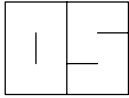


**Staða tilrauna í holu RN-11 á Reykjanesi**

**Vigdís Harðardóttir**

**Greinargerð VH-2003-02**



**Staða tilrauna í holu RN-11 Reykjanesi**

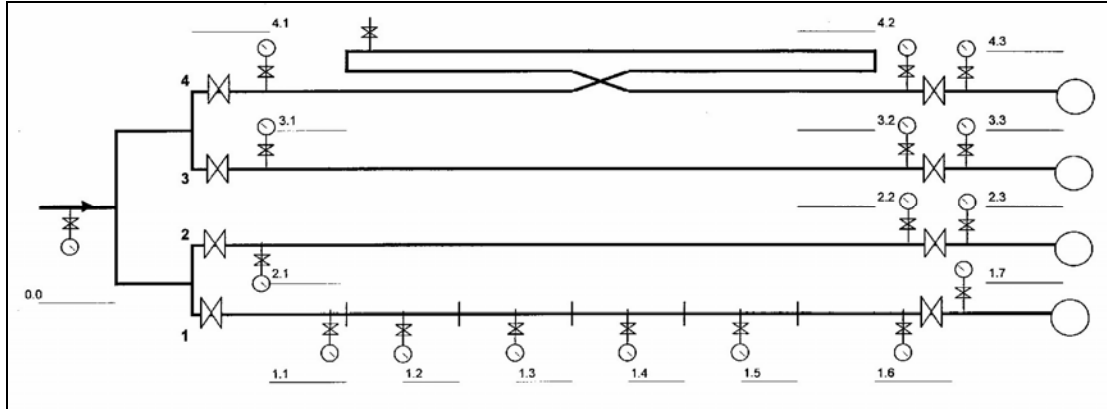
Tilraun með stálplötur staðsettar á mismunandi stöðum við mismunandi þrýsting (greiðutilraun) hófust við holu RN-11 þann 24/9 2002. Efnasamsetning vökvans sem jarðsjór er sýndur í töflu 1 og til samanburðar er sýndur jarðsjórinn úr holum 8, 9 og 10. Valið er að bera saman djúpvökva, frekar en hráar efnagreiningar þar sem hlutföll vatns og gufu eru mismunandi við mismunandi þrýsting sem er breytilegur frá einni sýnatöku til annarrar. Innstreymishitinn í holunum er lægstur í holu 8 en hæstur í holu 11, sem er í samræmi við efnafræði vökvans, en ekki er til heilgreining né snefilefnagreining á vökvunum úr holu 11.

Framkvæmd og uppsetning tilraunabúnaðar var sú sama og tilraun við holu RN-09, sem gerð var fyrr um sumarið (Vigdís Harðardóttir 2002a).

**Tafla 1.** Reykjanes, styrkur efna í ppm (mg/kg) í **djúpvatni** í holum 8, 9, 10 og 11.

Hola Sýni nr.	8 <sup>2</sup>	9 1994- 0057	9 2000- 0513	10 2002- 0018	11 2002- 0274
°C	275	290	290	322 <sup>3</sup>	340 <sup>3</sup>
SiO <sub>2</sub>	553	638	658	747	803
Na	9488	9651	9887	9004	10346
K	1438	1381	1423	1358	1480
Ca	1591	1594	1611	1445	1783
Mg	1,28	0,992	0,936	0,805	1,53
SO <sub>4</sub>	21,8	20,0	14,7	13,0	16,2
Cl	18732	19302	19340	17600	19800
F	0,17	0,17	0,18	0,17	0,22
Al	u.n. <sup>1</sup>	0,073	0,0577	0,0161	0,0665
Fe	* <sup>1</sup>	0,24	0,81	3,36	1,08
Zn	0,07 <sup>1</sup>		0,021	0,034	0,0265
Pb			<0,0006	0,00009	<0,00005
Sr	6,3 <sup>1</sup>		7,97	6,86	
B	8,0 <sup>1</sup>	7,7	8,23	6,73	8,34
Mn	1,84 <sup>1</sup>	4,1	2,25	5,56	3,52
Li	4,65 <sup>1</sup>		3,90		
Mo			0,016	0,004	0,00962
Rb	3,70 <sup>1</sup>				
Cu	0,01 <sup>1</sup>		<0,002	0,001	<0,0005
Cr			0,0012		0,00013
Ni			0,00125	0,00196	0,00079
Uppl.	32147	33097	33329	30227	34430
CO <sub>2</sub>	1005	1260	1077	3085	
H <sub>2</sub> S	27	40,0	39	146	
H <sub>2</sub>	0,08	0,070	0,06		
CH <sub>4</sub>	0,09	0,051	0,03		
N <sub>2</sub>	2,02	1,76	2,74		

1) Frá Olafsson & Riley (1978), \* tölur ekki áreiðanlegar vegna járn í fóðurrörum 2) Meðaltal 4 greininga nr. 80-0001, 83-0233, 85-0378 og 87-0005 frá árunum 1980 til 1987. 3) Reiknaður kvarshiti U.n. = undir næmismörkum.



**Mynd 1.** Grunnmynd af röragreiðu. Númer þrýstimæla er sýndur á myndinni.

### Uppsetning búnaðar.

Við leiðsluna frá holunni var tengt rör, sem skiptist í fjórar greinar með 10 mismunandi þrýstingsbilum (sjá myndir 1, 2 og 3). Í hverri stöð var komið fyrir haldara með tveim sýnplötum, nema í stöð 1,1 þar sem haldar voru sjö og því fjórtán sýnplötur við þann þrýsting, sjá töflu 2. Tilraunin átti að standa í a.m.k. sex vikur m.a. til að fá nægilegt magn af útfellingum til heilgreiningar. Sami maður skyldi lesa mæligildin og var það Eyjólfur Vilbergsson, starfsmaður Hitaveitu Suðurnesja. Mæliniðurstöðurnar eru því áræðanlegri en sæmbærileg tilraun, sem var gerð á holu RN-09.

Sami þrýstingur var við inntak greiðunnar og á holutoppi (tafla 2, merkt 0.0 á mynd 1), en síðan var hugsunin að hafa þrýstinginn á greiðu 1 eftirfarandi; 35 bar-y (stöð 1,1), 30 bar-y (stöð 1.2), 25 bar-y (stöð 1.3), 20 bar-y (stöð 1.4), 15 bar-y (stöð 1.5) og 10 bar-y (stöð 1.6). Þrýstingur á stöð 2.1 átti að vera um 40 bar-y, 35 bar-y á stöð 3.1 og 25 bar-y á stöð 4.1. Því miður gekk þetta ekki allveg eftir, en var þó í lagi.

