

**Skottdæluþrófun holu 5 í Gerði í Dalabyggð
sumarið 2002**

**Grímur Björnsson
Einar Magnús Einarsson
Stefán Gíslason**

Greinargerð GrB-EME-StGí-2003/01

Skottdæluprófun holu 5 í Gerði í Dalabyggð sumarið 2002.

Inngangur

Eftirfarandi greinargerð lýsir vinnsluprófunum sem voru gerðar á holu 5 í Gerði í Dalabyggð í ágúst og september 2002. Prófanirnar eru samvinnuverkefni Rannsóknasviðs Orkustofnunar (ROS) og Stefáns Gíslasonar, holueiganda í Gerði. Verkefnið nýtur styrks átaks Orkusjóðs um jarðhitaleit á köldum svæðum. Ætlunin með þessu verkefni er að kanna orkubúskap slakrar borholu sem vinnur mestan hluta orku sinnar með varmaleiðni úr holuveggjum, öfugt við það sem almennt gerist þegar mestur hluti varmaorkunnar berst með streymi heits vatns úr æðum inn í holu.

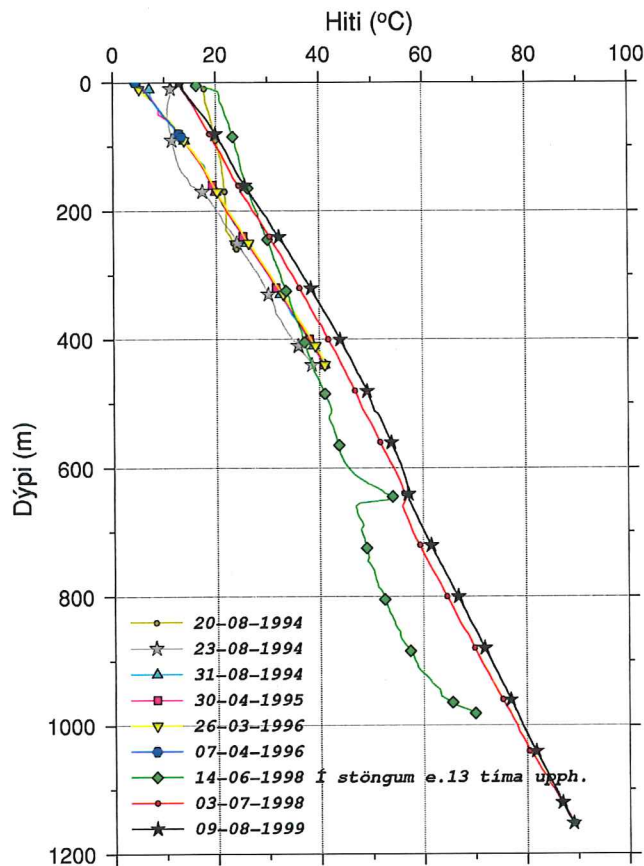
Segja má að aðstæður til slíkrar prófunar séu óvenju hagstæðar í Gerði. Í 1100 m djúpri borholu þar, holu SG-05, finnst jarðhiti en lekt jarðlaga er hins vegar lítil. Var því tekið til þess bragðs að nýta borholuna sem nokkurs konar varmaskipti. Hefðbundin djúpdæla með mótörinn niðri (Grundfoss) knýr vatnshringrásina. Það sem er hins vegar óvenjulegt í Gerði er að skott úr snjóbræðsluplasti hangir niður úr dælunni og allt til holubotsins. Vatnið sem dælt er úr holunni er notað til upphitunar í lokaðri hringrás vatns á ofnum íbúðarhúsnæðis auk þess sem lítilræði fer til annar neyslu. Eftir að notkun vatnsins sleppir í íbúðarhúsinu, fer það svolítið kælt aftur ofan í holuna. Þarf það síðan að renna alla leið í botn áður en það fer á nýjan leik inn um skott holudælnnar. Er holuvatnið þannig nýtt hring eftir hring en veggir holunnar látnir sjá um að hita vatnið sem niður fer. Örlítið sjálfrennsli, u.þ.b. 3-4 mínútulítrar, eru úr smáæð á 650 m dýpi. Þessi æð skilar vissulega orku til holurennslisins, en ekki er síður mikilvægt að hafa hana til að bæta upp töp sem verða þegar vatni úr holunni er "hent" við krananotkun heima í bæ.

Verkefnið var unnið í tveimur áföngum. Í þeim fyrri voru athuguð áhrif þess að skila misstórum hluta þess vatns sem upp kom á ný ofan í holuna. Er niðurstöðum lýst í greinargerðinni: *Vinnsluprófanir á holu SG-05 í Gerði í Dalabyggð dagana 18. til 21. júní 2002* (Orkustofnun greinargerð EME/GrB/StGí-02/01). Í þessari greinargerð verður hins vegar einkum skoðaður ávinningur þess að draga úr rafmagnsnotkun með hraðastýringu á djúpdælunni. Í niðurstöðukafla eru síðan dregnar fram helstu niðurstöður allra prófananna og almenn ráð gefin um hönnun og rekstur skottdælna svipuðum þeirri sem er í Gerði. Nánari lýsingu á tilhöggun þessa verkefnis er að finna í umsókn sem var send Orkusjóði, dags 2. ágúst 2000, og er hún sýnd í viðauka A í ofanefndri greinargerð.

Ágrip af sögu holu SG-5

Hola SG-5 er upphaflega boruð í 440 m dýpi í ágúst 1994 af jarðbornum Ými. Fóðrað var í 24 m með u.þ.b. 14" víðri fóðringu. Holan er dýpkuð af Aza í 1163 m í maí og júní 1998. Líklega var borað með 7 7/8" krónu í bæði skiptin. Íslandsmet féll því hægt var að bora með lofthamri niður fyrir 700 m. Mynd 1 sýnir hitamælingar úr holunni. Hola 5 sjálfrennur um 3-4 mínútulítrum. Æð á u.þ.b. 650 m dýpi, sem er 55 °C heit, stendur fyrir því. Holan er virkjuð upphaflega með Grundfoss dælu sem fór á 100 m dýpi. Skilaði hún þá rúmlega 0,2 l/s af tæplega 20 °C heitu vatni auk þess sem vatnborðið fór niður undir dæluenda.

