1	1-2	ss þ	basískt	Ø	mögulegt
1434-1438	1051-1055	1	1	ss þ	basískt	Ø	líklegt
1480-1502	1097-1119	1	1-2	SS þ	basískt	T	líklegt
1512-1516	1129-1133	1	1	ss Þ	basískt	t	mögulegt
1650-1660	1267-1277	0-1	1	Ss þ	basískt		gamalt
1660-1676	1277-1293	2	1	sS þ	basískt	T	líklegt
1788-1794	1405-1411	1	0	ss þ	basískt	t	líklegt
1800-1808	1417-1425	1	0	S þ	basískt	T	líklegt
1824-1830	1441-1447	0-1	0	sS	basískt	t	gamalt
1860-1866	1477-1483	1	0	ss	basískt	Ø	mögulegt
1878-1884	1475-1501	1	1	sS	basískt	t	mögulegt
1888-1896	1505-1513	1	1	Ss	basískt	T	mögulegt
1902-1914	1519-1531	1	1	SS	basískt	t	mögulegt
1914-1938	1531-1555	1-2	2	SS þ	basískt	t T	líklegt
1944-1952	1561-1569	1	2	Ss	basískt	t	mögulegt
1952-1958	1569-1575	1	2	ss Þ	basískt	T	mögulegt
1968-1976	1585-1593	2	2	s Þ	basískt	t	líklegt
1978-1982	1595-1599	2	1	sS Þ	basískt	t	mögulegt
2000-2006	1617-1623	2	1	s	basískt	T	líklegt
2006-2010	1623-1627	1	1	S	basískt	t	mögulegt
2018-2028	1635-1645	2	1-2	ss Þ	basískt	t	mögulegt
2036-2046	1653-1663	2	1-2	sS Þ	basískt	T	mögulegt
2046-2052	1663-1669	2	2-3		basískt	2T	mögulegt
2068-2080	1685-1697	2	2	ss	ísúrt	T T	líklegt
2080-2088	1697-1705	1	1	s	basískt		mögulegt
2088-2096	1705-1713	2	2	s	ísúrt	t	líklegt
2096-2108	1713-1725	2	2		basískt	t	mögulegt
2108-2128	1725-1745	3	2-3	S	basískt	T	mögulegt
2128-2132	1745-1749	1	2	Ss þ	basískt	T	líklegt
2140-2168	1757-1785	4	1-2	SS	basískt	Ø	líklegt
2174-	1791-	4	1-2	S	basískt	Ø	líklegt



Mynd 2: Kort af svæðinu þar sem borholurnar hafa verið merktar inn. Sýnt er hvernig sniðin tvö liggja.

5 Um innskotin í holunum

5.1 Almennt um innskot

Nokkur munur er á jarðlagamælingunum milli holna. Sá mismunur stafar af einhverju leyti af mismunandi gerð holnanna. Innra borð holu HE-7 er t.d. áberandi ósléttara en annarra holna. Það hefur bæði áhrif á nn-mælingarnar sem gefa poruhlutann og viðnámið. Gera má ráð fyrir að slíkur munur hafi einhver áhrif á það hvað er metið sem innskot og hvort mögulegt innskot sé talið líklegt eður ei.

Sá munur á jarðlagamælingum sem ekki verður skýrður með mismunandi gerð holnanna hlýtur að stafa af því að borað er í mismunandi berg og/eða að poruvökvinn sé mismunandi milli holna. Nokkur munur er á holunum sem ekki verður skýrður öðruvísi. T.d. er viðnámið í holu HE-3 áberandi hærra en í öðrum holum – á það sér í lagi við neðarlega í holunni.

Í vinnu sem þessari má aldrei gleyma „mannlega þættinum“ sem alltaf er skekkjuvaldur. Reynt var við flokkun að halda þessari skekkju í lágmarki með því að fylgja

fyrirfram ákveðnum reglum við flokkun mögulegra innskota.

Á mynd 2 má sjá yfirlitskort af svæðinu. Holurnar eru merktar inn á kortið ásamt með tveimur sniðum – AA' og BB'. Inn á sniðin – sem sýnd eru á mynd 3 – eru innskotin teiknuð ásamt jafnhitalínunum. Hola KhG-1 á Kolviðarhóli er einnig teiknuð inn á sniðið en hún er í um 450 m fjarlægð frá holu HE-5. Vikið verður nánar að holu KhG-1 hér á eftir (í kafla 5.4) en hún er áhugaverð fyrir þeirra hluta sakir að til er svarf úr henni allri.

5.2 Þéttleiki innskota í jarðlagastaflanum

Snúið er að telja innskot í jarðlagamælingunum þar sem erfitt er að sjá hvað eru stök innskot og hvað er bunki innskota. Því er innskotapéttleiki metinn með því að reikna hlutfall innskota í lengd heildarbergsúlunnar:

$$H = \frac{L_i}{L_k} \quad (3)$$

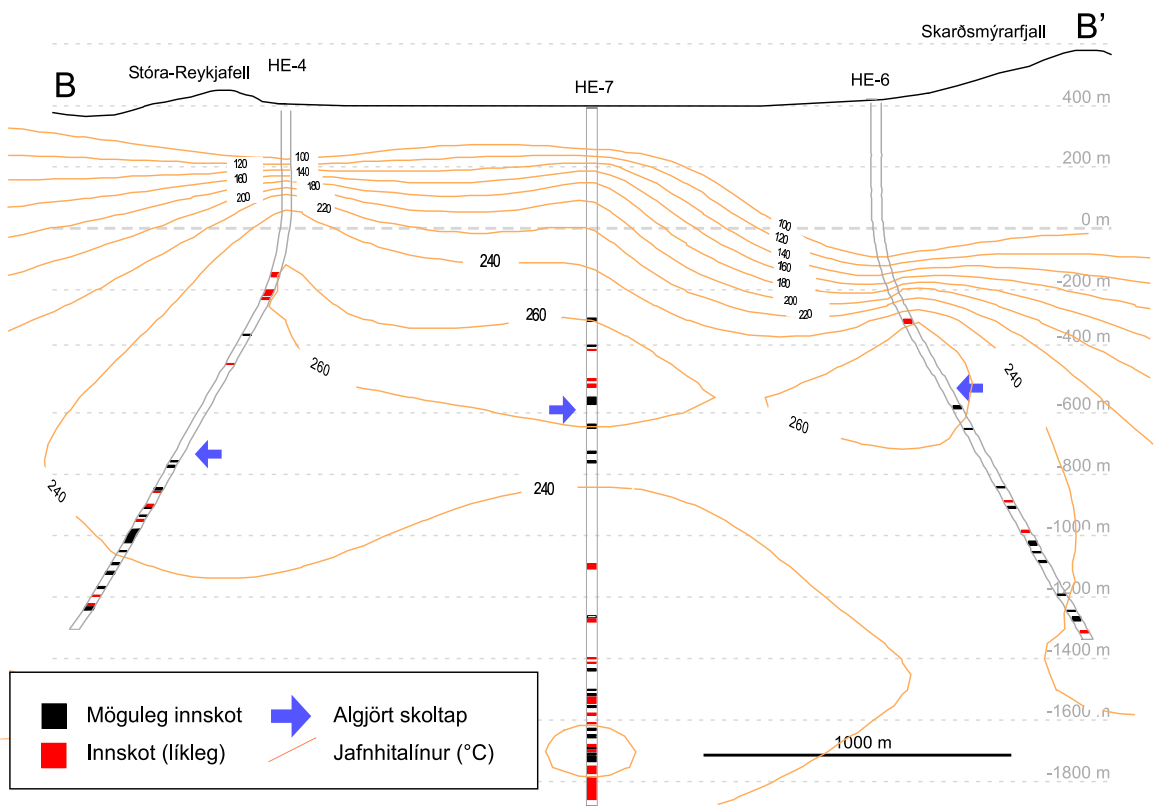
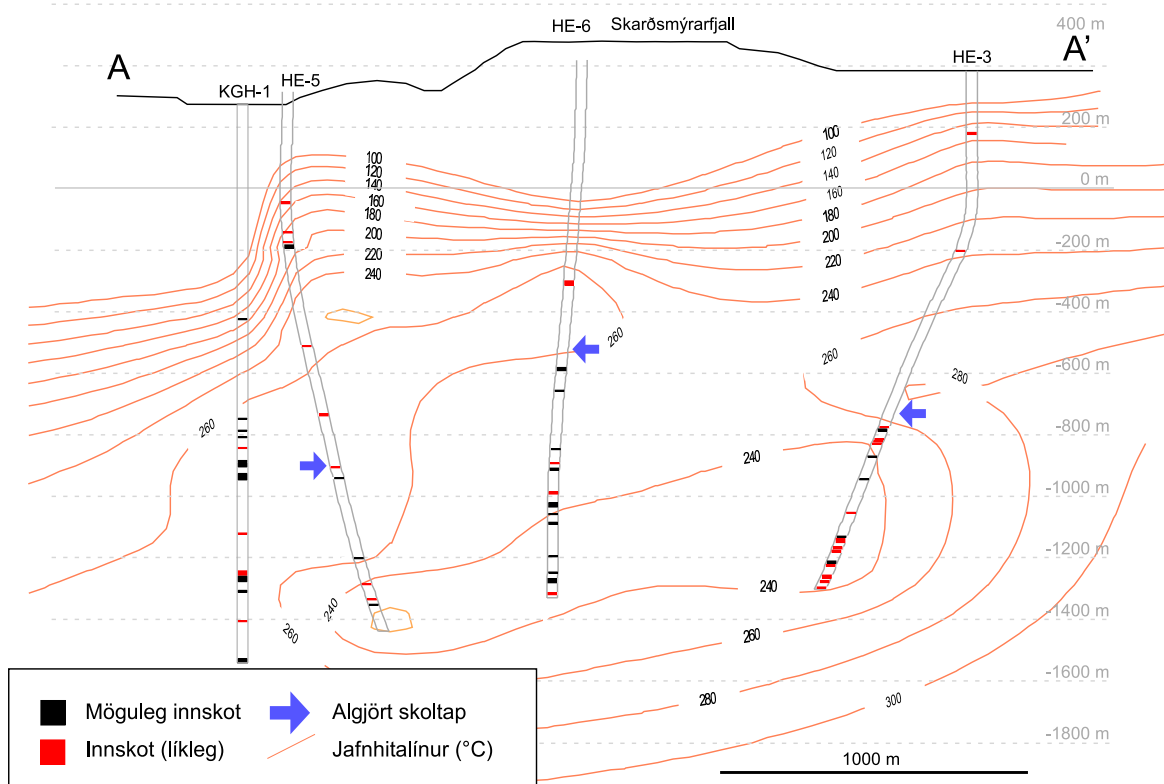
Þar sem L_i er heildarlengd innskota í holukafla að lengd L_k . Á myndum 4 - 8 má sjá H teiknað sem fall af dýpi fyrir $L_k = 100$ m og $L_k = 50$ m. Dýptarskalinn sýnir metra undir sjávarmáli. Hlutfall þeirra mögulegu innskota sem flokkuð eru sem líkleg var reiknað sérstaklega og er táknað með gráum lit á myndum 4 - 8.