### Niðurstöður

Upphafsprýstingurinn þann 24/9 2002 er sýndur í töflu 2. svo og aflestur af þrýstingsmælunum í október. Til hægðarauka er þrýstingurinn á hverri mælistöð teiknur upp á mótí dagsetningu, myndir 4, 5 og 6. Af þessum myndum má lesa hversu stöðugur þrýstingurinn var á hverju bili. Þannig sýnir mynd 4 að þrýstingurinn við stöð 0.0 var á bilinu 42 – 45 bar-y í um 4 vikur en féll svo svo snögglega niður um 10 bar-y og fór svo lakkandi það sem eftir var. Þrýstingurinn á stöð 1.1 var ekki eins stöðugur eins og sjá má á mynd 5 en svipaður og á stöð 0.0. Aflestur af fyrstu tveim mælingum á stöðum 1.2 – 1.6 var núll, sem líklega stafaði af stíflu í þrýstimælunum og voru þeir hreinsaðir. Ljóst má vera af mynd 5 og úr töflu 2 að þrýstingurinn fer lakkandi á stöðvum frá 1.3 – 1.6 og er kominn í 5 bar-y um miðjan október en stígur svo lítillega eftir það, en það gæti bent til þess að mælarnir væru orðnir slappir. Aflestur af þrýstingsmælum af stöðvum 2, 3 og 4 eru sýndar á mynd 6. Stöð 2 sýnir um 45 bar-y fyrstu vikuna en svo snarlækkar í rúm 30 bar-y en stígur svo í tæp 40 bar-y næstu tvær vikurnar, en lækkar eftir það niður í 30 bar-y. Þar sem mæling er 0 eða eyða er í töflu hefur ekki tekist að lesa af mælum af einhverjum ástæðum. Stöð 3 sýnir hækkun á þrýstin upp í 38 bar-y fram til 10. okt. en lækkar þá niður í 30 bar-y og fer

lækkandi eftir það niður í 15 bar-y. Stöð 4 lækkar nær allan tíman úr 20 í minna en 10 bar-y.

Þann 10/10 kom í ljós að sýnaplöturnar voru brotnar af ásamt haldaranum á stöðvum 1.1, 1.2 og 3.1 (mynd 7). Sýnaplöturnar voru sennilega fastar í lokanum við krítískastútinn og var hann sandblásinn (tekið var fyrir að það væri gert aftur) allavegan við stöð 2. Í kringum 7 –10. okt. var byrjað að mæla með tveim mælum við krítískustútana þar sem þeir stífluðust reglulega. Blenduloka var lokað 28. okt. og lokað var fyrir greiðuna þann 4. nóv. 2002. Þann dag var ákveðið að hreinsa skiljuna en hún var full af útfellingum (VH-2002/11).

Myndir 8 –11 sýna þrýsting við holutopp, krítískanþrýsting, þrýsting við blendu og þrýsting við svo kallaðan Ellaloka. Gögnin eru fengin úr gagna söfnunarbúnaði ROS sem var tengdur við holuna meðan hún blés. Þannig sýnir mynd 11 að blástur hefst kingum 12. september og stendur hann síðan nánast samfelt til 23. október að skiljan er orðin vel full af útfellingum. Mæling á toppþrýstingi (mynd 8) er t.d. í ólagi milli 14. og 30. október, krítískur þrýstingur (mynd 9) er ekki góður þegar líður á prófunina vegna útfellinga í mæliröri og þrýstiskynjari yfir blendu (mynd 10) bilar 23. september. Staða Ellaloka (mynd 11) skráist hins vega með ágætum enda eini skynjarinn sem snertir ekki holuvökvann.

Þó svo að ljóst væri um miðjan nóvember að loka þyrfti holunni og hún sett á blæðingu, fórst það fyrir að láta undirritaða vita til að hún gæti tekið sýnaplöturnar til rannsóknar. Plöturnar voru því ekki fjarlægðar fyrr en 2. desember og var þá augljóst að mjög erfitt yrði að rannsaka þær þar sem mikil oxun hafði átt sér stað, og plöturnar ryðgaðar að meira eða minna leiti. Áður en sýnaplöturnar voru settar í haldarana voru þær þykktamældar og viktaðar. Þykkt hverrar plötu var mjög einsleit,  $2,00 \pm 0,10$  mm (með einni undantekningu) en þyngdin 10,9000 – 10,5000 g. Eftir tilraunina voru plöturnar þykktamældar og reynt var að mæla alltaf á sömu stöðum. Mælingarar á hverr plötu voru 3 – 5 að meðaltali (mælt með Mittutoyo míkrometer). Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 3 og teiknaðar á mynd 12.

Út frá mynd 12 má skipta útfellingunum í þrjá hópa: Hópur 1, hár þrýstingur, þykkt útfellinga rúmur 1 mm, hópur 2, lár þrýstingur, þykkt útfellingar rúmur 2 mm og hópur 3, útfellingar sem falla í hvorugan hópinn. Hár þrýstingur telst vera fyrir ofan 30 bar-y, lár þrýstingur neðan 15 bar-y. Þær stöðvar sem falla í hvorugan hópinn eru 1.6 og 4.4 sem ættu báðar að falla báðar í hóp 2 (lágr þrýstingur, miklar útfellingar). Hugsanlega má skýra útfellingaleyzi á stöð 1.6 að vökvinn sé búin fella út það mikið á plöturnar sem fyrir voru að magn útfellinganna minnkar eðlilega því fjær dregur (vökvinn fer um 22 sýnaplötur áður en komið er í stöð 1.6). Önnur skýring er hugsanleg en það er eðlisþyngd steinda; súlfíð steindir eru þyngi en kísilsteindir og áður hefur verið sýnt að súlfíðin falla fyrr út úr vökvannum úr holu RN-09 (Vigdís Harðardóttir 2002). Þriðja skýringin er auðvita sú, að við það að losa sýnaplöturnar af haldaranum hrundi mis mikið af plötunum, sem einnig gæti skýrt þennan mun. Meginregla var sú að því hærrí sem þrýstingurinn var því harðari og eða fastari voru útfellingarnar á plötunum.

## Smásjárskoðun og XRD - keyrsla

Sýnaplöturnar eru flokkaðar niður eftir þrýstingi á stöðvunum, sjá myndir 4 - 6.

Stöð 0.0, sýnaplötur nr. 1 – 2, þrýstingur > 40 bar-y, mynd 4.

