

Athugun á "útfellingum" í holu 8 á  
Reykjanesi

Hrefna Kristmannsdóttir

Greinargerð HK-79/01

Athugun á "útfellingum" í holu 8 á Reykjanesi.

Við hreinsun jarðborsins Dofra á holu 8 á Reykjanesi voru tekin nokkur sýni af efni sem sat innan í fóðurrörinu. Alls voru tekin fimm sýni.

Sýni merkt 1 og 2 eru innan úr stöng, sem stíflaðist við niðursetningu og eru af efni ofan 440 m.

Sýni 3 er af hristisigti.

Sýni 4 og 5 eru innan úr stöngum á 750 m dýpi.

Greiningar á sýnum.

Sýnin voru fyrst athuguð í bergsmásjá, <sup>mulin</sup> í fínt duft. Síðan voru gerðar röntgengreiningar af óstefnubundnum sýnum. Mælt var heildarkísilinnihald sýnanna. Einnig var athugað innrauða litrófið. Gerðar voru fægðar þunnsneiðar af sýnunum, sem voru athugaðar í bergsmásjá og greindar í örgreini. Loks voru gerðar röntgengreiningar af stefnubundnum sýnum, bæði ómeðhöndluðum, glycolmettuðum og hituðum við 550°C.

Útlit sýna (skoðun dufts í bergsmásjá).

Sýni 1: Brúngráleitur massi, aðeins pleokroiskur og tvíbrjótandi.

Sýni 2: Mest af sýninu er dökkt, ógegnsætt, en einnig er gráleitur massi eins og í sýni 1.

Sýni 3: Aðallega ummyndað basaltgler.

Sýni 4: Mest er af dökkum ógegnsæjum massa, en einnig brúnleitur massi, sem er pleokroiskur og tvíbrjótandi.

79-01-01

Sýni 5: Svipað og sýni 4 en einnig sjást stök korn af kalsíti.

### Röntgengreining

Í upptökum af sýnum, þar sem kornin voru óstefnubundin komu fram toppar í línuritun, sem túlkaðir voru sem blanda af mismunandi gerðum járnsúlfíða. Toppur, sem bentu til að vottur af leirsteindum (13-14Å) væru í sýnunum komu fram í sýnum 4 og 5. Í sýnum 1, 2 og 3 voru lágir "haugar" við u.þ.b. 9Å.

Í sýnum þar sem kornin voru stefnubundin, þ.e. kornin voru látin setjast til á glerplötu í vatnsupplausn, komu fram breiðir lágir toppar við 13,3-14Å í sýnum 4 og 5. Í öllum sýnum komu fram toppar við 9,6-9,7 Å eftir hitun við 550°C, líka þar sem enginn toppur kom fram í ómeðhöndlun. Við glycolmeðhöndlun þandist strúktúrinn út, en mislítið eftir sýnum.

Túlkun röntgengreininga er að í sýnunum séu illa kristallaðar leirsteindir af smektítgerð og blandlagsstrúktúrar af smektíti og illíti *þar sem járnsúlfíða*.

### Innrauðar litrófsgreiningar.

Athugað var innrauða litrófið í plötum sem pressaðar voru úr sýnunum blönduðu glæddu kalíumbromíði í hlutfallinu 1:100.

Línuritun af litrófinu voru mjög óskýr og lítið hægt að lesa úr þeim.

Á bilinu 3000-4000  $\text{cm}^{-1}$  voru lágir breiðir haugar í öllum sýnum nema ljósa glerinu úr sýni 3. Þar komu fram allvel afmörkuð  $\text{OH}^-$  beygju- og teygjuabsorbsjonsbönd. Í hinum sýnunum virðist aðeins vera um óreglulega bundið vatn að ræða í sýnunum, sennilega absorberaðan raka. Svipaðir haugar koma oft fram í litrófi steinda sem ekki geta geymt

neitt vatn í kristalgrindinni t.d. kvarsi, vollastoníti og kalsíti. Á bilinu 400-900  $\text{cm}^{-1}$  sést lítið annað en absorbsjonshaugar vegna Si-O bindingu<sup>ar</sup>. Einu ályktanir sem unnt er að draga af þessum greiningum er að sýnið sé úr hálf- eða ókristölluðum kísli eða silikati.

### Efnagreiningar.

#### 1. Efnagreining á kísli í heildarsýnum.

Halldór Ármannsson mældi kísil í sýnunum. Sýnið var brætt í ofni með natriúm-hydroxyði og bræðslukakan leyst upp í saltsýru.

Síðan var kísill mældur í lausninni með spektrófótometer.

#### Niðurstöður:

Sýni:	SiO <sub>2</sub> % (þunga)
Rey 1:	41,0
Rey 4:	29,6
Rey 5:	33,4

#### 2. Örgreiningar á einstökum kornum.

Greind voru korn af ljósa massanum í sýnum 1, 4 og 5. Sýnin slípuðust illa og var því erfitt að ná sæmilegum punktagreiningum, sérstaklega í sýni nr. 4.