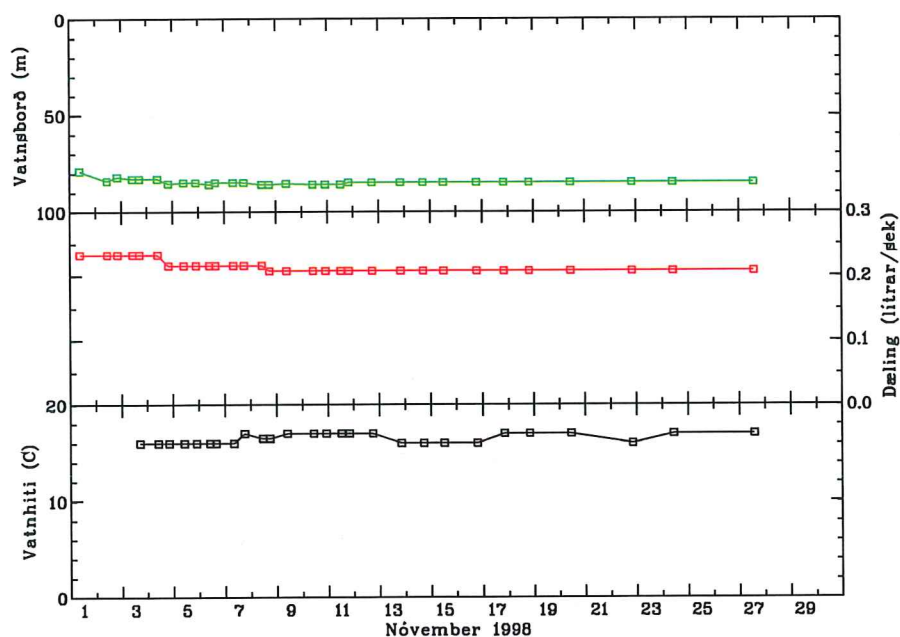
Í kjölfarið kviknar áhugi á að setja skott við dæluna og var holan því endurvirkjuð sumarið 2000. Að þessu sinni er dælan á 200 m dýpi en skottið fór í rúma 1100 m. Úlfar Harðarson á Flúðum var hönnuður. Aftur er dælt og kom þá bylting í ljós því holuhitinn fór nú auðveldlega yfir 40 °C og varð reyndar hæstur rúmar 50 °C í stað 20 °C áður. Einnig kom í ljós að mestur hiti náðist við að senda dæluvatnið á nýjan leik niður holuna. Dæling hefur síðan verið í gangi að sumarlagi, að mestu áfallalaus en þó ekki alveg. Þannig stoppaði dælan (skottlaus) snemma í sögu sinni og virtist um að kenna sandkenndri útfellingu í dæluhljólu. Eins hefur skottið stíflast einu sinni. Kunna hér að vera tvö öfl að verki. Annars vegar að "kalt" vatn komi úr æðum mjög grunnt í holunni þegar vatnsborð er dregið niður, sem síðan blandist við 55 °C vatnið úr 650 m æðinni. Slíkt kallar á útfellingar. Hins vegar getur volgt grunnvatn sem hitnar, fellt út kalk og það síðan stíflað skottið (sjá viðauka B).



Mynd 1: Hitamælingar í holu SG-5.

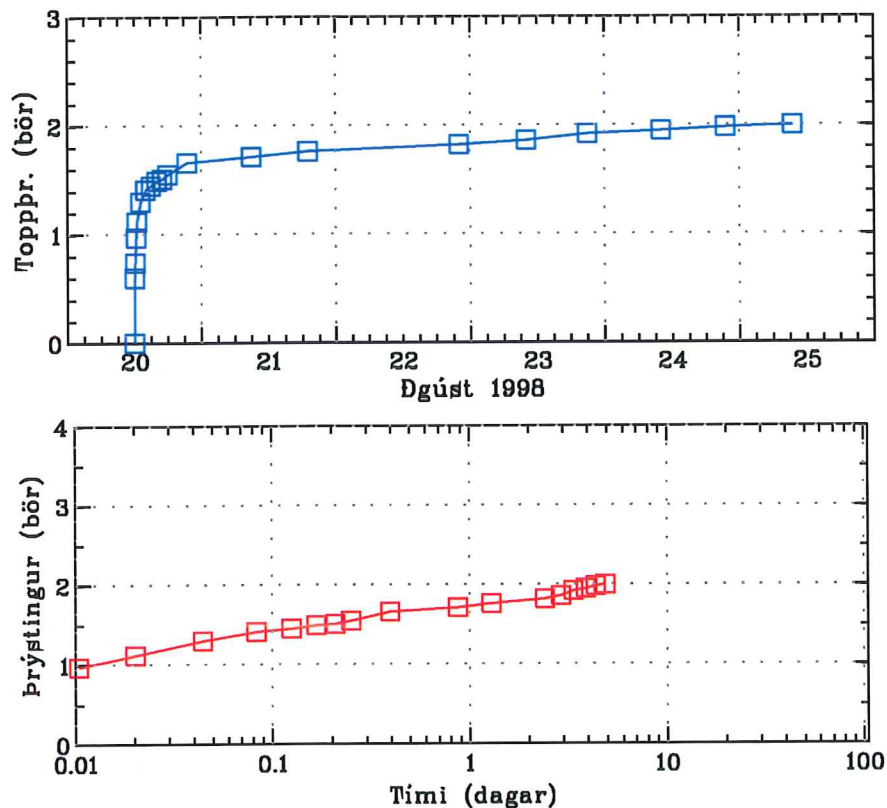
Mjög treg lekt er við holu 5 og skýrir það hví hægt var að bora svo djúpt með lofthamri sem raun bar vitni. Til eru gögn frá dæluþrófun holunnar haustið 1998 og eru þau sýnd á mynd 2. Holunni var einnig lokað eftir að hafa verið í sjálfrennsli um tíma og settur á hana þrýstímælir. Var síðan skráð með tímanum hvernig þrýstingurinn hækkaði. Mynd 3 sýnir niðurstöðuna í línulegum og log-tíma.