Báðar plöturnar eru svo ryðgaðar að ekki er hægt að greina neitt, nema að útfellingahúðin er þunn.

Stöðvar 1.1 og 1.2, sýnaplötur nr. 5 –16 og 23 –24, þrýstingur > 40 bar-y, mynd 5.

Plötur nr. 3 og 4 brotnuðu af og eru ekki til. Plöturnar, sem eru í þessari stöð eru mis ryðgaðar eftir því hve mikið hefur hrunið af þeim af útfellingum. Plötur nr. 5 og 6 eru kolryðgaðar en það sem hrundi af þeim er sandkennd, dökkgrá og fínkristölluð útfellingarhúð. Sýnaplöturnar sem á eftir komu eru einnig vel ryðgaðar þar sem útfellingarhúðin hefur fallið af þeim. Gyllt súlfíð, sennilega eirkís, sest á plötur nr.5, 6, 7, 8, 9, 10 og 13. Niðurstöður XRD-greininga á plötum nr. 5 og 6 gefa sinkblendi (ZnS, sphalerite) og eirkís (CuFeS<sub>2</sub>, chalcopyrite sjá mynd 13). Sýnaplötur nr 9 og 10 voru einnig greindar í XRD – tæki og voru niðurstöðurnar að sömu steindir féllu út auk þess vottaði fyrir blýglansi (blýsúlfíð, PbS, galena sjá mynd 14). Plöturnar á stöð 1.2 eru þakktar sandkenndum, ljósgráum, grófkristölluðum útfellingum, þar sem súlfíðin eru mjög áberandi á jöðrum platananna.

Stöðvar 1.3 – 1.6, sýnaplötur 25 – 32, þrýstingur < 15 bar-y, mynd 5.

Á þessum plötum er verulegt magn af útfellingum, sem eru greinilega miklu léttari en útfellingarnar á hinum plötunum, sem bendir til að málmurinn (súlfíðin) fellur út í minna mæli en kísillinn eykst. Þetta eru svartar, lagskiptar, mattar, harðar útfellingar og aðeins vottar fyrir örfínnum súlfíðlögum (að  $\mu$ -þykkt) aðallega í fremstu sýnaplötunum. Á plötum nr. 25 og 26 má greina a.m.k. 6 lög af útfellingum. Næst plötu er dökkgrátt, matt lag, þá svart glerjað lag, þá grábrúnt lag, súlfíð lag (að  $\mu$ -þykkt), þá tekur við ljósgrátt lag sem endar í sandkenndu lagi en ofan á því eru örfínar glærar kristalnálar. Í mulningnum sem fallið hefur af plötunum er að finna mikið af þessum glæru nálum. Í næstu stöð, 1.4 (plötur nr. 27, 28) er lagskipting útfellinganna ekki eins áberandi, en áberandi er að kristalnálararnar eru með tvennskonar lit þ.e. gular annars vegar en hvítar hins vegar. Reynt var að greina þetta í XRD-tæki en greinilegt er að nálar þessar eru ekki kristallaðar eins og sjá má á mynd 17. Á sömu mynd er einnig sýnt línurit af rófi svartra lagskiptra útfellingar af sömu sýnaplötum sem sýnir að þetta er að mestu ókristallaður vatnaður kísill (ópall) en einnig er að finna súlfíðin sinkblendi, eirkís og blýglans (ZnS, CuFeS<sub>2</sub>, PbS). Lagskiptingin verður ógreinilegri á næstu stöðum 1.5 og 1.6 og virkar einn svartur glerjaður massi.

Stöðvar 2.2 – 4.2, sýnaplötur 17 – 22 og 33 - 38, mynd 6.

Sýnaplötur nr. 17,18, (stöð 2.1, þrýstingur > 30 bar-y), 19, 20 (stöð 3.1, þrýstingur 30 – 15 bar-y), 21 og 22 (stöð 4.1, þrýstingur 20 – 5 bar-y, tafla 2) brotnuðu af eins og áður sagði. Plötur nr. 33 – 34 (stöð 2.1), eru þakktar þykkri dökkgrárrí blöðrótttri húð af útfellingum með sliktu af gylltum súlfíðum, sem eru áberandi mest á þessum tveim plötum. Útfellingin var keyrð í XRD – tæki og niðurstöðurnar eru eins og áður blýglans (ZnS) og eirkís (CuFeS<sub>2</sub>). Plötur nr. 35, 36, (stöð 3.2), eru nokkuð ryðgaðar þar sem útfellingahúðin hefur fallið af. Í þverskurð af útfellingum af plötum 35 – 38 má sjá að það myndast þunn dökkgrá húð utan um plötuna og þar á eftir falla súlfíðin út.

## Samantekt

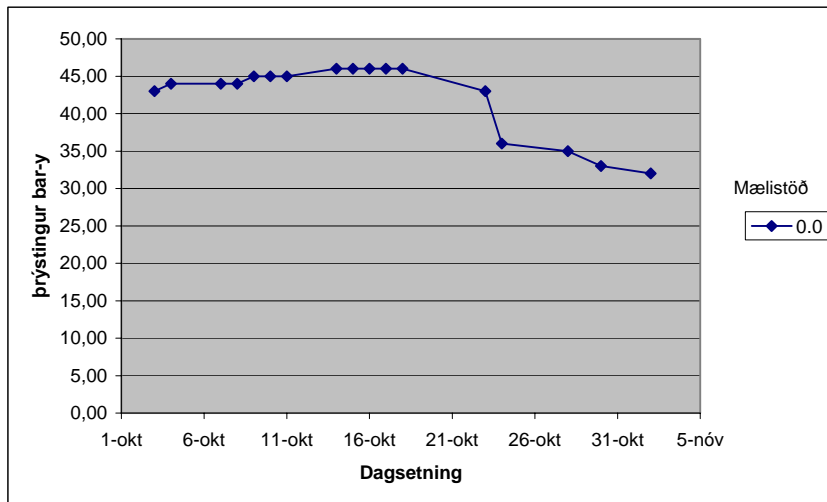
Tilraun sem stóð í um 5 vikur, þar sem athuga skyldi myndun útfellinga við mismunandi þrýsting frá um 40 bar-y niður í 10 bar-y, tókst að mörgu leyti. Aflestur af mælum var gerður af einum manni og var það mjög til bóta, þannig að samræmi var í aflestri. Því miður var ýmislegt til þess að trufla og að lokum stöðva tilraunina áður en til stóð. Gleymdist að láta undirritaða vita um lokun holunnar þannig að sýnaplötturnar stóðu í haldaranum þannig að súrefni og jarðvökvi léku um plöturnar, í a.m.k. 2 vikur og leiddi það til verulegra tæringar, bæði á útfellingum og plötum. En þó að stíflur í þrýstimælum trufluðu tilraunina og þrýstingur í stöðvunum væri ekki eins ströðugur og maður óskaði var þó hægt að skipta sýnaplötunum í tvo aðalhópa út frá þrýstingi, hópi 1 þar sem þrýstingur er hærri en 30 bar-y og hóp 2 þar sem þrýstingur er lægri en 15 bar-y. Við háan þrýsting í hópi 1 eru útfellingarnar að mestu súlfíðin sinkblendi, eirkís og blýglans og þykktin er helmingur af þykkt hóps 2. Í hópi 2 þar sem þrýstingur er neðan 15 bar-y er samsetning útfellingarinnar sennilega að mestu vatnaður kísill en einnig er að finna þunn lög af súlfíðum. Til að skera úr um samsetninguna yrði að senda sýnin til greiningar. Þykkt útfellinganna í þessum hópi er tvöföld á við þykkt þeirri í fyrri hópnum.