Eins og sjá má þá er nokkuð mikill munur á þéttleika innskota milli holna – sér í lagi í þéttleika þeirra innskota sem talin eru líkleg. Að hluta til stafar þessi munur af óvissu í jarðlagamælingum og túlkun gagna.

Almennt má segja að innskotapéttleiki í holunum á svæðinu vaxi með dýpi eins og búast má við. Reyndar á það ekki alveg við um allar holur. Í holu HE-4 er þéttleiki innskota hvað mestur fyrir miðju í kaflanum sem boraður var í algeru skoltapi. Þéttust eru innskotin í holu HE-7 en einna minnst virðist vera um innskot í holu HE-5. Hola HE-7 er sem áður segir áberandi óslétt miðað við hinar holurnar. Ólíklegt má þó telja að hrjúfleiki holu HE-7 geti einn og sér skýrt þennan mismun – sér í lagi í ljósi þess að hola HE-3 sem hefur slétta vegg eins og hola HE-5 hefur áberandi hærri innskotapéttleika en hola HE-5.

5.3 Súrt berg

Eins og áður segir þá er útslag náttúrulegrar gammageislunar notað til meta hvort berg er basískt, súrt eða ísúrt. Mikill meirihluti bergsins í holunum er basískt en þó má finna nokkur lög sem greinilega eru súr. Þetta á helst við um holu HE-3 sem staðsett er austast (sjá mynd 1). Þar er strax að finna tvö áberandi súr lög á 1150 - 1220 m dýpi auk eins lags sem flokkað er sem ísúrt. Súru lögin voru metin sem líkleg innskot meðan ísúra lagið var metið sem mögulegt innskot (sjá töflu 5). Á bilinu 1550 - 1670 m dýpi er svo að finna fjögur áberandi súr lög sem öll voru flokkuð sem líkleg innskot.



Mynd 3: Snið AA' að ofan og BB' að neðan. Innskotin hafa verið teiknuð inn á sniðin ásamt jafnhitalínunum.

Súrt berg kemur einnig fyrir í holu HE-6 sem eitt lag á um 1560 m dýpi – flokkað sem mögulegt innskot (sjá töflu 8) og í holu HE-5 sem eitt lag á um 1650 m dýpi – flokkað sem líklegt innskot (sjá töflu 7). Í holu HE-7 fundust tvö lög á um 2060 - 2100 m dýpi sem metin voru sem ísúr lög. Efra lagið var flokkað sem líklegt innskot en það neðra sem mögulegt innskot (sjá töflu 9). Í holu HE-4 er ekkert súrt berg að finna.

5.4 Samanburður við holu KhG-1

Hola KhG-1 var boruð í október og nóvember árið 1985 niður í 1816 m dýpi. Holan er staðsett rétt norðan skíðaskála Knattspyrnufélagsins Vals eða rétt hjá holu HE-5 eins og sjá má á mynd 1. Á kortinu er hola KhG-1 kölluð HE-1. Heitið KhG-1 er notað í áfangaskýrslum og lokaskýrslu um borun holunnar [18] og verður notað hér. Staðarnúmer hennar í gagnagrunni Orkustofnunar er 96852 og hnit hennar eru:

$$X = 383754 \text{ m} \quad Y = 395879 \text{ m} \quad Z = 284.8 \text{ m y.s.}$$

Ekkert meiriháttar skoltap varð við borun KhG-1 svo svarf er til úr allri holunni. Það er því áhugavert að bera svarfgögn úr KhG-1 saman við túlkun jarðlagmælinga í holu HE-5 sem er um 450 m NA hennar. Á mynd 9 má sjá þéttleika innskota í holu KhG-1. Þessar niðurstöður eru byggðar á svarfgreiningu en í henni eru innskot flokkuð sem *örugg innskot* og *líkleg innskot*.

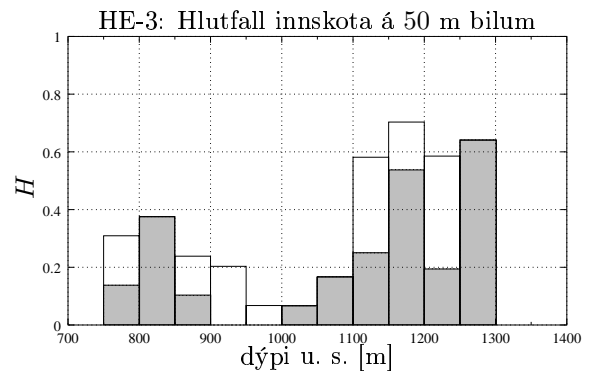
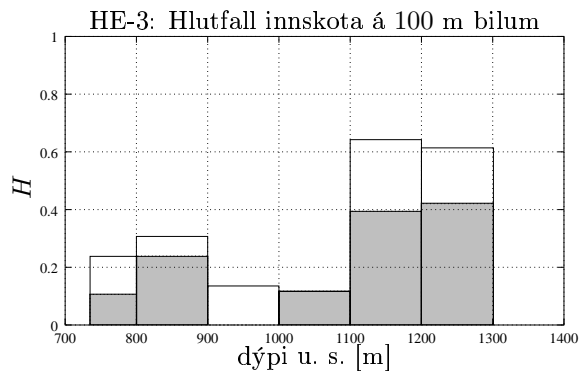
Þéttleiki innskota í holunum er mjög svipaður. Í báðum tilvikum er hann frekar lágur – alltaf undir 0,4 á 100 m bilum. Innskotapéttleikinn er frekar jafn í neðsta hluta beggja holna. Samanburður á 50 m bilum er hins vegar óáreiðanlegri þar sem lítill innskotapéttleiki veldur nokkurri óvissu við svona háa upplausn. Samanburðurinn á innskotapéttleikanum á 100 m bilum er nokkuð ásættanlegur.

Eins og áður segir finnst aðeins eitt súrt lag í holu HE-5 rétt við botn hennar. Engin súr lög finnast í svarfgreiningunni í holu KhG-1 og náttúrulega gammageislunin í henni er lág – alltaf undir 40 API og oftast undir 20 API [18].

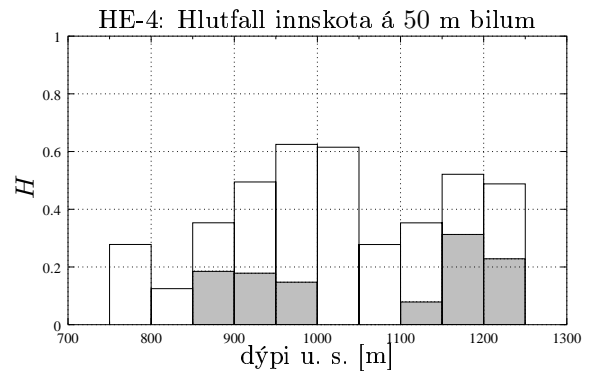
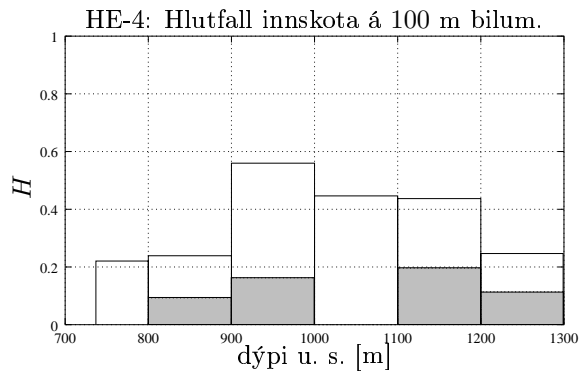
5.5 Samanburður við Nesjavelli

Í viðauka B má sjá innskotapéttleika í nokkrum holum á Nesjavöllum. Nokkur munur er á innskotapéttleikanum milli holna en almennt má segja að þéttleikinn sé meiri þar en á Hellisheiði. Innskotapéttleikinn vex með dýpi á Nesjavöllum og eru innskot orðinn bróðurpartur bergsúlunnar þegar komið er niður fyrir 1800 m dýpi. Innskotapéttleiki vex með dýpi í flestum holunum á Hellisheiði en mikinn innskotapéttleika er þar aðeins að finna í holu HE-7. Þessi mikli þéttleiki liggur neðan 1500 m u. s. en svo djúpt ná engar aðrar holur á Hellisheiði. Að auki er sú hola boruð á sprungusveimi þar sem gera má ráð fyrir að mikið sé um ganga.

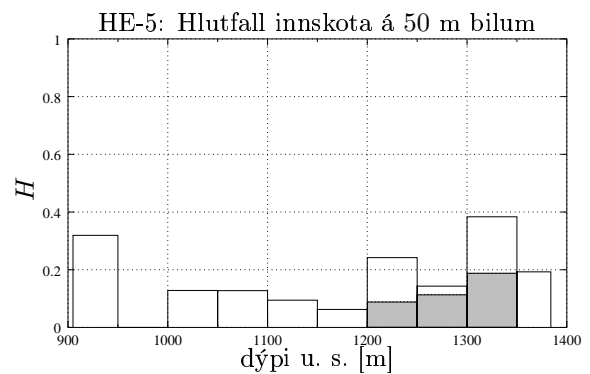
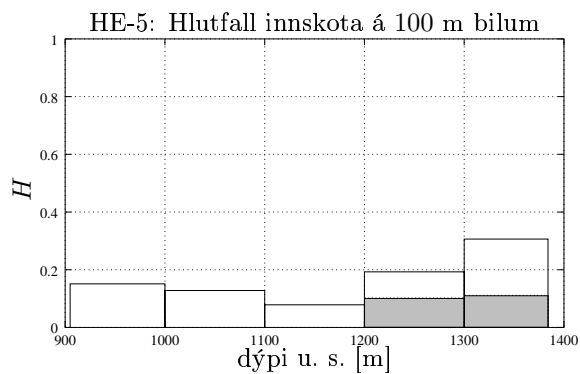
Annað sem er frábrugðið milli innskota í holum á þessum tveimur stöðum er að mun meira er að súrur innskotum á Nesjavöllum [19]. Súr innskot eru sem áður segir fátíð í Hellisheiðarholunum nema þá í holu HE-3 þar sem talsvert er um súr innskot.