Í töflu 1 eru sýndar skástu efnagreiningarnar. Kísill, járn og magníum eru helstu efnin í massanum. Mangan er næst að magni til í sýni 1 en ál í sýnum 4 og 5. Magn kalsíums, natriúms og kalís er lágt í sýni 1, en herra í sýnum 4 og 5. Kalsíum er í áberandi hæstu magni í sýni 4. Í sýni 5 er kalímagn 3-4 sinnum herra en í sýnum 1 og 4. Í greiningum, þar sem summa er léleg eru innbyrðis hlutföll kísils, járn og magníums oftast innan sömu marka og í skárri greiningunum.

Skannað var yfir nokkur korn til að sjá dreifingu einstakra efna í sýnunum. Á myndum 1 og 2 eru sýnd línurit af dreifingu magníums, járns og kísils eftir línunum í kornum úr sýnum 1 og 5. Stærstu frávikin eru vegna ójafna í yfirborði kornanna og falla saman fyrir öll efnin. Dreifing efnanna virðist vera mjög jöfn í kornunum.

Í töflunni eru einnig sýndar útreiknaðar steindaformúlur fyrir hverja greiningu. Við útreikning steindaformúlu var miðað við  $24(0,0H)$  í formúlueiningu, sem er sá fjöldi  $(0,0H)$  atoma sem eru í formúlueiningu smektítstrúktúrs. Eins og fram kom í kaflanum um röntgengreiningar bentu þær til að leirsteindir með smektítstrúktúr væru í massanum. Almagn í sýnum 4 og 5 er svipað og þekkist lægst í smektíti og svo lágt magn og greindist í sýni 1 er óþekkt í smektíti. Hlutfallslegt magn járns og magníums er svipað og í járnríku saponíti.

Fjöldi kísilatóma (og álatóma) í formúlueiningu smektítstrúktúrs getur ekki verið meiri en átta. Í útreiknuðu steindaformúlunum í töflu eru 8,5-9,2 kísilatóm í formúlueiningu.

Útreiknuðu steindaformúlurnar eiga því ekki nógu vel við smektítstrúktúr.

Massinn, sem greindur var er mjög illa kristallaður.

Í honum gæti verið gelkenndur kísill, ásamt leirsteindum. Þó bendir fremur jöfn dreifing efnanna í kornunum til að kísillinn sé allur bundinn í efnasamband við hin efnin.

Efnagreiningar á smektíti í bergi frá jarðhitasvæðum héraendis hafa oft gefið óeðlilega hátt kísilmagn miðað við smektítstrúktúrinn.



### Niðurstöður greininga.

Sýni 3 er örugglega að mestu úr bergbrotum. Í hinum sýnunum er hálfkristallaður silikatmassi og ógegnsett efni, sem er líklega mest járnsúlfíð. Silikatmassinn er 60-80% af sýnunum. Hann er að mestu úr kísli, járni og magníum og virðist vera úr illa kristölluðu smektíti.

### Uppruni útfellinganna.

Sú niðurstaða að sýnin séu að verulegu leyti illa kristallað smektít vekur strax þá spurningu hvort efnið geti verið bergbrot.

Útlit sýnanna og röntgengreiningar bentu ekki til að svæ væri.

Greiningar á hreinum leirsteindum frá Reykjanesi eru ekki til, þar sem ekki er unnt að skilja þær frá með mekaniskum aðferðum og ekki var um örgreiningar að ræða á þeim tíma, sem þær voru rannsakaðar. Efnagreiningar á ummynduðu bergi og leirsteindabrotkornastærð þess eru hins vegar til.

Efnasamsetning massans úr rörunum er um margt ólík efnasamsetningu ummyndaðs glers frá Reykjanesi. Títanoxíðinnihald er mun hærra (81%) í ummynduðu gleri, bæði í heildarsýnum og leirkornastærð. Áloxyðinnihald er 10-16% í því og kísiloxýð er alltaf undir 50%. Innihald af kalsíum og natríum er mun hærra í ummyndaða glerinu en í þessum sýnum, en kalíinnihald hins vegar svipað og í sýnum 1 og 4 og verulega lægra en í sýni 5. Mangannihald í ummyndaða glerinu er mun lægra en í sýnunum úr rörunum og er venjulega um 0,2%.

Ekki er auðvelt að hugsa sér með hvaða móti silikatmassi með þeirri samsetningu, sem "útfellingar" hafa, gæti hafa skilist frá ummynduðu móbergi og sest að innan í rörum í holu 8.