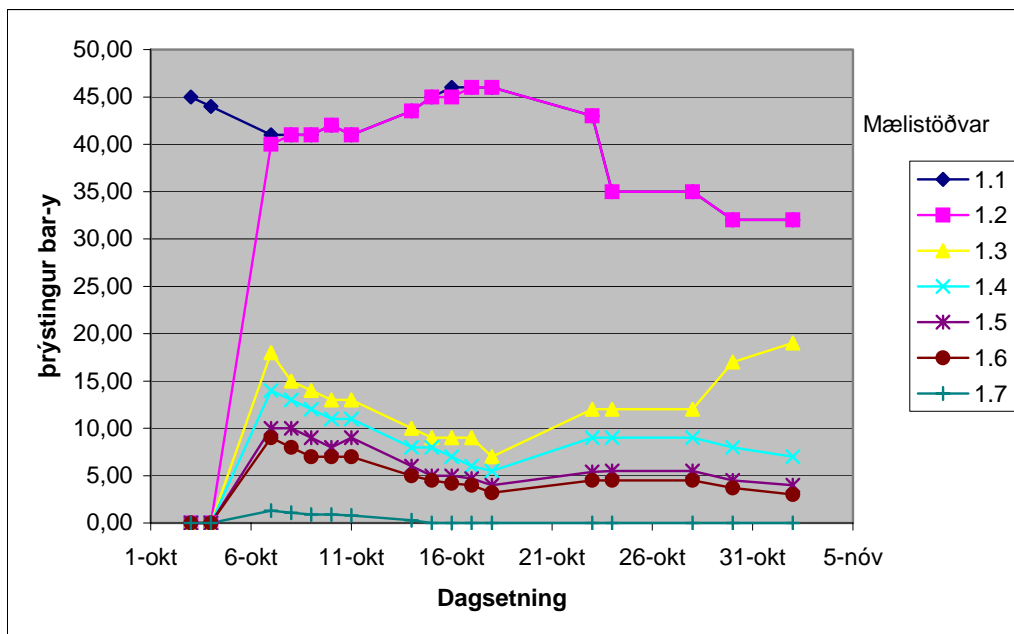
**Mynd 2.** Yfirlitsmynd af tilraunagreiðu frá holu RN-11m til vinstri er aðstaða fyrir kísilútfellingarannsóknir.