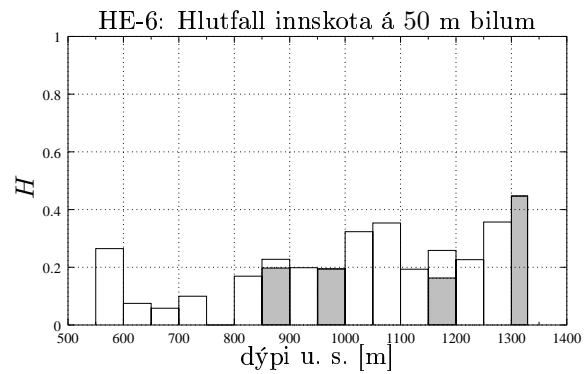
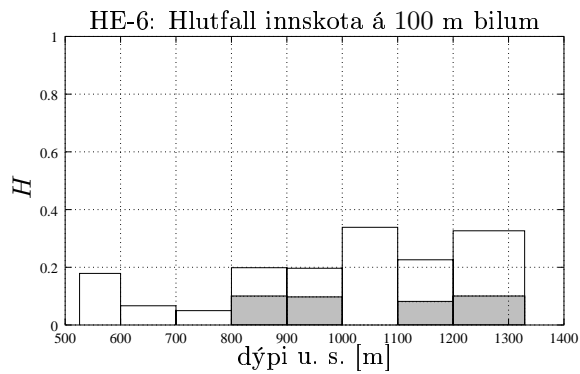
Mynd 4: Hóla HE-3: Hlutfall mögulegra innskota í heildarjarðlagastaflanum. Hlutfall líklegra innskota er litað grátt.



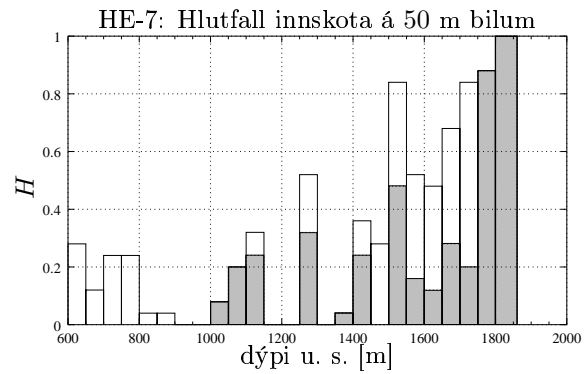
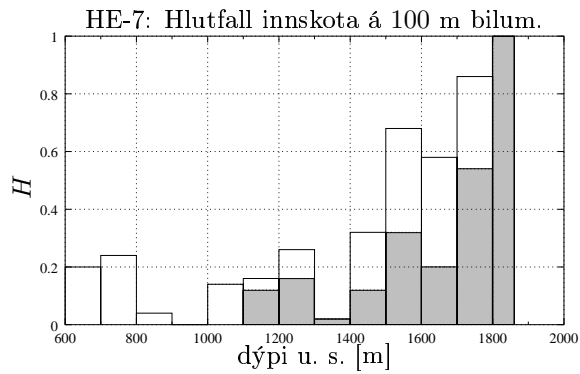
Mynd 5: Hóla HE-4: Hlutfall mögulegra innskota í heildarjarðlagastaflanum. Hlutfall líklegra innskota er litað grátt.



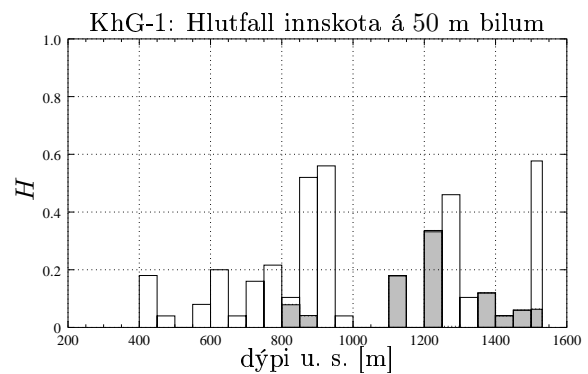
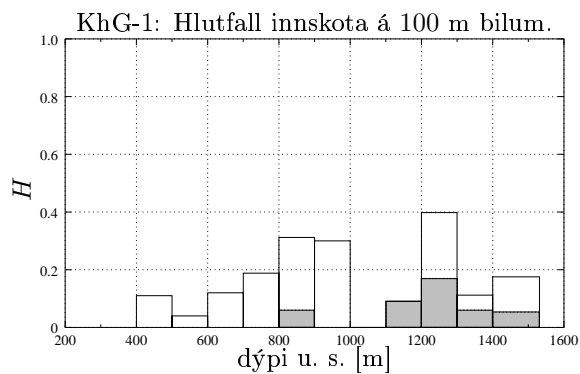
Mynd 6: Hóla HE-5: Hlutfall mögulegra innskota í heildarjarðlagastaflanum. Hlutfall líklegra innskota er litað grátt.



Mynd 7: Hóla HE-6: Hlutfall mögulegra innskota í heildarjarðlagastaflanum. Hlutfall líklegra innskota er litað grátt.



Mynd 8: Hóla HE-7: Hlutfall mögulegra innskota í heildarjarðlagastaflanum. Hlutfall líklegra innskota er litað grátt.



Mynd 9: Þéttleiki innskota í holu KhG-1. Niðurstöður þessar eru byggðar á svarfgreiningu. Hlutfall öruggra innskota er litað grátt.

6 Frekari úrvinnsla borholumælinga

Nú hefur verið farið í gegnum jarðlagamælingarnar og innskot fundin. Næsta skref verður að fara í gegnum mælingarnar og reyna að lesa úr þeim forðafræðilega eiginleika bergsins. Þer þar helst að nefna poruhluta en hann er eins og áður segir hægt að reikna beint út úr nifteindamælingum og víddarmælingum. Einnig er áhugavert að hafa einhverja hugmynd um lekt jarðlaganna sem holan sker. Öllu flóknara er að finna út lektina en með því að fara í gegnum jarðlagamælingarnar og finna út hvar holan sker hraunlagamyndanir og hvar hún sker móbergsmýndanir má slá einhverju mati á lektina. Slíka flokkun má einnig nota til að átta sig á gerð porurýmisins – þ.e. hvernig það skiptist í opnar og lokaðar porur.

7 Samantekt

Innskot í neðri hluta holna HE-3 til HE-7 á Hellsheiði – sem boraður er í algeru skoltapi – voru fundin og flokkuð út frá jarðlagamælingum Aðallega var notast við viðnám og poruhluta við að finna innskotin en einnig vídd holnanna og borviðnám sem er stærð reiknuð út frá borhhraða og álagi. Ennfremur var náttúruleg γ -geislun sem er í réttu hlutfalli við kísilsýruinnihald bergsins notuð til að finna innskot.

Nokkur munur er á jarðlagamælingum milli holna. Einhver hluti þessa munar stafar af því að holurnar eru ólíkrar gerðar og hafa þannig áhrif á mælitæki. Gera verður ráð fyrir því að munur sem ekki verður skýrður með holugerð stafi af því að bergið sem borað er í sé mismunandi frá holu til holu.

Nokkur munur er á þéttleika mögulegra innskota milli holna. Það á sér í lagi við um þéttleika þeirra innskota sem talin eru líkleg. Minnstur er þéttleikinn í holu HE-5 þar sem hann fer hæst í 0,30 á 100 m bilum og $\sim 0,34$ á 50 m bilum (sjá mynd 6). Einna mestur er þéttleikinn í holu HE-7 þar sem hann er fast að 1,0 – þ.e. bergsúlan samanstendur mestan part af innskotum – bæði á 50 og 100 m bilum.

Almennt er borað í basískt berg en nokkur áberandi súr innskot fundust í holu HE-3. Einnig fundust súr og ísúr innskot í holum HE-6 og HE-7 en ekkert í holu HE-4. Í holu HE-5 var eitt súrt innskot neðst í holunni.

Að lokum skal þess getið að erfitt er að skilgreina algild mörk milli þess hvað kalla skal innskot og hvað ekki og hvaða innskot skulu flokkast sem líkleg og hver ekki.

Heimildir

- [1] Valgarður Stefánsson & Benedikt Steingrímsson, *Geothermal Logging I, An introduction to techniques and interpretation* Orkustofnun, OS-80017/JHD-09, 1990
- [2] Hjalti Franzson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-3. 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 324 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/030, 2002
- [3] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-3. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 324 m í 812 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/053, 2001
- [4] Sigvaldi Thordarson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-3. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 812 m í 1887 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/057, 2001
- [5] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-4. 1. áfangi: Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu í 305 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/058, 2001
- [6] Ásgrímur Guðmundsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-4. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 305 m í 789 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/065, 2001
- [7] Ásgrímur Guðmundsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-4. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 789 m í 2008 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/081, 2001
- [8] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-5. 1. áfangi: Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu í 303 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/024, 2002
- [9] Bjarni Richter o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-5. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 303 m í 802 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/025, 2002
- [10] Ásgrímur Guðmundsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-5. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 802 m í 2000 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/026, 2002
- [11] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-6. 1. áfangi: Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu í 310 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/030, 2002
- [12] Bjarni Richter o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-6. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 310 m í 813 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/032, 2002
- [13] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-6. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 813 m í 2013 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/047, 2002
- [14] Bjarni Richter o.fl. *Hellisheiði - Hola HE-7. 1. áfangi: Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu í 308 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/040, 2002

- [15] Bjarni Richter o.fl. *Hellisheiði - Hóla HE-7. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 308 m í 812 m dýpi*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/044, 2002
- [16] Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. *Hellisheiði - Hóla HE-7. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 812 m í 2270 m dýpi.*, Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2002/070, 2002
- [17] H. Langeland, *Innføring i boreholslogging*, Universitetet i Trondheim - Norges Tekniske Høgskole, 1992.
- [18] Benedikt Steingrímsson o.fl., *Kolviðarhóll, Hóla KhG-1: Borun, Rannsóknir og vinnslueiginleikar. Lokaskýrsla.* Orkustofnun Jarðhitadeild, OS-93007/JHD-03, 1993
- [19] Hjalti Franzson, *NESJAVELLIR. Borholujarðfræði. Vantsgengd í jarðhitageymi.* Orkustofnun Jarðhitadeild, OS-88046/JHD-09, 1988

Viðauki A: Jarðlagamælingar

Hér á eftir fylgja jarðlagamælingar úr neðsta hluta holnanna. Mældir eiginleikar – þ.e. vídd, nifeindasvörun, poruhluti, viðnám og náttúrulega gammageislun – eru teiknaðir samsíða sem fall af lengd holunnar. Við hliðana eru merk inn meint innskot. Þau innskot sem flokkuð eru sem líkleg eru merki með rauðum lit en þau innskot sem flokkuð eru sem möguleg eru táknuð með skástrikun.