6 Feb 2003 drB
tp v3.0



Mynd 2: Stutt dæluþrófun holu SG-5. Dælan var líklega á 100 m dýpi.

8 Feb 2003 drB
tp V8.0



Mynd 3: Jöfnun þrýstings holu SG-5 eftir lokun í ágúst 1998. Holan rann 3-4 l/mín áður.

Unnt er að ákvarða lekt jarðlaga við holu 5 með því að lesa hallatölu þrýstigagnanna á neðri hluta myndar 3. Er þá stuðst við aðferð Theis þar sem $kh/v=2.3q/(4\pi m)$. Hér er k lekt bergsins, h er þykkt jarðhitakerfisins, q er rennslið fyrir lokun (0.06 kg/s), m er hallatala þrýstijöfnunar ($0,4 \text{ bör/log-dekóðu}$) og v er seigja vatnsins (5×10^{-7}). Fæst þá að margfeldi lektar og þykktar er $\sim 1,4 \times 10^{-13} \text{ m}^3$ eða $0,1 \text{ Darcy-metri}$. Að sama skapi fæst, ef miðað er við 1000 m þykkt kerfi, að raunlekt bergsins sé af stærðarþrepinu $0,14 \text{ milli-Darcy}$. Er það mjög lágt eða um $10\text{-}1000$ sinnum lægra en algengt er í há- og lágheitsvæðum hérlendum.

Aðstaða til dæluþrófunar í Gerði

Sem áður greinir eru kjöraðstæður í Gerði til að kanna orkubúskap slapprar heitavatnsholu, sem búið er að virkja með djúpdælu og plastskotti allt til botns á rúnum 1100 m . Vatnshringrásin er að mestu lokuð. Rennslismælur með rúmmetrateljurum eru við holuna þar sem vatnið kemur upp, áður en vatnið fer inn í íbúðarhús og síðan á stút sem stýrir vatnsmagninu sem er hent. Þannig er unnt að skrá nákvæmlega heildarvinnslu og heildarniðurdælingu. Hitamælur eru og á sömu stöðum, en einnig var notaður nákvæmur kvikasilfursmælur með hakbil upp á $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Eins var skráður þrýstingur víða í kerfinu. Þess til viðbótar voru teknar stikkprufur á rennsli með því að mæla tímann sem tók að fylla 5 lítra fötu. Fékkst þá staðfest að rennslismælarnir voru í góðu lagi.

Djúpdælan í holunni sér um að skila vatninu u.þ.b. 500 m leið frá holutoppi að íbúðarhúsi. Hækkar landið um $\sim 20 \text{ m}$ á þeirri leið. Tvær plastlagnir, hvor í sinni eigin einangraðri kápu, flytja vatnið fram og til baka. Rafmagnsnotkun dælu og hraðabreytis var ætluð á tvennan hátt: 1) með því að skrá kílóvattstundir á mæli Rarik inni í bæ eða við holuna, og 2) með því að skrá strauminn (A) sem búnaðurinn dró. Þegar hraðabreytirinn kom til sögunnar var þessu til viðbótar unnt að skrá kílóvöttin, amperin og spennuna á straumnum sem fór til dælu. Rétt er að geta þess að mjög óvenjulegt er að hraðabreyta straum inn á dælu þar sem bæði fæðispennan og rafmótorinn vinna á eins fasa straum. Þurfti talsvert bras til að fá þetta til að virka. Rarik þurfti t.d. að bæta úr galla sem

var í spennu heima við bæ og hafði ekki sést áður. Fjarlægð frá rafmagnstöflu að dælu var einnig það mikil að bætt var við streng á þessari 500 m leið.

Rétt er að nefna að ofangreind tilhögun á gagnaskráningum er nokkuð önnur en í fyrstu var ætlað. Sem sé, að sumarmaður á Orkustofnun fór vestur og sat yfir prófununum ásamt landeiganda með blað, blýant, vatnsfötu, skeiðklukku og kvikasilfurshitamæli, í stað þess að fullkominn tölvuskráningarbúnaður færi á holuna. Réði hér að reynsla er komin á að 2-3 viðhalds- og stillingafærðir þarf að lágmarki áður en slík tölvuskráning fer að virka sem skyldi. Handskráning gagnanna var því talin bæði öruggari og líklegri til að verkefninu lyki farsællega innan þess kostnaðarramma sem því er sett. Keyptir voru nokkrir rennslis- og þrýstímælar vegna mælinganna og smávægilegar breytingar gerðar á pípulögnum.

Mælingar í seinni áfanga

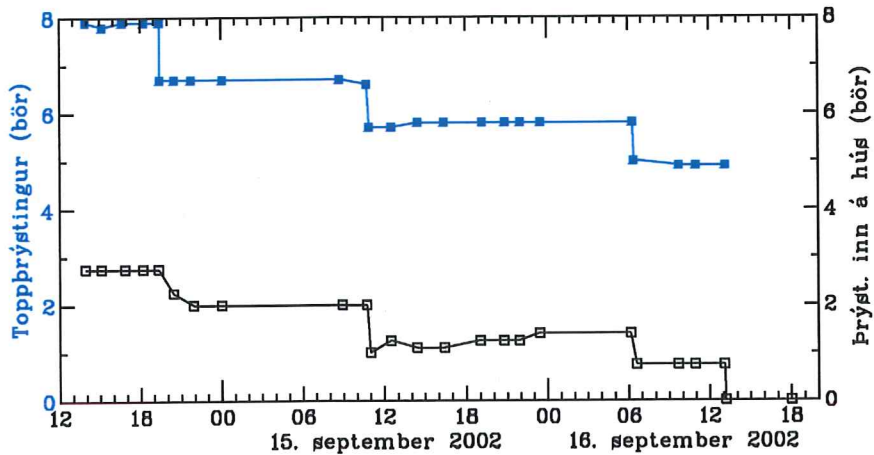
Mælingar í seinni áfanga verksins fóru fram dagana 14. til 16. september 2002. Framkvæmt var nokkurskonar þrepapróf þar sem hvert þrep stóð í 5-18 klukkustundir. Öllu vatninu sem upp kom var dælt niður aftur. Afköstum dælnnar var að þessu sinni stýrt með tíðni straumsins út úr hraðabreytinum. Þrepin voru annars gerð á eftirfarandi hátt:

- Fyrsta þrep: Hraðabreytir stilltur á 46 Hz. Áður hafði dælan verið stopp. Hringdælt u.þ.b. 0,4 l/s af 41 °C vatni. Vatnsborð hélst eðlilega stöðugt í holutoppi, svo og í öllum næstu þrepum. Einungis dælt í rúmar 5 klukkustundir. Hraðabreytirinn dró 2,1 kW meðan holudælan fékk í sig um 1,7 kW.
- Annað þrep: Hraðabreytir stilltur á 41 Hz. Hringdælt um 0,36 l/s af 39,5 °C vatni. Hraðabreytir dró 1,75 kW en dælan 0,85 kW. Dælt í u.þ.b. 15 klst.
- Þriðja þrep: Hraðabreytir stilltur á 36 Hz. Hringdælt 0,31 l/s af 38,2 °C í 19 klst. Hraðabreytir dró í sig 1,25 kW meðan dælan fékk út úr honum 0,6 kW.
- Fjórða þrep: Tíðnibreytir settur á 31 Hz. Hringdælt 0,26 l/s af 36,5 °C vatni. Hér féll þrýstingur á holutoppi það mikið að vatnið náði með herkjum heim á bæ. Hraðabreytir dró 0,95 kW meðan holudælan brúkaði 0,5 kW.
- Fimmta þrep: Lagnir frá holu heim í bæ aftengdar og holan látin dæla uppkomnu vatni beint niður aftur. Aukið við hraða á dælu í stuttum 5 Hz þrepum, frá 31 og upp í 46 Hz. Rennsli og hiti stíga hratt. Endaði hitinn í 44,5 °C og rennslíð í 0,53 l/s. Hraðabreytir bæði dró og skilaði sama afli og í þrepi 1.

Ástand kerfisins var skráð samviskulega í feltbók mælingamanns ROS. Viðauki A sýnir lungann af þeim skráningum sem gerðar voru í Gerði.

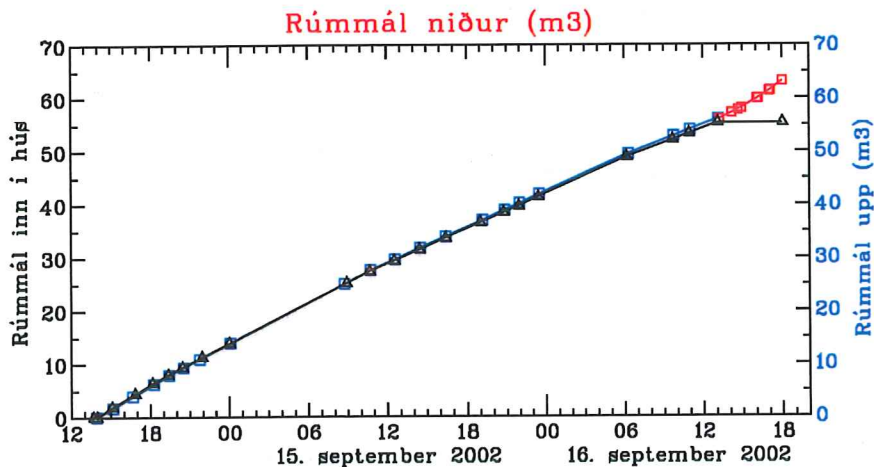
Úrvinnsla

Úrvinnslan hefst á að teikna myndir af sögu ýmissa mælistærða með tímanum. Mynd 4 sýnir annars vegar mælingar á þrýstingi á toppi holu 5, en hins vegar í inntaksgrind heima í bæ. Hér sést vel ávinningur hraðastýringarinnar, þ.e. að óþarfi er að holudælan keyri vatnið upp úr holunni við háan mótþrýsting. Væri reyndar best að hafa holutoppþrýstinginn ekki nema rétt um 1 bar, og að yfirborðsdæla sæi síðan um að skila vatninu heim í bæ. Til að slíkt megi verða þarf líklega að fækka þrepum í djúpdælunni eða hreinlega prófa að reka holuna með yfirborðsdælu eingöngu og síðan skotti frá henni í botn. Hér getur hættan þó verið sú að sog komi holumegin og vatnssúlan slitni eða að plastið leggist saman. En ávinningurinn gæti orðið verulegur í stofn- og rekstrarkostnaði dælubúnaðarins. Mun minni orkutöp eru t.d. í yfirborðsdælum en djúpdælum.

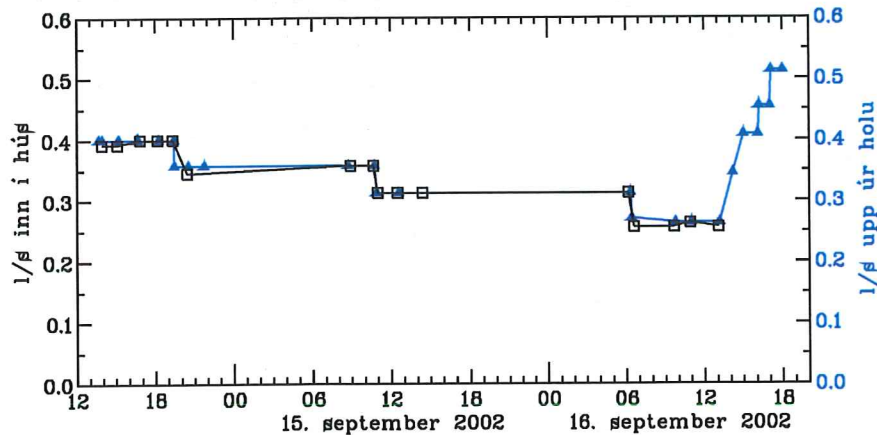


Mynd 4: Þrýstímælingar í hringrásarkerfi holu 5. Hér táknar blár ferill (efri) þrýsting á toppi holu 5 en svartur ferill (neðri) er þrýstingur í tengigrind heima í bæ, u.þ.b. 500 m vegalengd frá holunni.