**Mynd 3.** Yfirlitsmynd af tilraunagreiðu þar sem sýnd er tenging við holu RN-11.

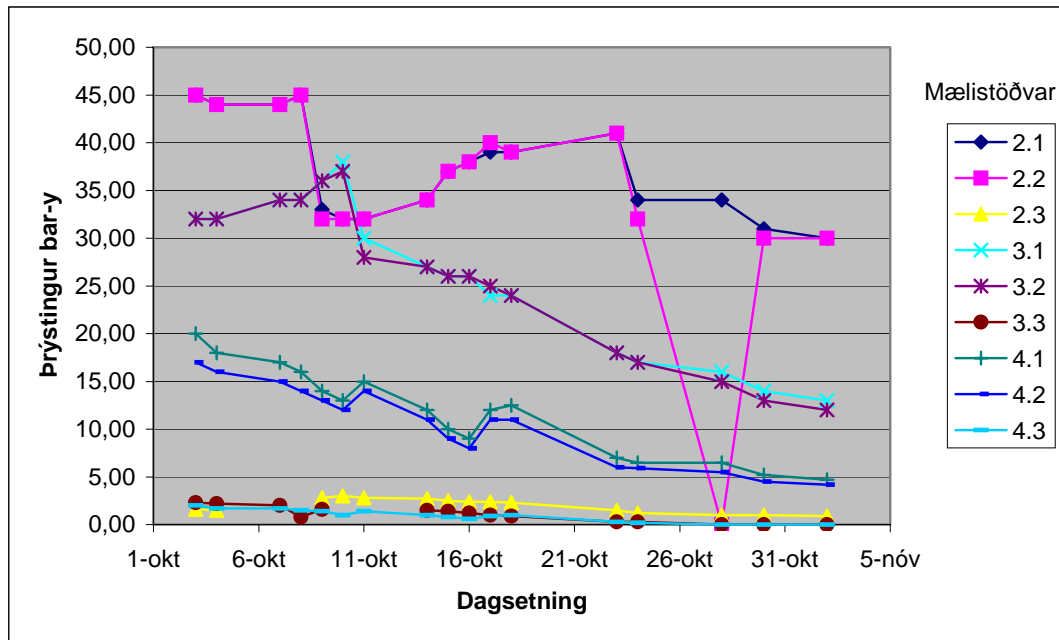


**Mynd 4.** Prýstingur á móti dagsetningu við mælistöð 0.0.



**Mynd 5.** Prýstingur á móti dagsetningu við mælistöðvar 1.1 til 1.6.





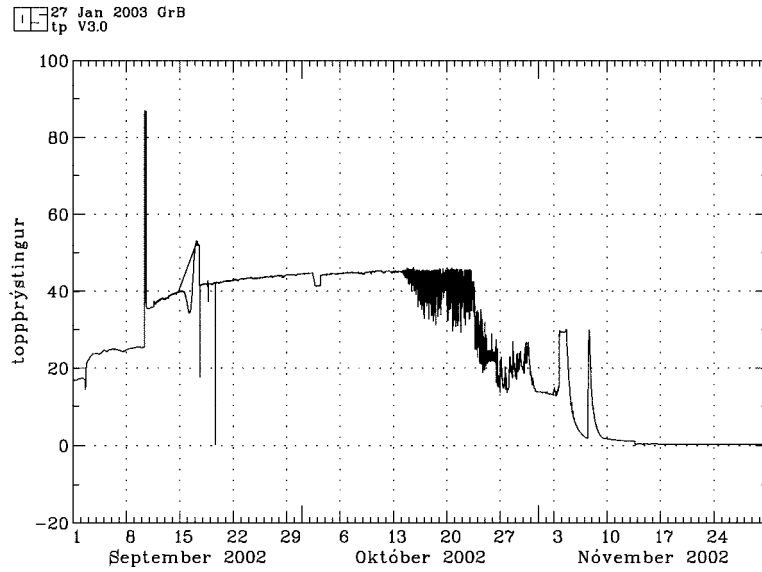
**Mynd 6.** Prýstingur á móti dagsetningu við mælistöðvar 2, 3 og 4.



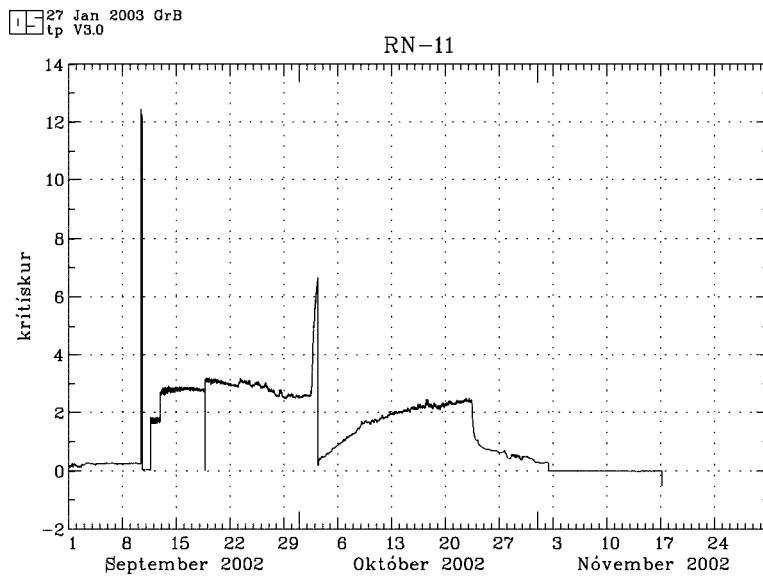
**Mynd 7.** Brotinn sýnaplötuhalldari 10/10 2002 (greiða 1,1), RN-11 Reykjanesi.

**Tafla 2. Samantekin mæligögn af þrýstingsmælum úr útfellingatilraun í holu RN-11. Sýndur er hugsaður upphafsþrýstingur og númer sýniplátna (kúbona).**

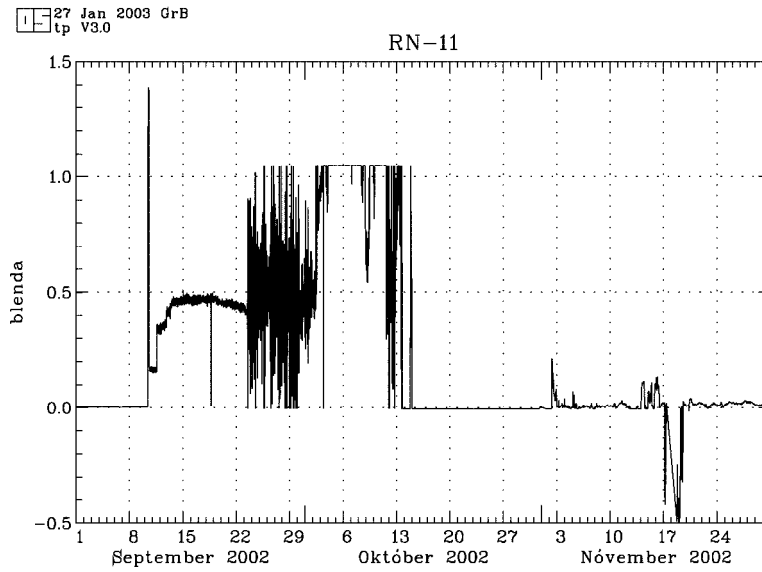
Nr. mælistöður	0.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
Nr.sýnplötur	1-2	3-16	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32		17-18	33-34		19-20	35-36		21-22	37-38	
Upphafs- þrýstingur	mælingar í bar-a																
Dagsetning	42,0	28	25	22	20	16	13	2	34			30			22		
3-okt-02	43,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	45,0	1,6	32,0	32,0	2,3	20,0	17,0	2,0
4-okt-02	44,0	44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0	44,0	1,5	32,0	32,0	2,2	18,0	16,0	1,7
7-okt-02	44,0	41,0	40,0	18,0	14,0	10,0	9,0	1,3	44,0	44,0		34,0	34,0	2,0	17,0	15,0	1,7
8-okt-02	44,0	41,0	41,0	15,0	13,0	10,0	8,0	1,1	45,0	45,0		34,0	34,0	0,8	16,0	14,0	1,5
9-okt-02	45,0	41,0	41,0	14,0	12,0	9,0	7,0	0,9	33,0	32,0	2,8	36,0	36,0	1,6	14,0	13,0	1,4
10-okt-02	45,0	42,0	42,0	13,0	11,0	8,0	7,0	0,9	32,0	32,0	3,0	38,0	37,0	0,?	13,0	12,0	1,0
11-okt-02	45,0	41,0	41,0	13,0	11,0	9,0	7,0	0,8	32,0	32,0	2,8	30,0	28,0	0,?	15,0	14,0	1,4
14-okt-02	46,0	43,5	43,5	10,0	8,0	6,0	5,0	0,3	34,0	34,0	2,7	27,0	27,0	1,5	12,0	11,0	1,0
15-okt-02	46,0	45,0	45,0	9,0	8,0	5,0	4,5	0,0	37,0	37,0	2,5	26,0	26,0	1,4	10,0	9,0	0,8
16-okt-02	46,0	46,0	45,0	9,0	7,0	5,0	4,2	0,0	38,0	38,0	2,4	26,0	26,0	1,2	9,0	8,0	0,6
17-okt-02	46,0	46,0	46,0	9,0	6,0	4,7	4,0	0,0	39,0	40,0	2,4	24,0	25,0	1,0	12,0	11,0	0,9
18-okt-02	46,0	46,0	46,0	7,0	5,5	4,0	3,2	0,0	39,0	39,0	2,3	24,0	24,0	0,9	12,5	11,0	1,0
23-okt-02	43,0	43,0	43,0	12,0	9,0	5,4	4,5	0,0	41,0	41,0	1,5	18,0	18,0	0,3	7,0	6,0	0,3
24-okt-02	36,0	35,0	35,0	12,0	9,0	5,5	4,5	0,0	34,0	32,0	1,2	17,0	17,0	0,3	6,5	5,9	0,2
28-okt-02	35,0	35,0	35,0	12,0	9,0	5,5	4,5	0,0	34,0	0,0	1,0	16,0	15,0	0,0	6,5	5,5	0,0
30-okt-02	33,0	32,0	32,0	17,0	8,0	4,5	3,7	0,0	31,0	30,0	1,0	14,0	13,0	0,0	5,2	4,5	0,0
2-nov-02	32,0	32,0	32,0	19,0	7,0	4,0	3,0	0,0	30,0	30,0	0,9	13,0	12,0	0,0	4,7	4,2	0,0