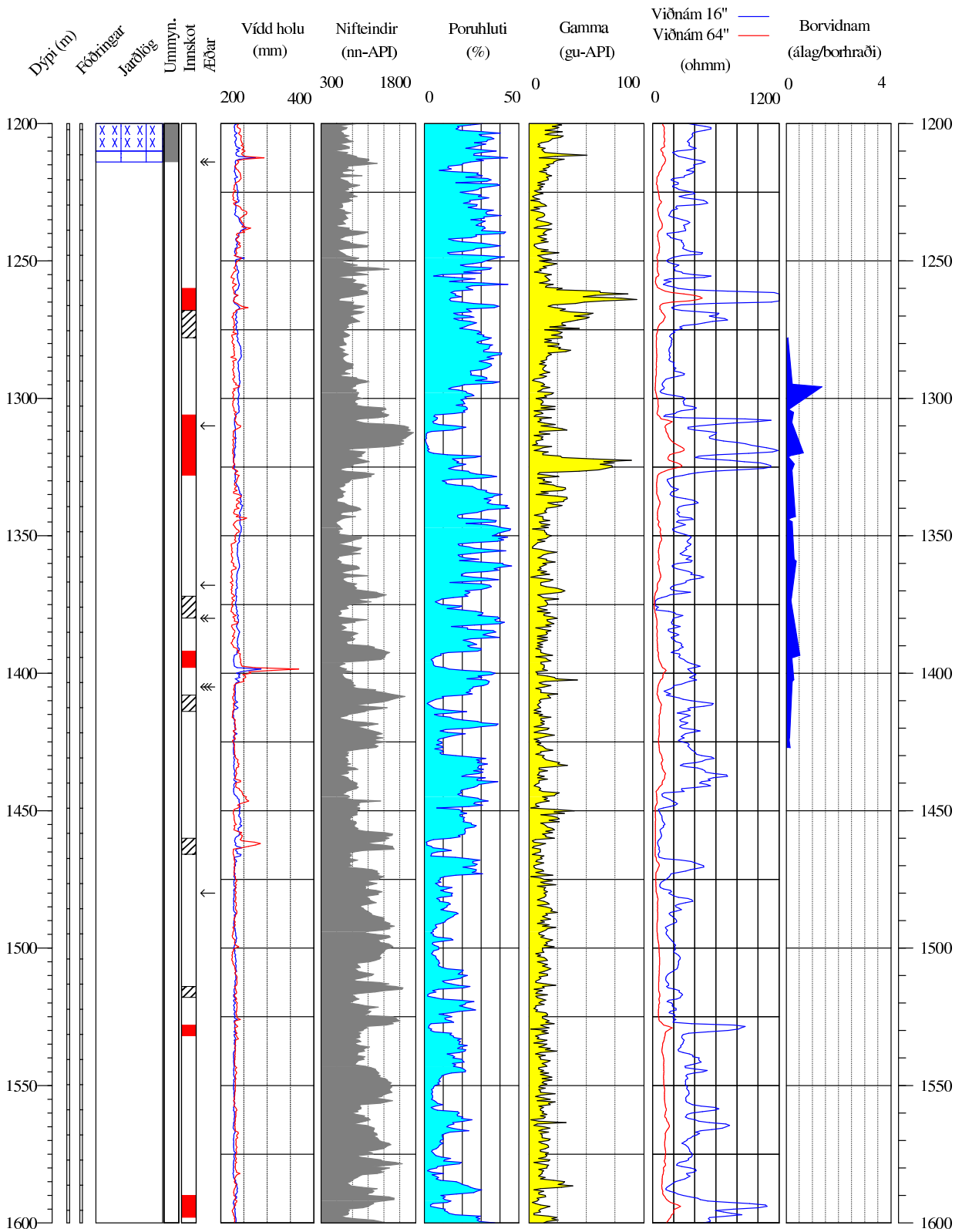


Staður: Hellsheiði
Holunafn: HE-3

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-1887 m

Skolvökvi: Leðja og vatn
Verkluti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95103
Starfsmenn: HF/SSJo/ÁsG/BG



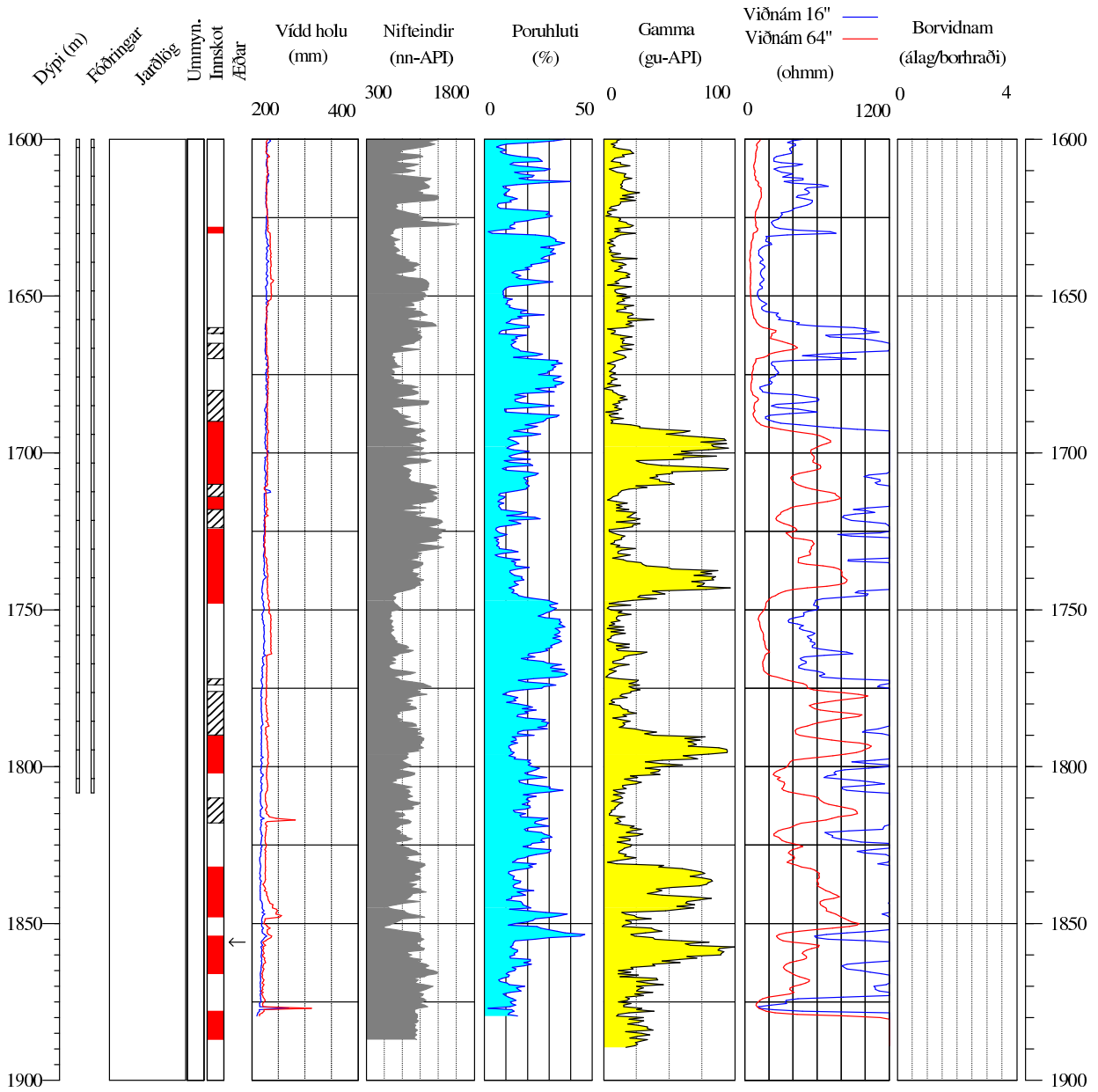


Staður: Hellsheiði
Holunafn: HE-3

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-1887 m

Skolvökvi: Leðja og vatn
Verkluti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95103
Starfsmenn: HF/SSJo/ÁsG/BG

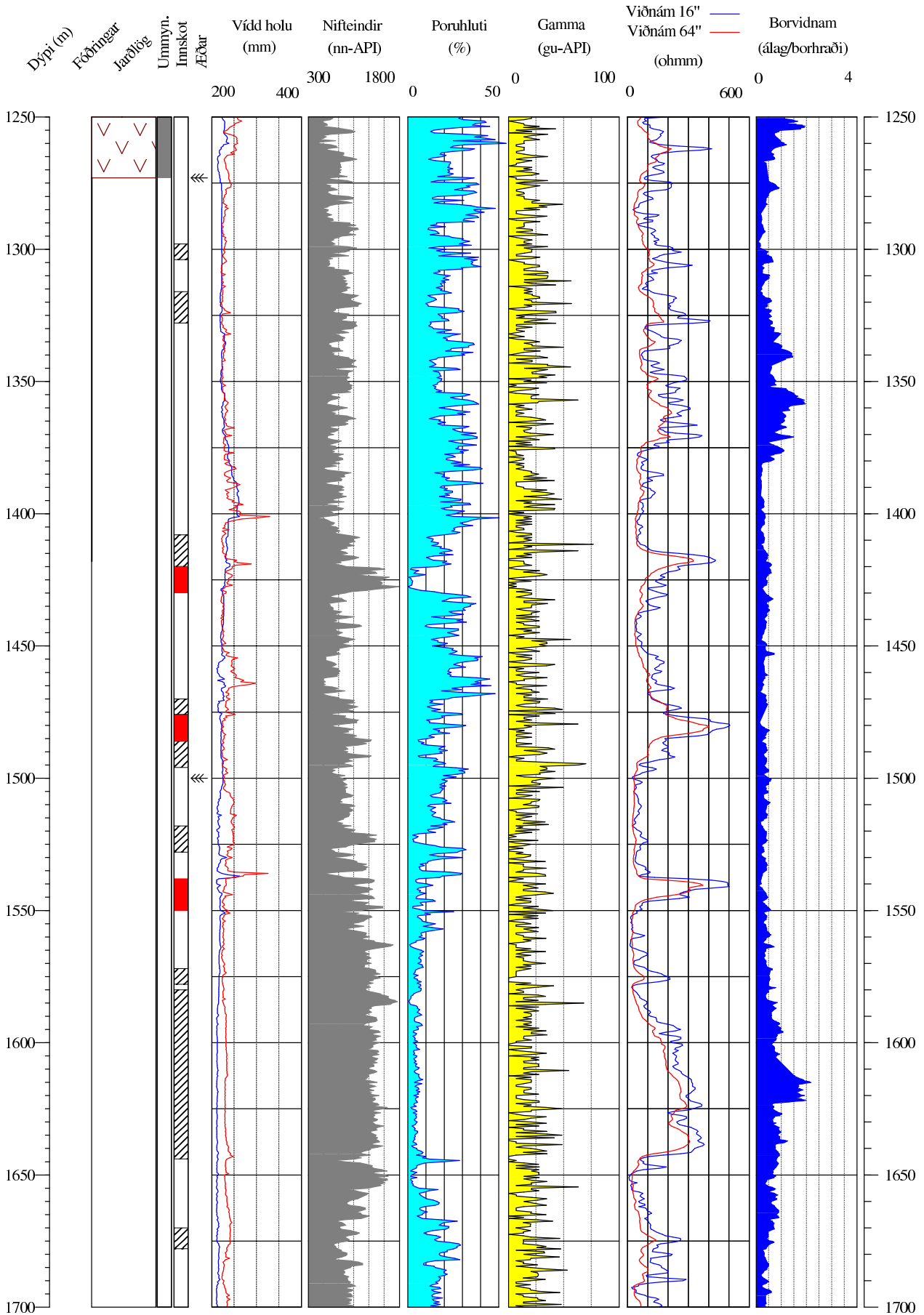




Staður: Hellið
Holunafn: HE-4

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 789-2000 m
Verkluti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 95104
Starfsmenn: ÁsG/GÓF/SSJo