Af framansögðu er því ályktað að um útfellingar sé að ræða. Verið er að afla upplýsinga um þau járngildi og álgildi, sem mæld hafa verið í borholuvökva í holu 8 á Reykjanesi. Einhverjar upplýsingar eru einnig til um manganmagn. Nú er langt komið að ganga frá forriti þar sem unnt er að reikna járn magn inn í samsetningu djúpvatns. Verður það gert á næstunni fyrir vatn úr holu 8 frá Reykjanesi. Þá verður reynt að gera sér grein fyrir hvort útfellingar af þessari gerð gætu hafa fallið út úr vökvanum.

TAFLA I

Sýni %	Rey-1				Rey-4	Rey-5		
	SiO <sub>2</sub>	57,02	55,50	66,60		59,45	50,57	54,30
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,67	1,12	0,71	1,08	3,96	4,07	3,12	3,98
FeO	9,71	11,57	8,95	10,92	17,29	18,33	15,97	17,66
MnO	1,61	1,41	2,03	1,25	0,40	0,38	0,57	0,30
MgO	15,96	18,35	19,65	17,91	12,58	12,30	8,88	13,57
CaO	0,20	0,25	0,33	0,31	1,30	0,54	0,75	0,69
Na <sub>2</sub> O	0,20	0,27	0,14	0,13	0,07	0,47	0,34	0,45
K <sub>2</sub> O	0,20	0,18	0,25	0,23	0,32	0,91	0,66	0,92
Summa	85,57	88,65	98,66	91,28	86,49	91,32	71,46	92,34

## STEINDAFORMÚLA MIÐAÐ VIÐ 24 (0,OH)

Si	9,184	8,775	9,207	9,014	8,466	8,608	8,479	8,555
Al	0,126	0,209	0,116	0,193	0,783	0,760	0,758	0,735
Fe	1,307	1,522	1,035	1,385	2,420	2,430	2,754	2,310
Mn	0,220	0,189	0,238	0,160	0,056	0,051	0,100	0,040
Mg	3,830	4,323	4,048	4,046	3,138	2,906	2,728	3,163
Ca	0,035	0,043	0,049	0,050	0,233	0,091	0,166	0,116
Na	0,062	0,082	0,037	0,033	0,022	0,141	0,136	0,135
K	0,041	0,036	0,045	0,044	0,068	0,185	0,173	0,184



Ferlarnir á mynd 3 sýna að jarðsjórinn mettast við suðu með tilliti til járn- og magnesíumsilikata. Útfellingin í holunni er járn-magnesíum-lagsilikat með smektítstrúktúr, sem þýðir að silikatlageiningarnar eru hlaðnar og bundnar saman með katjónum og vatnslög eru á milli þeirra. Þó sýndi upptaka af innrauða litrófinu að þessi millilög eru mjög illa þróuð og steindin var hálfamorf fyrir röntgengeislum.

Kristalröðun gæti hafa orðið í útfellingunni eftir að járn- og magnesíum-kísilgrúppur féllu út. Efnavarmafræðileg gögn fyrir steind af þeirri gerð, sem í útfellingunni er, er ekki til. Til að fá einhverja hugmynd um hvort steind af slíkri gerð gæti fallið beint út úr vökvanum var reiknaður út jafnvægisferill fyrir hana með nálgunaraðferðum. Efnavarmafræðilegar stærðir voru reiknaðar út frá strúktúreiningum í silikatinu  $Mg_4 Fe_2 Si_8 O_{20} (OH)_4$ , sem liggur nálægt samsetningu útfellinganna. Útreiknaði ferillinn er sýndur á mynd 4 sem brotin lína. Til samanburðar var reiknaður út ferill sem sýnir tilsvareandi virknimargfeldi í djúpvatni úr holu 8 á Reykjanesi og breytingar á því við suðu niður í  $100^\circ C$  (heil lína á mynd 4). Við samanburð á ferlinum sést að djúpvatnið er undir- mettað með tilliti til steindarinnar, en við suðu verður yfirmettun við u.þ.b.  $200^\circ C$  og síðan liggja ferlarnir nær saman við  $100^\circ C$ . Samkvæmt þessum ferlum ætti steindin að geta fallið út í holunni við suðu við  $100-200^\circ C$ . Ferlarnir liggja reyndar nálægt hvor öðrum á öllu bilinu  $100-300^\circ C$  og ætti vatnið því að vera nálægt mettunarmörkum fyrir steindina.

Þess ber að gæta að við útreikning jafnvægisferilsins voru notuð nálgunargildi og erfitt er að leggja mat á óvissu varðandi þá nálgun. Helgeson (1969) segir að óvissa við nálgunarreikning út frá stærðum fyrir þau oxyð sem mynda steindina sé innan við 10% hvað varðar entropi~~u~~ og "a close approximation" fáist við nálgunarreikning á entalpíu og varmarýmd (heat capacity). Við þessa útreikninga voru ekki notuð oxyð heldur silikat-strúktúreiningar, sem eiga að gefa heldur betri nálgun, en ef gengið er út frá oxyðum.