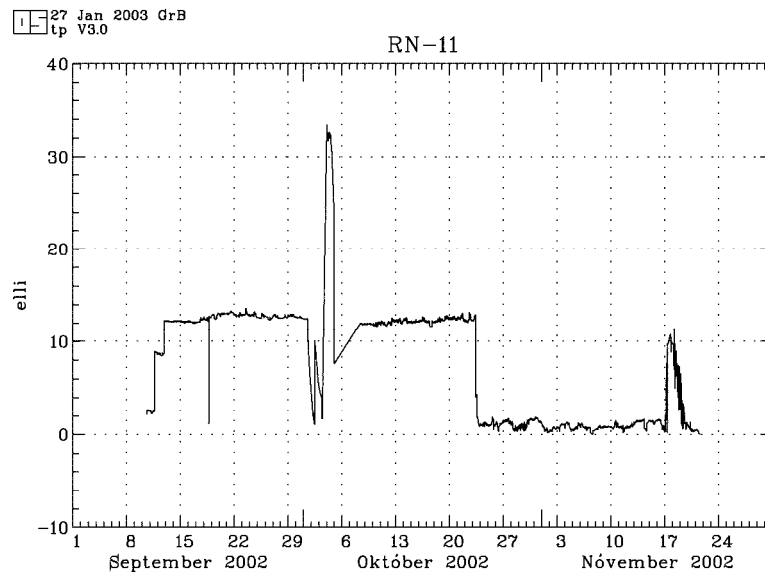
**Mynd 8.** Holutopprýstingur, RN-11, september til desember 2002.



**Mynd 9.** Krítískur prýstingur, í holu RN-11 í september til desember 2002.



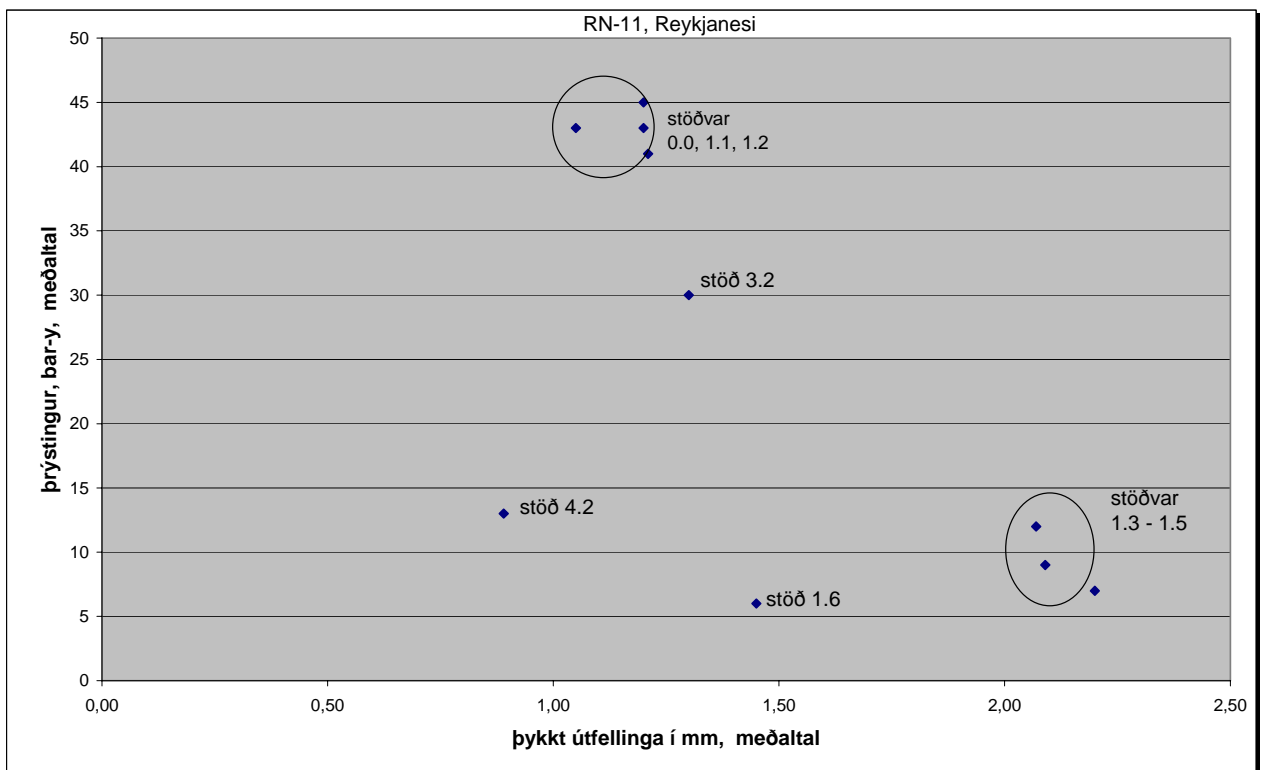
**Mynd 10.** *Prýstingur við blendu, hola RN-11 frá september til desember 2002.*