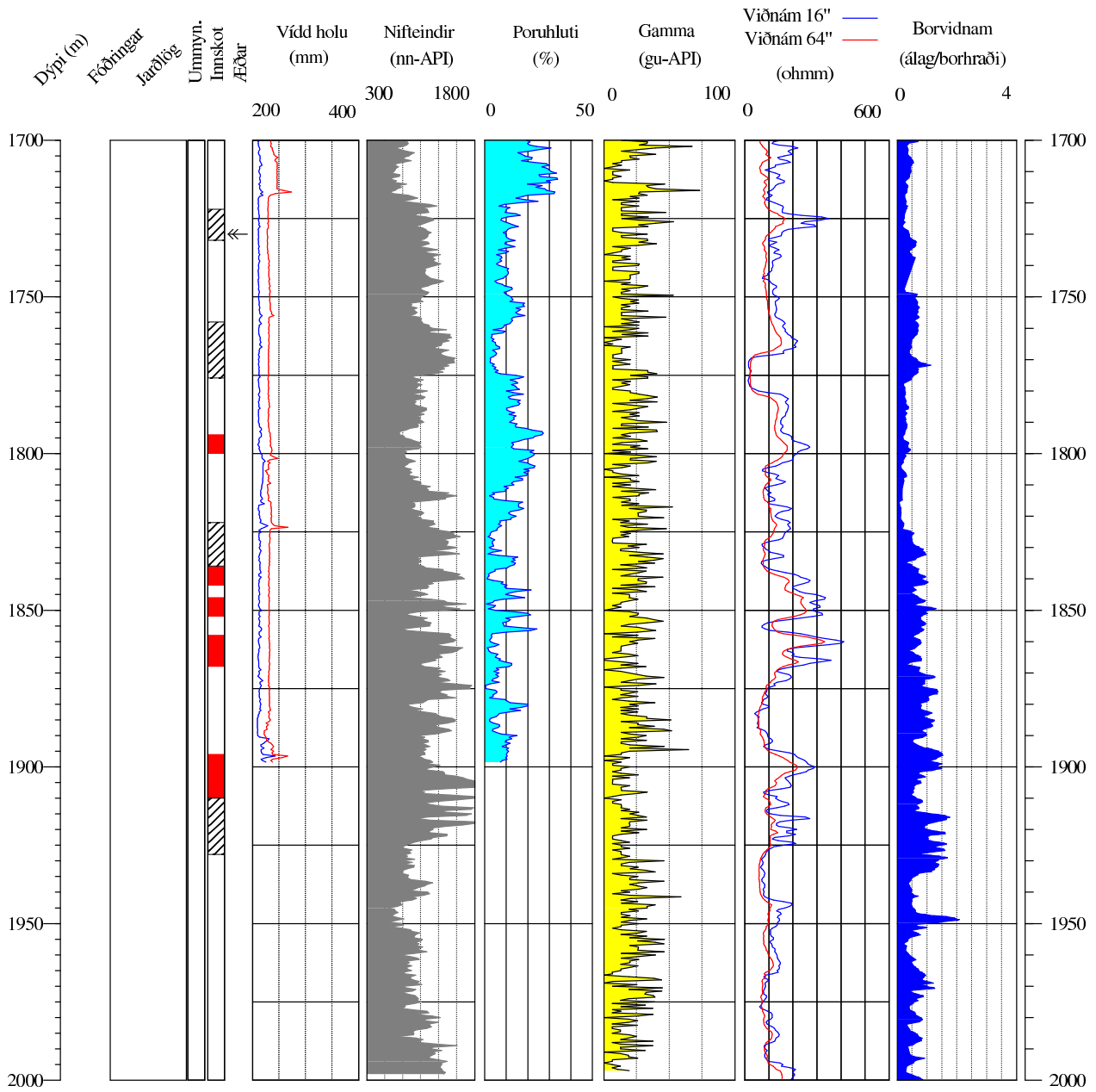




Staður: Helligshéiði
Holunafn: HE-4

Bor: Jötunn Skolvöki: Vatn
Dýptarbil: 789-2000 m Verkhliuti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 95104
Starfsmenn: ÁsG/GÓF/SSJo