Myndir 5 og 6 sýna skráningar á rúmmálsflæði og rennsli vatns í lagnakerfi holu 5. Mikil áhersla var á að hafa þessar skráningar sem nákvæmastar og því hvoru tveggja skráðir dældir rúmmetrar svo og augnabliksrennslið í l/s. Bendir ekkert til annars en að sú nákvæmniskrafa hafi náðst.

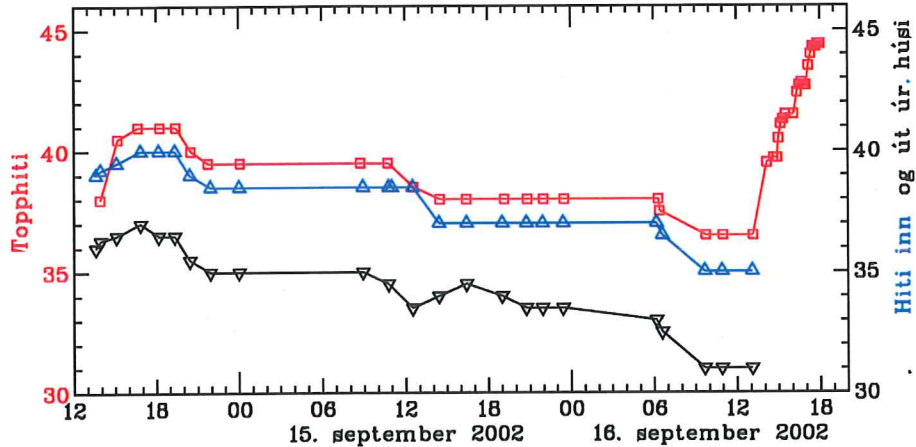


Mynd 5: Uppsafnað rennsli í kerfi holu 5. Rúmmetrum upp úr holu (□) og inn í hús (Δ) ber vel saman. Bæjarhús voru aftengd kerfinu síðdegis 16/9 og er þá líka mælt rennslið niður (□).



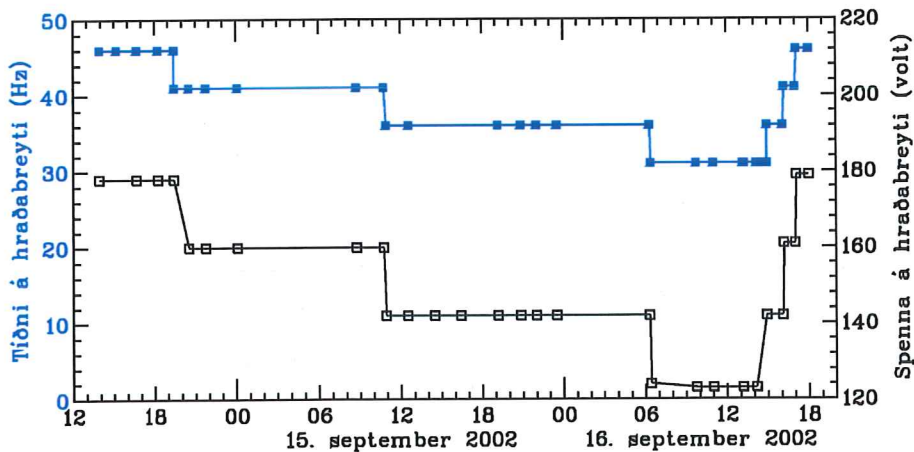
Mynd 6: Rennsli í sekúndulitrum í kerfi holu 5. Rennsli upp úr holu er sýnt með bláu (▲) og inn í hús með svörtu (□) og ber því vel saman.

Mynd 7 sýnir hita vatnsins upp úr holu 5, hitann í tengigrind heima í bæ og svo hitann eftir að vatnið hefur streymt gegnum íbúðarhúsið. Hér endurtekur sig reynslan úr fyrri prófuninni, þ.e. að hiti vatnsins úr holunni óx með auknu rennsli. Varmavinnslan er því hámerkðuð með sem mestu hringrennsli, þ.e.a.s. um og yfir 0,5 l/s.

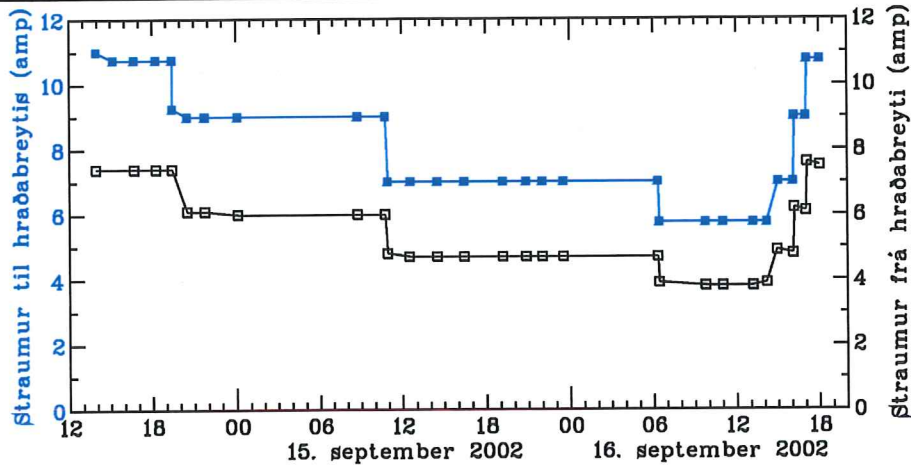


Mynd 7: Mældur hiti í lagnakerfi holu 5. Rennsli upp úr holu er sýnt með rauðu (□), inn í hús með bláu (△) og loks frá húsi með svörtu (▽).