**Mynd 11.** *Oppnun á Ellaloka, hola RN-11, september til desember 2002.*

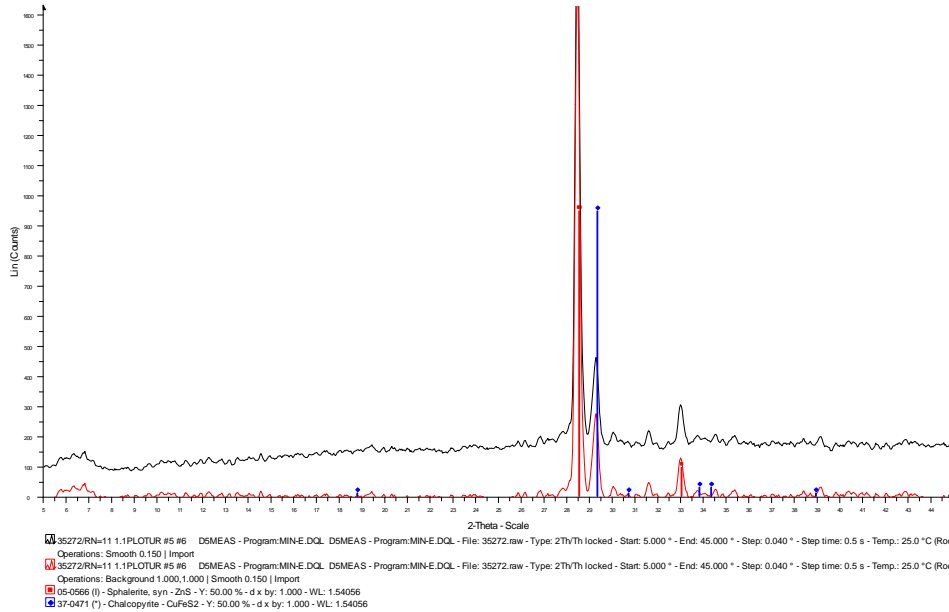
**Tafla 3.** Meðaltalsþyngd útfellinga á sýnablötum 1–38 (sjá töflu 2) við hverja mælistöð. Þrýstingur á hverri stöð er meðaltal yfir október 2002.

þyngd (mm)	þrýstingur (bar-y)	Stöð
1,20	45	0.0
1,05	43	1.1
1,20	43	1.2
2,07	12	1.3
2,09	9	1.4
2,2	7	1.5
1,45	6	1.6
1,21	41	2.2
1,30	30	3.2
0,89	13	4.2



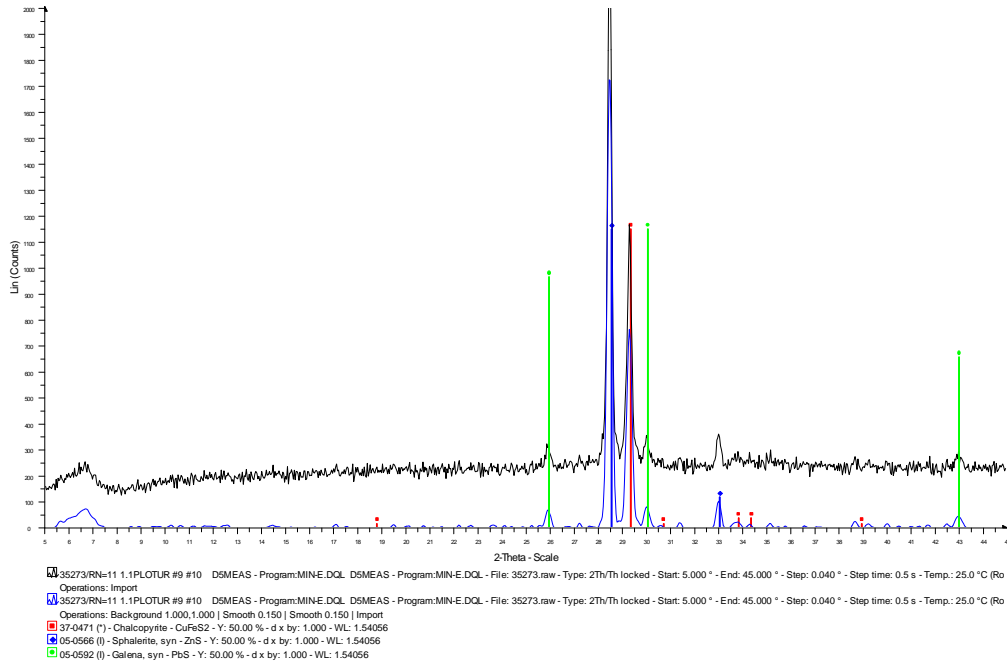
**Mynd 12.** Meðaltals þykkt útfellinga á sýnablötum eftir tilraunina í október á móti þrýstingi (meðaltal á hverri stöð).

### 35272/RN=11 1.1PLÖTUR nr. #5 #6



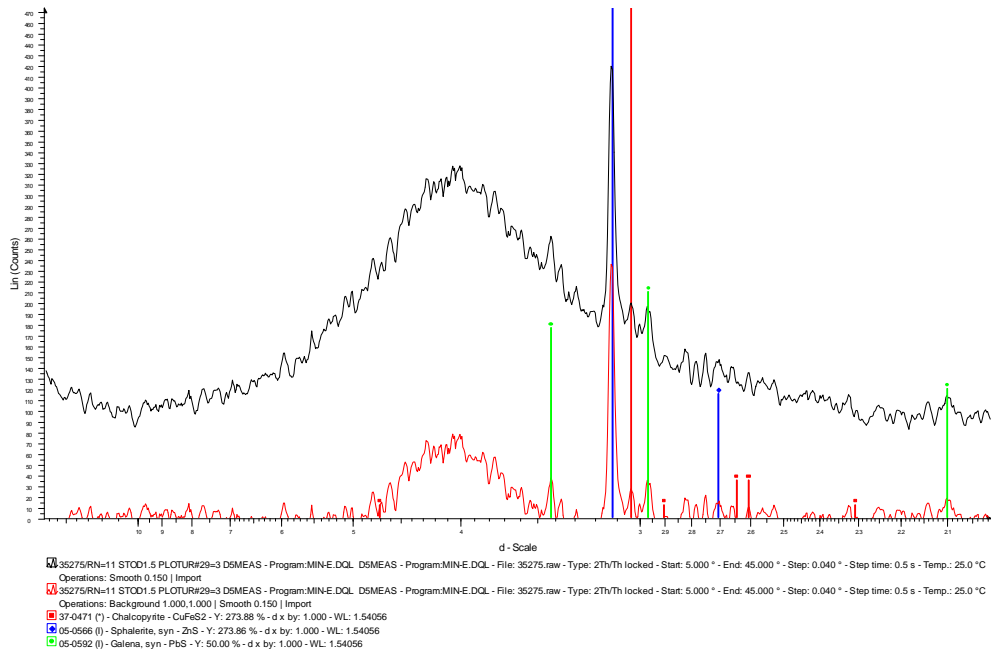
**Mynd 13.** Línurit af XRD – greiningu af plötum nr. 5 og 6, stöð 1.1. Súlfíð; sinkblendi og eirkís.