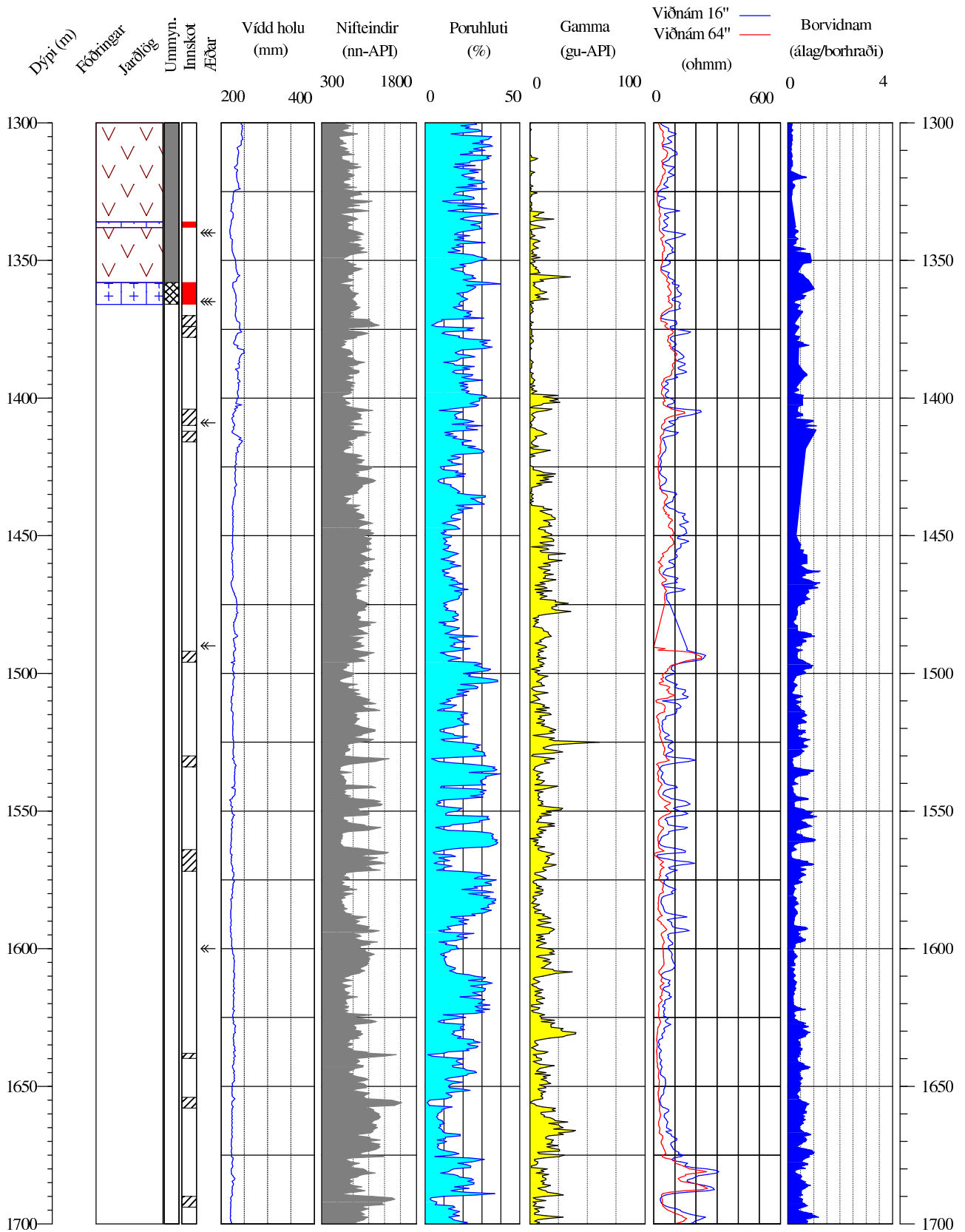




Staður: Helliheiði
Holunafn: HE-5

Bor: Jötunn Skolvökvi: Vatn
Dýptarbil: 802- 2001 m Verkhlutl: 3. áfangi

Staðarnúmer: 95105
Starfsmenn: AsG/BR/HF

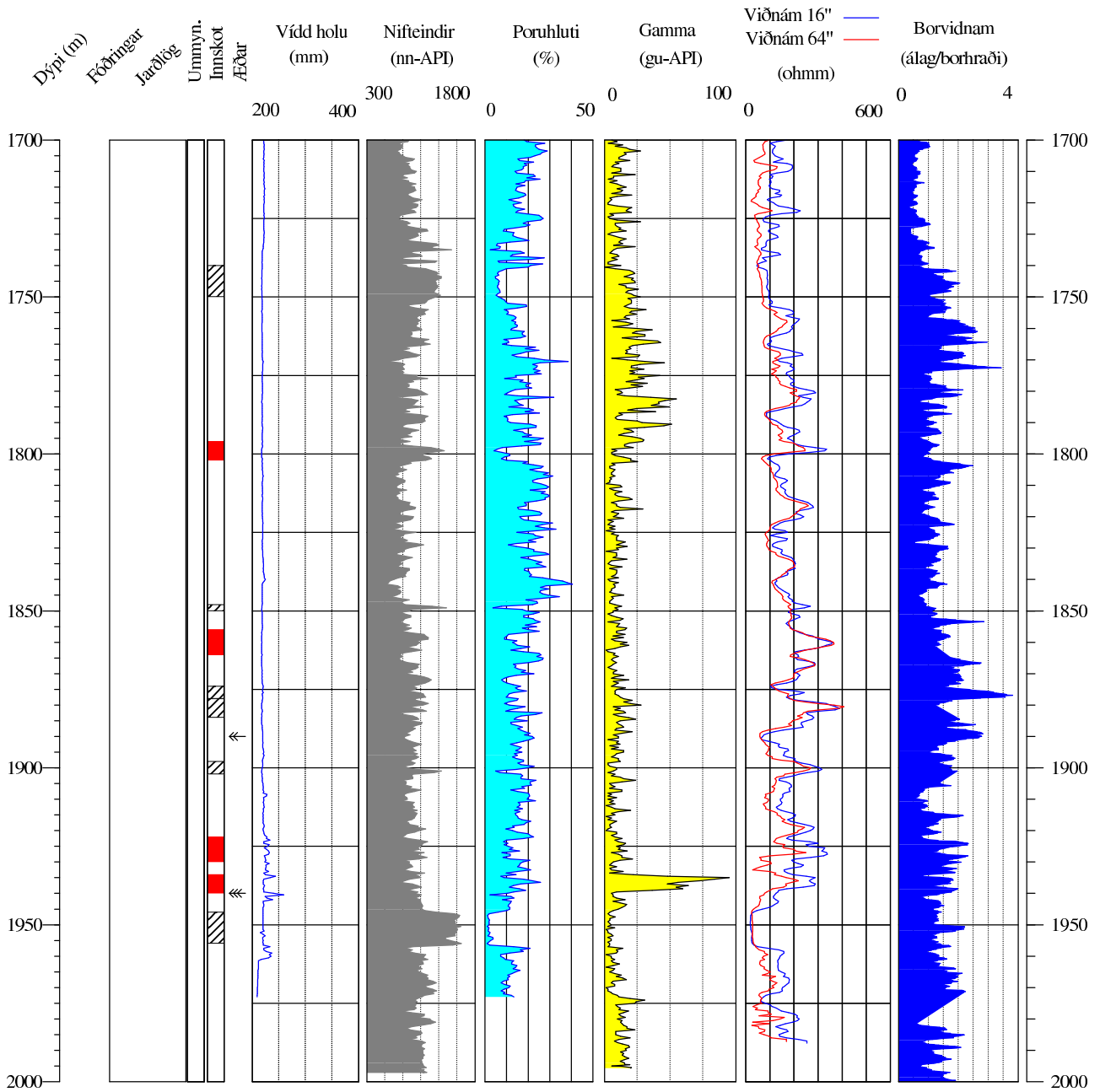




Staður: Helligshéiði
Holunafn: HE-5

Bor: Jötunn Skolvökvi: Vatn
Dýptarbil: 802- 2001 m Verkhloti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 95105
Starfsmenn: AsG/BR/HF



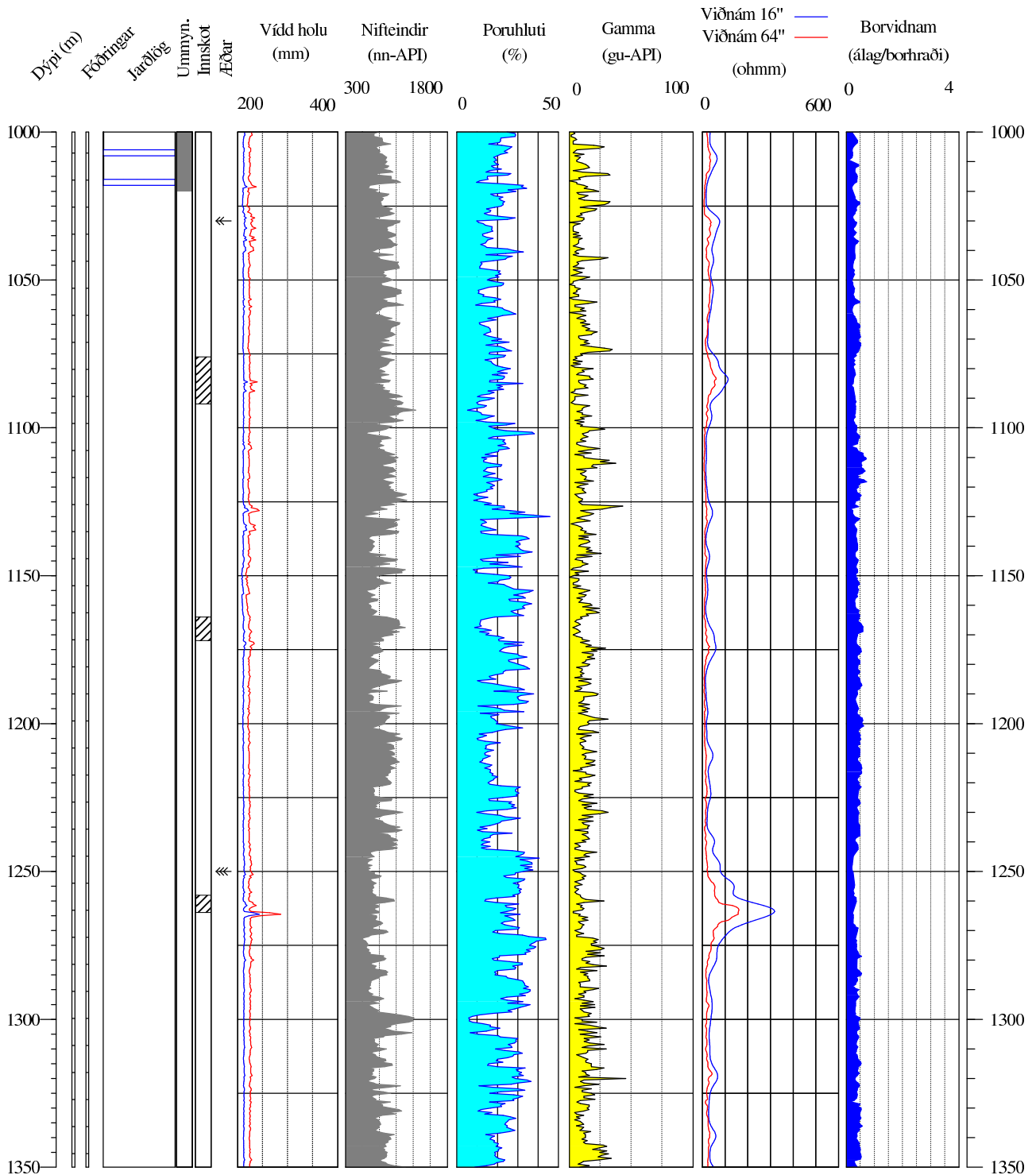


Staður: Helliheiði
Holunafn: HE-6

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2013

Skolvökvi: Leðja og vatn
Verkhloti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95106
Starfsmenn: HF/BR/SSJo



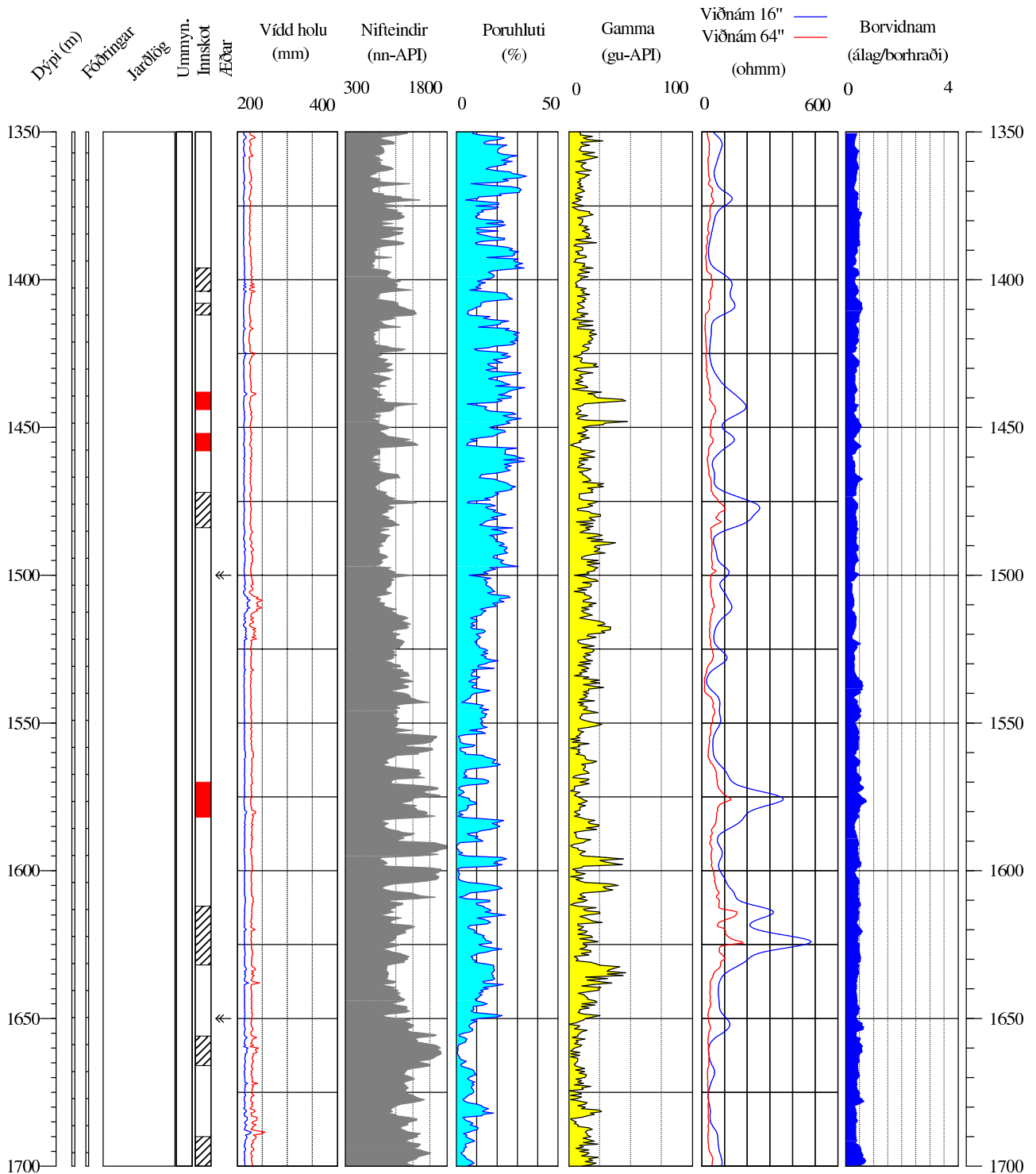


Staður: Hellið
Holunafn: HE-6

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2013

Skolvökvi: Leðja og vatn
Verkhuti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95106
Starfsmenn: HF/BR/SSJo