Mynd 8 sýnir tíðni hraðabreytis og spennuna á straumnum frá honum. Veruleg fylgni er á milli þeirra. Mynd 9 sýnir svo hvernig straumur til og frá hraðabreyti skráðist í þrepaprófununum. Straumur til hraðabreytis var lesinn af ampersmæli í tengitöflu úti við dælu, en straumurinn frá breytinum var lesinn á skjá á hraðabreytinum. Nokkur munur er á aflestrunum. Að sögn rafvirkjans sem tengdi búnaðinn, Ragnars Bragasonar hjá Rafkvísl, er ólán að leggja streng mikið lengra en 25 m frá hraðabreyti. Kann það að skýra slaka nýtni, svo og að strengurinn niður að dælu var hvorki skermaður né af hárréttri gerð. Eins spilar inn í að mjög óvenjulegt er að tíðnibreyta straumi í eins fasa kerfi. Því er hugsanlegt að búnaðurinn sé ekki jafnþróaður og í þrífasa kerfum. Kvað reyndar svo rammt að í prófununum að tölva hraðabreytisins var blekkt til að halda að minni straumur færi út en í reynd, ella leysti hann út.

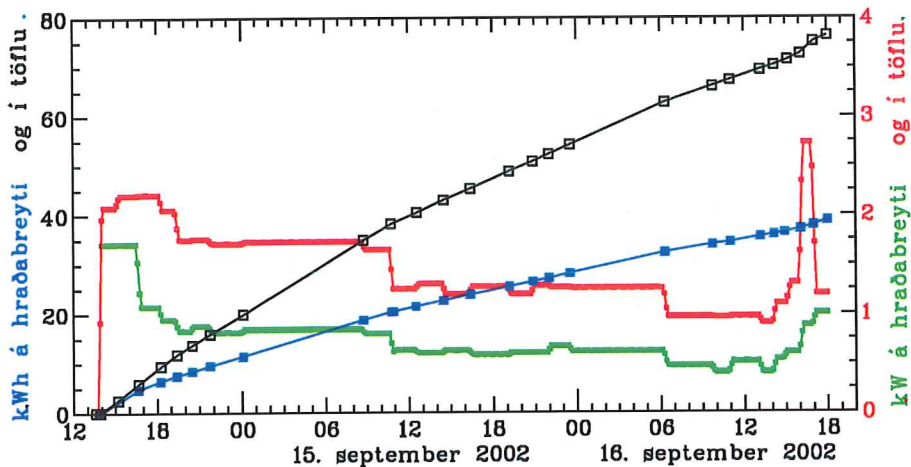


Mynd 8: Tíðni á hraðabreyti við holu 5 (■) og spenna straums frá honum (□).



Mynd 9: Straumur til hraðabreytis (■) og frá honum (□).

Mynd 10 sýnir að lokum orkunotkun búnaðarins, bæði kílóvöttin lesin af mæli í töflu við hliðina á holunni, svo og kílóvöttin sem hraðabreytirinn taldi ofan í holudæluna. Hér á milli virðist muna rétt um helming og skýrist munurinn væntanlega af töpum. Kílóvattstundirnar á myndinni voru líka diffráðar með tíma og þannig fengin fram kílóvöttin sem hraðabreytirinn annars vegar en dælan sjálf hins vegar nota. Endurtekur sig þá þessi helmingsmunur. Vonbrigði eru af þessari niðurstöðu, ef rétt er lesið af þeim órafmagnsfróðu mönnum er hér skrifa. Tilgangur þess að nota hraðabreytinn var nefnilega sá að minnka verulega rafmagnsnotkun búnaðarins og lækka þar með um leið orkuverðið frá holunni. Vel má vera að svona samsetning vinni miklu betur á þriggja fasa straum á hraðabreyti og dælu, eða þá milli eins fasa rafstraums og síðan hraðabreytis sem skilar þriggja fasa straum. Dælumegin er hins vegar ljóst að verulega má minnka straumnotkunina og gera hana óverulega miðað við venjulega hitunarþörf íbúðarhúss.



Mynd 10: Kílóvattstundir til hraðabreytis (□) og frá honum (■). Eins er sýnd aflþörf (kW) búnaðarins með tröppulaga ferlum. Sýnir sá efri (rauður) aflið til hraðabreytisins en sá neðri (grænn) aflið frá honum.

Í töflu 1 hafa verið dregnar saman helstu stærðir í prófun holu 5 í september 2002. Teknar eru upp eins konar kennitölur hvers þreps og fundið út frá þeim hve mikill hrávarmi var að koma út úr kerfinu. Eins er metið hve stóran hluta hans má nota í húshitun, og er þá gert ráð fyrir að vatnið sé nýtt að 28 °C hita. Fæst þá fram furðanlega gott samræmi milli nýtanlegs afls og afls sem er notað til dælingar, eða tíu- til tuttuguföldun rafstraums yfir í varmastraum eftir því hvort miðað er við kW rafmagns að hraðabreyti eða frá. Undantekningin er þegar öllu vatninu er hringdælt. Þá næst mest rennsli og langmestur varmi út. Má segja að aðkeypti rafstraumurinn sé þá hátt í tuttugufaldaður.