### 35273/RN - 11 stöð nr. 1.1 PLÖTUR nr. #9 #10



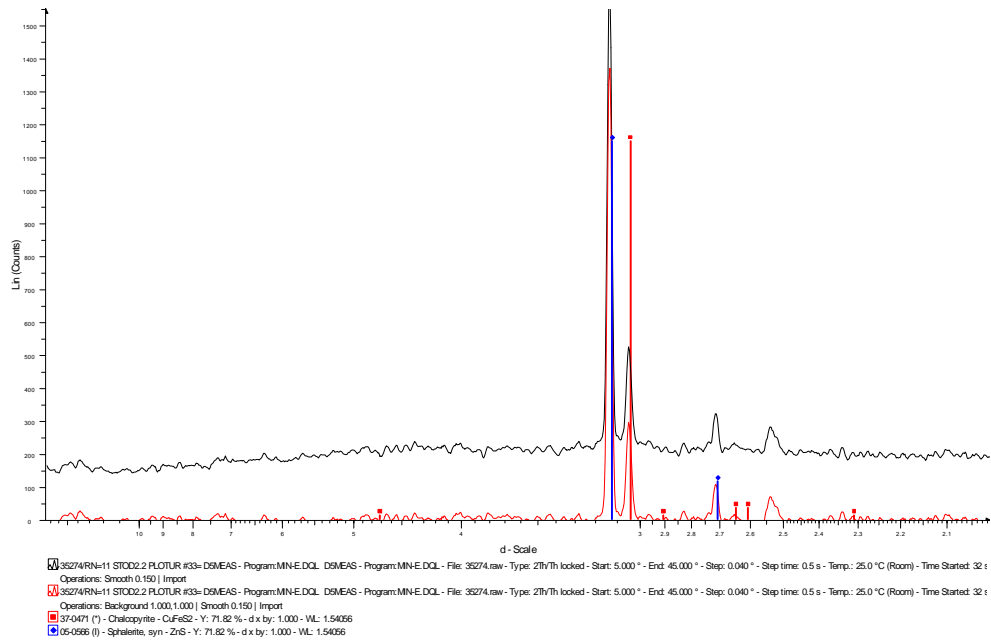
**Mynd 14.** Línurit af XRD – greiningu af plötum nr. 9 og 10, stöð 1.1. Súlfíð; sinkblendi, eirkís og blýglans.

### 35275/RN - 11 stöð nr. 1.5 PLÖTUR nr. #29 #30



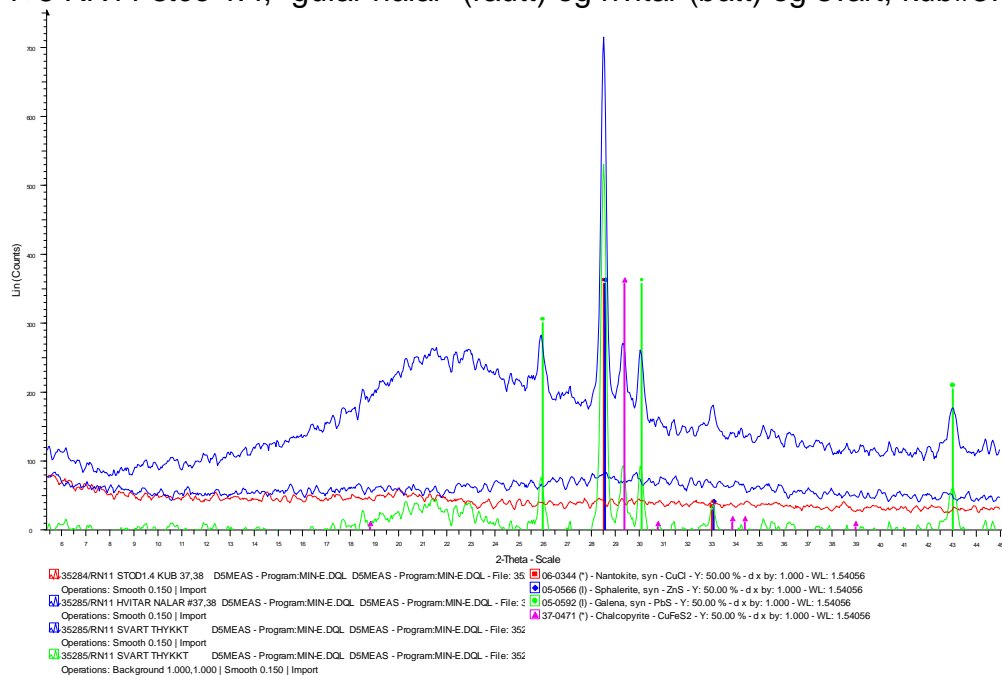
**Mynd 15.** Línurit af XRD – greiningu af plötum nr. 29 og 30, stöð 1.5. Súlfíð; sinkblendi, eirkís, blýglans og ópall (ókrystallaður kísill).

### 35274/RN - 11 stöð nr. 2.2 PLÖTUR nr. #33 #34



**Mynd 16.** Línurit af XRD – greiningu af plötum nr. 33 og 34, stöð 1.2. Súlfíð; sinkblendi og eirkís.

1+5 RN11 stöð 1.4, gular nálar (rautt) og hvítar (bátt) og svart, kúb#37.



**Mynd 17.** Línurit af XRD – greiningu af útfellingum af plötum nr. 27 og 28, stöð 1.4. Ópall og súlfíðin sinkblendi, eirkís og blýglans.

## Heimildir

Vigdís Harðardóttir 2002: Útfellingar í holu 9 Reykjanesi. OS-2002/011, 47 bls.

Vigdís Harðardóttir 2002: Staða rannsókna í árslok 2002, á útfellingum og tilraunum við holur RN-09 og RN-11, Reykjanesi. Greinargerð VH-2002/10, 11 bls.

Vigdís Harðardóttir 2002: Útfellingar teknar 4. nóvember 2002, í leiðslum frá holu 11 Reykjanesi. Greinargerð VH-002/11

Ólafsson J. and Riley J. P. 1978: Geochemical studies on the thermal brine from Reykjanes (Iceland). *Chem. Geol.*, **21**, 219-237.

Vigdís Harðardóttir  
jarðefnafræðingur  
Orkustofnun  
Grensásvegi 9  
108 Reykjavík  
s. 5696000  
e-mail [vh@os.is](mailto:vh@os.is)