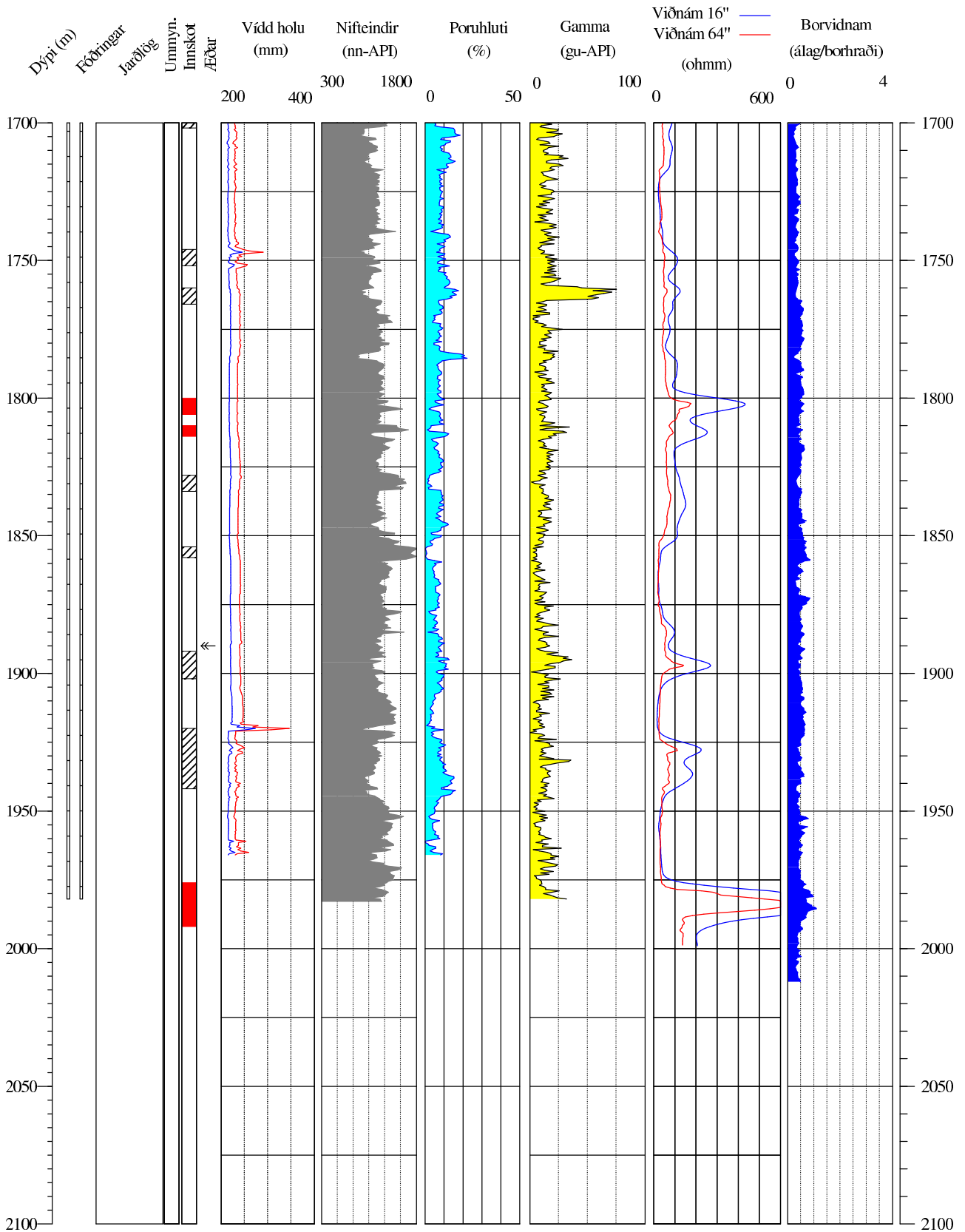


Staður: Helligheiði
Holunafn: HE-6

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2013

Skolvökvi: Leðja og vatn
Verkhloti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95106
Starfsmenn: HF/BR/SSJo



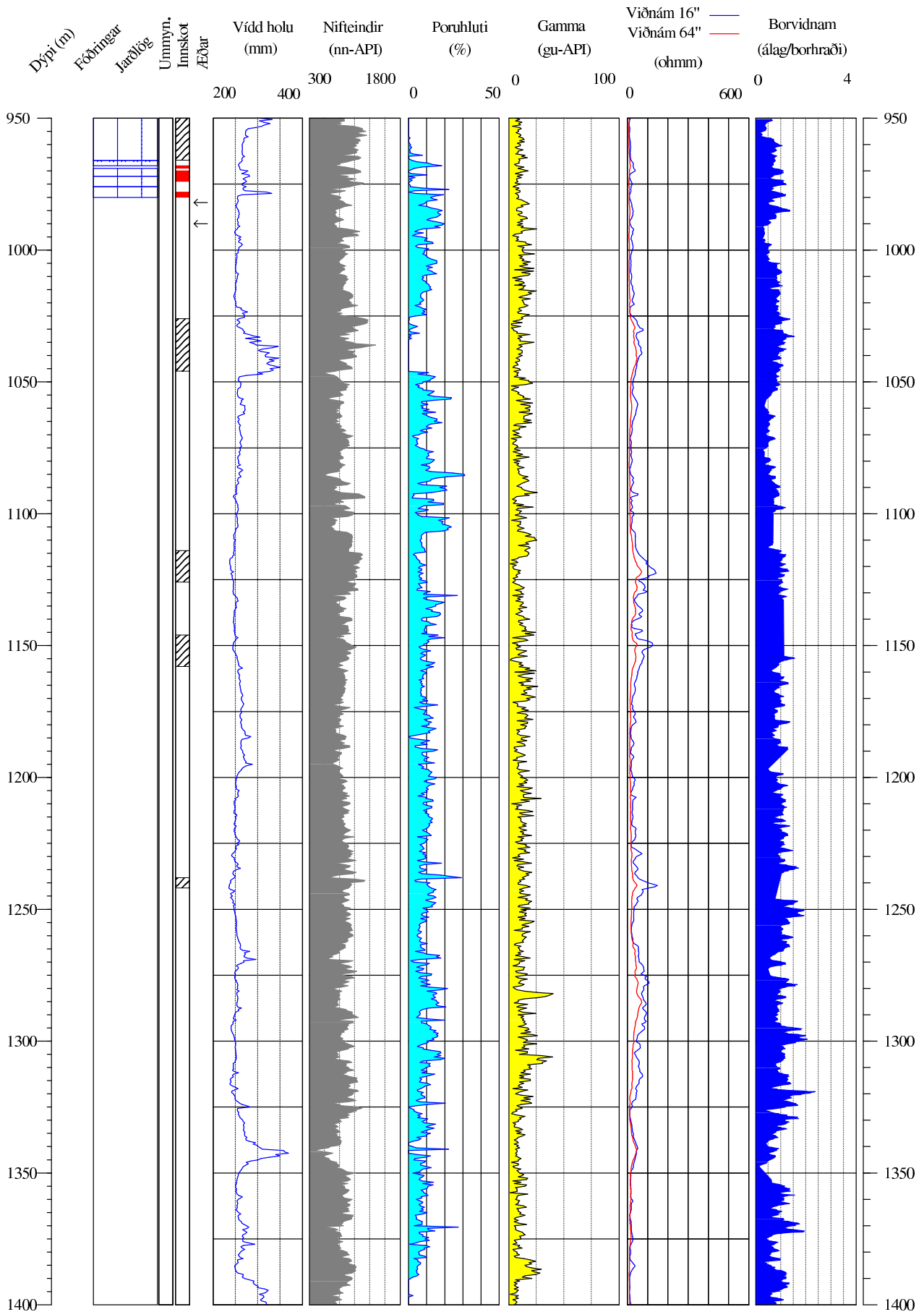


Staður: Helliheiði
Holunafn: HE-7

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2270

Skolvökvi: Vatn og leðja
Verkluti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95107
Starfsmenn: BRK



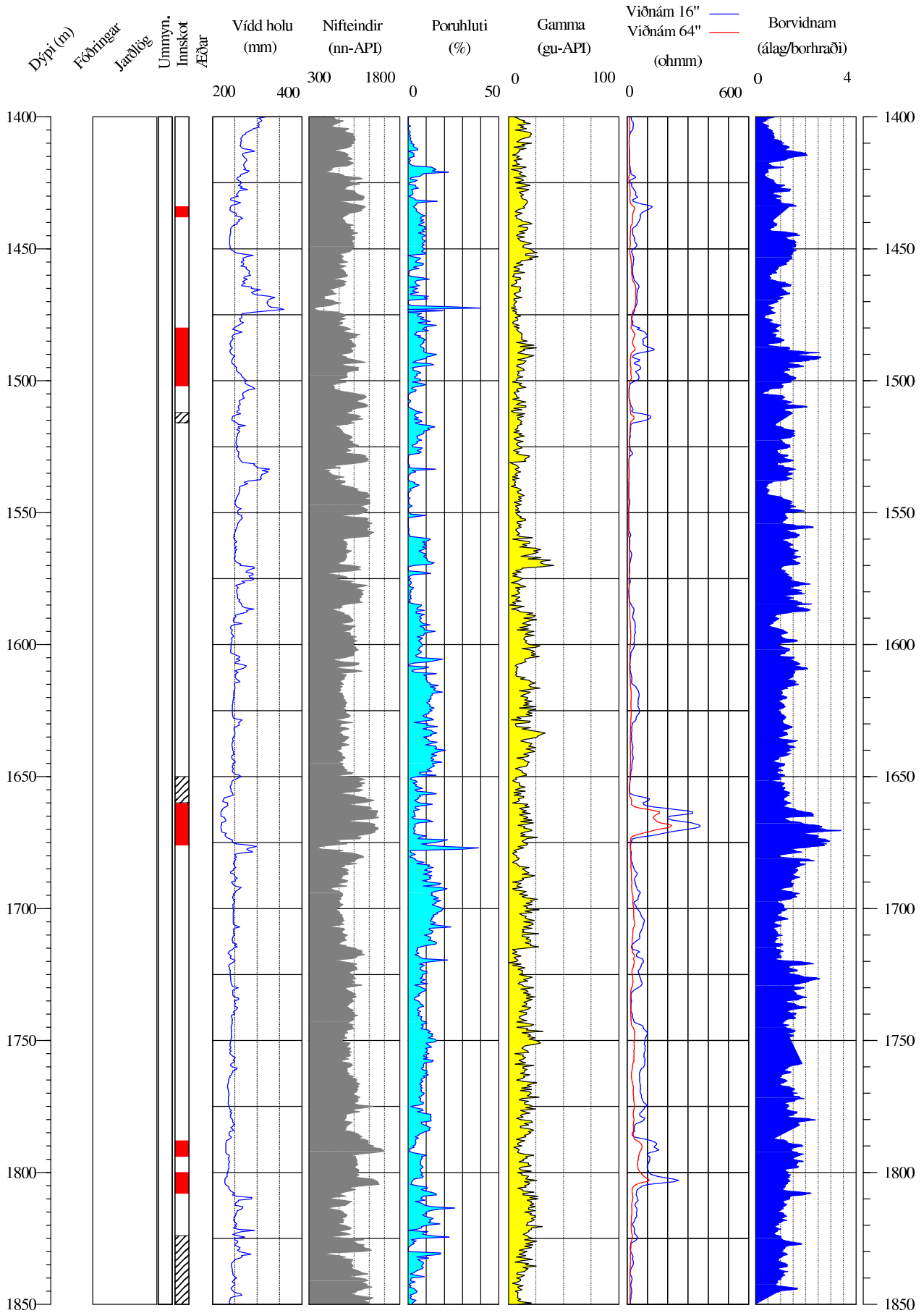


Staður: Hellið
Holunafn: HE-7

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2270

Skolvöki: Vatn og leðja
Verkluti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95107
Starfsmenn: BRK