Tafla 1: Helstu kennistærðir í orkukerfi holu 5

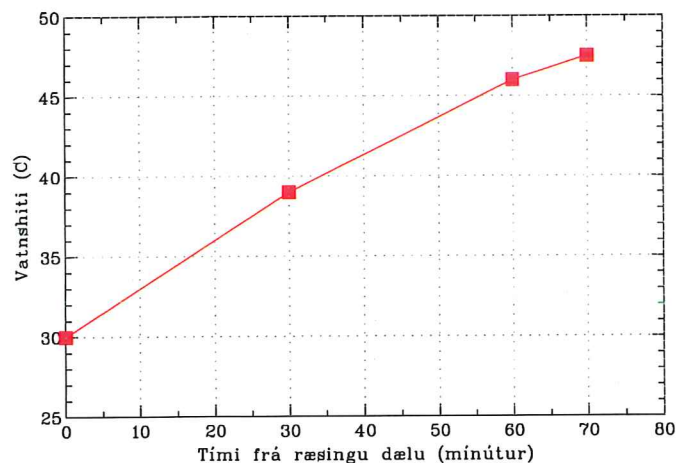
Þrep	Dæling	Tíðni	T _{upp}	Orka til hraðabr.	Orka frá hraðabr.	Dældur hrávarmi	Varmi til húshitunar*
	l/s	m ³	°C	kW	kW	kW	kW
1	0,40	46	41,0	2,1	1,7	69	22
2	0,36	41	39,5	1,75	0,85	60	17
3	0,31	36	38,2	1,25	0,60	50	13
4	0,26	31	36,5	0,95	0,50	40	9
5	0,53	46	44,5	2,1	1,7	99	37

* miðað við nýtinga að 28 °C hita

Fróðlegt er að bera saman niðurstöðurnar í töflu 1 við það sem fékkst þegar misstórum hluta vatnsins úr holu 5 var hent. Svipar aðstæðum þá til þess að einfalt dreifikerfi hefði verið lagt frá holunni. Nákvæmlega sama niðurstaða fékkst og í töflu 1, þ.e. að því nær sem rennslið kemst 0,5 l/s, því meiri varmi fæst út úr kerfinu. Hins vegar var rafmagnsnotkunin mjög svipuð í hverju þrepi og útkoman því sú að þessa ákveðnu holu beri að virkja í nánast lokuðu hringrásarkerfi.

Skammhleyping og aukin kæling

Auk þeirra mælinga sem fjallað var um hér að framan, hafa verið gerðar fjölmargar skammtímaprófanir á holu 5, misvel skráðar. Hér verður getið tveggja. Annars vegar var vatni hringdælt á fullu þ.a. vatni sem kom upp úr holunni var hleypt beint niður aftur. Hins vegar var vatnið frá holunni leitt í gegnum laxaslöngur og garðslöngur á yfirborði og þannig freistað að kæla niðurdælingavatnið enn meira. Mynd 11 sýnir niðurstöðu fullrar hringdælingar, þegar íbúðarhús var ekki inni í hringrásinni né hraðabreytirinn við holuna. Skemmst er frá því að segja að hitinn reis hratt og náði 48 °C á 70 mínútum. Telst því staðfest að þær rúmu 53 °C, sem mældust meðan skottdælan var glæný, eiga við rök að styðjast.



Mynd 11: Hitnun vatns á toppi holu 5 í skammhleypu rennsli þann 4. september 2002.

Hins vegar var í eins dags prófun skoðað hvaða áhrif það hefði að auka við kælingu niðurdælingavatsins sem næmi u.þ.b. 5 °C. Var holan þá í venjulegum rekstri, þ.e. allt vatnið fór til bæjar og síðan aftur að holunni. Nú var hins vegar tekið til þess ráðs að leiða niðurdælingavatnið í slöngum úr um víðan völl og þannig auka kælingu þess sem nam 5 °C. Að því búnu fór vatnið niður holuna sína leið. Fylgst var með hitanum á toppi og fékkst þá að 5° viðbótarkælingin ylli einungis 1°C viðbótarkælingu á toppi. Virðist því sem óhætt sé að reka skottdæluholu eins og í Gerði við talsvert lægri niðurdælingahita en var lengst af í prófununum án þess að uppkomuhiti vatnsins lækki að ráði.

Niðurstöður og umræða

Þær niðurstöður sem nú liggja helstar fyrir um orkubúskap holu 5 í Gerði í Dalabyggð eru þessar:

- 1) Tæknilega séð virðist nú vel mögulegt að virkja nær því geldar en heitar borholur með skottdælum. Er helst að enn eigi eftir að skoða betur efnafræði vatnsins í holunni, því ákveðnar útfellingahættur eru til staðar sem gæti þurft að bregðast við.
- 2) Mikill kostur er að hafa volgar eða heitar smáæðar í slíkum holum. Er þá hlutverk þeirra að bæta upp töp sem verða þegar skrúfað er frá heitavatskrönum í húsum. Eins kann vatnið úr smáæðunum að vera efnalega heppilegra í slík not.
- 3) Í fyrri áfanga prófananna voru skoðuð áhrif þess að senda misstóran hluta uppkomins holuvatns niður aftur. Sýndi sig að það hafði lítil áhrif í rafmagnsnotkun, en þess meiri í nýtanlegum varma. Varð niðurstaðan að halda verði uppi sem mestum rennslisraða í holunni til að topphitinn fari að nálgast 50 °C.
- 4) Í seinni áfanga var hraðabreytir látinn stilla dæluafköstin í 100 % hringdælingu. Sama var uppi á teningnum og í fyrri áfanga, þ.e. nýtanlegur varmi varð því meiri sem rennslíð varð meira.
- 5) Nú sýnist sem þessi varmavél, þ.e. hola 5 auk dælu, plastskotts í holubotn og hringtengingar heim í bæ, fimm til tuttugufaldi þá raforku sem þarf til að reka kerfið. Er það ágætis frammistaða og talsvert betri en algengt er t.d. í varmadælum.
- 6) Ekki urðu stórfelldar breytingar á vinnsluhita holunnar við að niðurdælingarvatnið kólnaði 5 meir en í venjulegum rekstri holunnar. Vekur það vonir um að ná megi enn meiri varma út úr kerfinu og að svona hola getir þannig dugað nokkrum íbúðarhúsum til hitunar, að því gefnu að ekki sé of langt til þeirra.
- 7) Ólán er að virkja holur eins og í Gerði með eins fasa dælum. Er enginn vafi að mun betri lausn er að láta hraðabreyta snúa eins fasa rafstraumnum yfir í 3 fasa. Bætt nýting raforkunnar á að geta unnið upp muninn í stofnkostnaði.