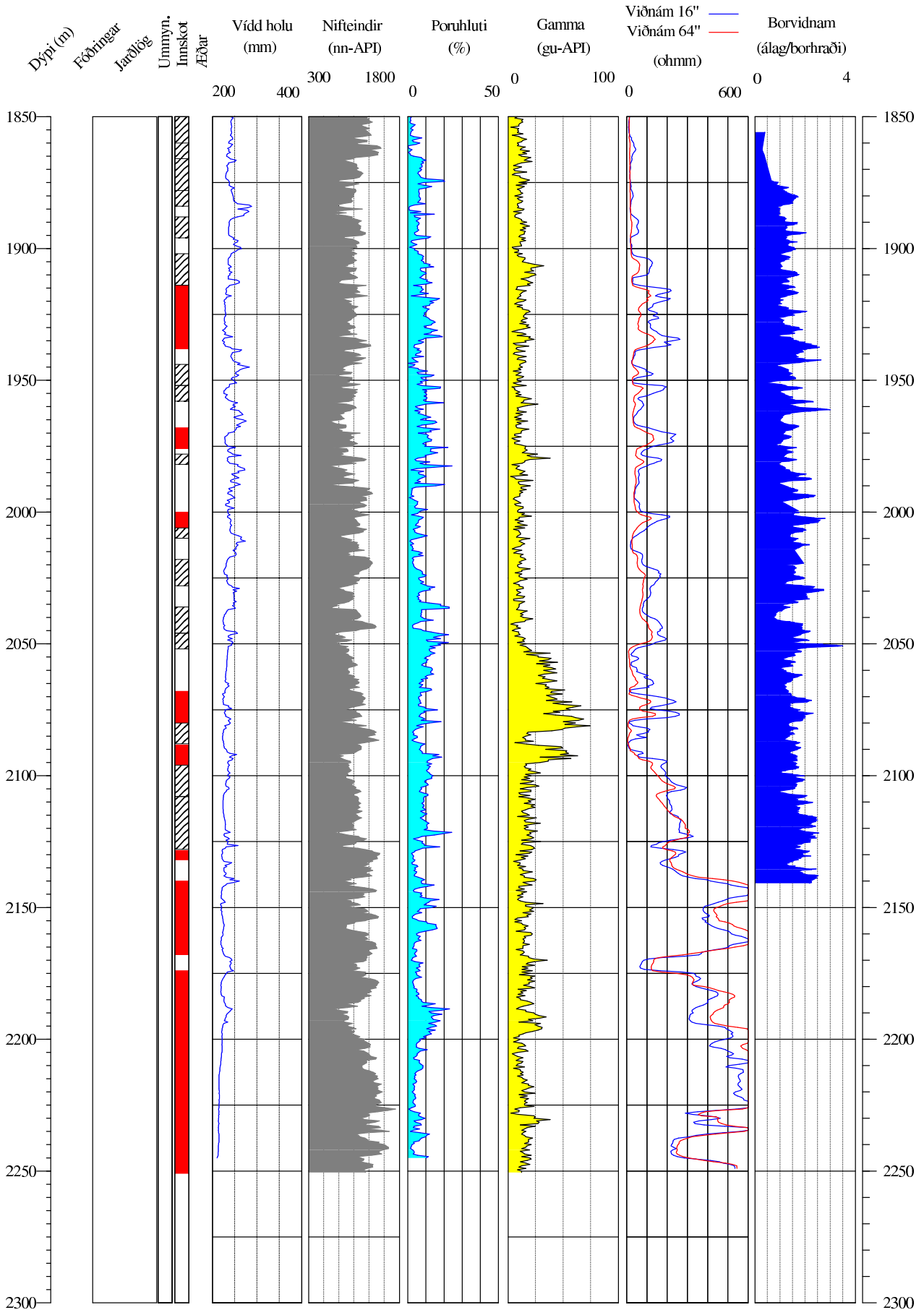


Staður: Helliheiði
Holunafn: HE-7

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2270

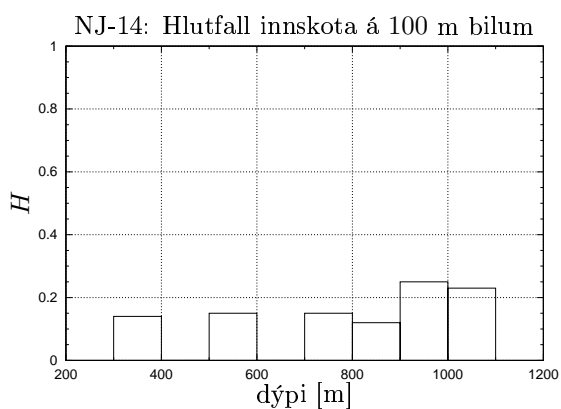
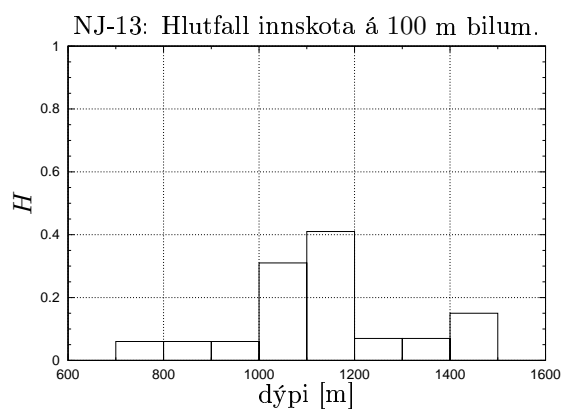
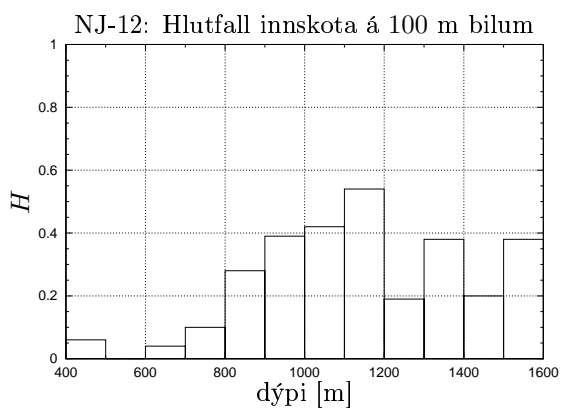
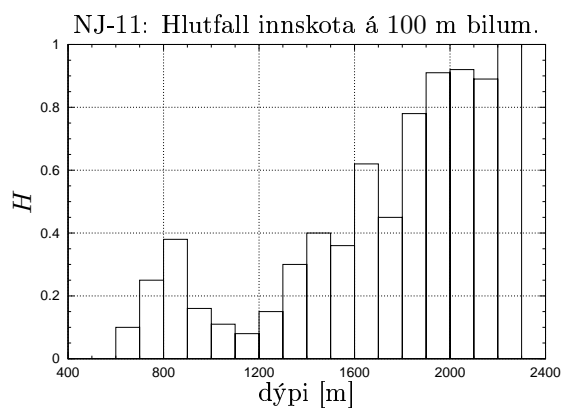
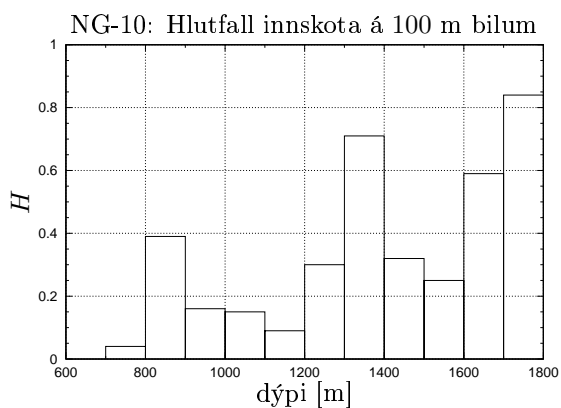
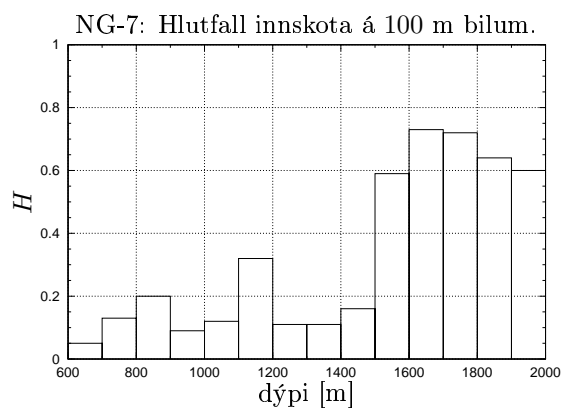
Skolvöki: Vatn og leðja
Verkluti: Lokaskýrsla

Staðarnúmer: 95107
Starfsmenn: BRK

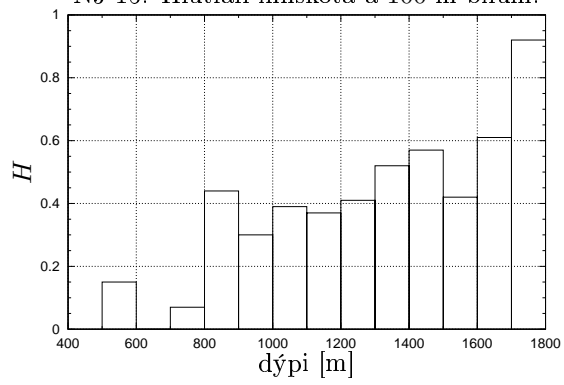


Viðauki B: Innskotabéttleiki á Nesjavöllum

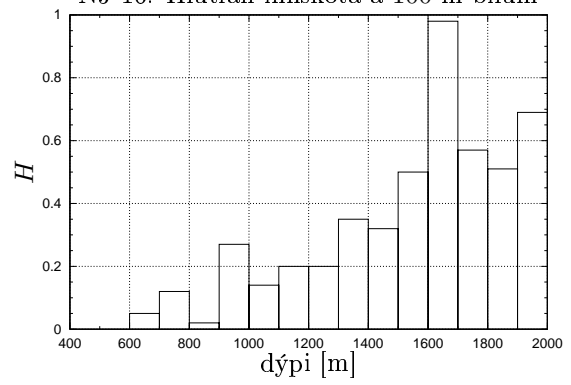
Innskotabéttleiki í nokkrum borholum á Nesjavöllum. Innskotabéttleiki var metinn þar á sama hátt og í holu KhG-1 þ.e. með svarfgreiningu [19].



NJ-15: Hlutfall innskota á 100 m bilum.



NJ-16: Hlutfall innskota á 100 m bilum



NJ-18: Hlutfall innskota á 100 m bilum.