- 8) Hugsa má sér aðrar útfærslur við hönnun holudælnnar í Gerði en nú er. Þannig má vera að yfirborðsdæla og skott geti haldið uppi nægu rennsli, að því gefnu að ekki tapist mikið vatn út úr kerfinu. Eða að hafa djúpdæluna rétt nægjanlega öfluga til að keyra vatnshringrás upp á rúmlega 0,5 l/s við nánast engan yfirþrýsting á toppi. Yfirborðsdæla við holutoppinn myndi síðan sjá um hringstreymi $\sim 50^{\circ}\text{C}$ heitrar framrásar milli holu og bæjar.

Af framansögðu má ljóst vera að víða um land kunna að leynast tækifæri til að gera áður álitnar ónýtar borholur að þokkalegustu varmanámum. Ákveðin skilyrði þurfa þó að vera fyrir hendi til að svo verði. Í fyrsta lagi að holurnar nái um og yfir 1 km dýpi og/eða að hiti í botni sé farinn að nalgast 100 gráður. Í öðru lagi verða holurnar að vera opnar í botn. Í þriðja lagi þarf að meta í hverju tilfelli hvort smáæðar leyfi að virkjað sé með einföldu eða tvöföldu kerfi (hringdæling). Að sama skapi ræður tilvist slíkra æða úrslitum um hve langt frá holu er hagkvæmt að leggja hitaveitu. Síðast en ekki síst skiptir verulegu máli að ekki sé búist við hærri framrásarhita en $45\text{-}50^{\circ}\text{C}$ og að ofnakerfi í húsum verði þá að einhverju leyti óhefðbundin og með mjög góða nýtingu. Kann jafnvel að þurfa að bæta við hitann í kuldaköstum með öðrum orkugjöfum.

Hugsanlega verða ný skottdælukerfi ekki hönnuð nema að undangengnum hefðbundnum dæluprófunum þar sem hitamælt er niður holu á meðan. Mikilvægt er einnig að hafa aðgang að borgögnum og borlokaprófunum við hönnunina. Þá má segja að skottdælulausnin leiði til undarlegrar stöðu að í þeim tilvikum þar sem holar eru komnar um og yfir 1 km dýpi og engin merki hafa fundist um góðar æðar. Ber þá að dýpka holurnar um nokkuð hundruð metra til að bæta í þær orkuríkum kafla fyrir skottdælu.

Rannsóknasviði Orkustofnunar (ROS), 10. febrúar 2003

Grímur Björnsson, ROS

Einar M. Einarsson, ROS

Stefán Gíslason, Gerði, Dalabyggð

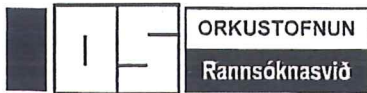
Viðauki A: Mæligögn sem söfnuðust í seinni prófun holu 5

Gögnin eru sett upp í númeruðum súlum þar sem númer súlu skýrist á eftirfarandi hátt:

- 1) Dags í september 2002
- 2) Tími dags í klukkustundum og mínútum
- 3) Toppþrýstingur holu 5 (bör-y)
- 4) Hiti á toppi holu 5 (°C)
- 5) Straumur til hraðabreytis (amper)
- 6) Tíðni á hraðabreyti (Hz)
- 7) Heildaraflnotkun til hraðabreytis (kW)
- 8) Tíminn sem tekur 10 lítra að renna upp um holutopp (sekúndur)
- 9) Tíminn sem tekur 10 lítra að renna inn í íbúðarhús (sekúndur)
- 10) Heildarfjöldi rúmmetra upp úr holu ef gildi hærra en 15.000, annars staða á rúmmetramæli niðurdælingarslöngu eftir að bæjarhús voru aftengd frá holunni (gildi < 900)
- 11) Hiti á vatni inn í bæ (°C)
- 12) Hiti á bakvatni eftir að hafa farið gegnum íbúðarhúsið (°C)
- 13) Þrýstingur á vatni í inntaksgrind íbúðarhúss (bör-y)
- 14) Útihiti (°C)
- 15) Spenna á rafstraum eftir hraðabreyti, á ensku: Actual output voltage (volt).
- 16) Straumur eftir hraðabreyti, á ensku: Actual output current (amper)
- 17) Uppsöfnuð orka frá hraðabreyti (kW)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11	12	13	14	15	16	17	18
14	13:35					23266.7					39.0	36.0					
14	13:40						25			14819.6				14			
14	13:55	7.9	38.0	11.0	46	23266.7	25	25.5	15754.8	14819.6	39.2	36.3	2.75	14	178	7.40	0
14	15:05							25.5		14821.5	39.5	36.5	2.75				
14	15:10	7.8	40.5	10.75	46	23269.3	25		15756.5								
14	16:40	7.9	41	10.75	46	23272.6	25		15758.7						178	7.40	4.7
14	16:50							25		14824.0	40	37	2.75				
14	18:10							25		14826.0	40	36.5	2.75				
14	18:15	7.9	41	10.75	46	23276.1	25		15761.0					14	178	7.40	6.4
14	19:20							25		14827.6	40	36.5	2.75				
14	19:25	7.9	41	10.75	46	23278.5	25		15762.7						178	7.4	7.5
14	19:26	6.7		9.25	41		28										
14	20:25							29		14829.0	39	35.5	2.25				
14	20:30	6.7	40.0	9.0	41	23280.4	28		15764.1					13	160	6.1	8.4
14	21:45	6.7	39.5	9.0	41	23282.6	28		15765.7					160	6.1	9.5	
14	21:55									14830.9	38.5	35	2.0				
15	00:00									14833.5	38.5	35	2.0				
15	00:05	6.7	39.5	9.0	41	23286.6			15768.7						160	6.0	11.4
15	08:45	6.7	39.5	9.0	41	23301.6	28		15779.8						160	6.0	18.7
15	08:55							28		14844.8	38.5	35	2.0	9.5			
15	10:40							28		14847.0							
15	10:45	6.6	39.5	9.0	41	23304.9	28		15782.4		38.5	34.5	2.0		160	6.0	20.3
15	10:55	5.7		7.0	36		32								142	4.8	20.4
15	11:00							32			38.5		1.0				
15	12:30							32		14849.0	38.5	33.5	1.25		142	4.7	21.4
15	12:35	5.7	38.5	7.0	36	23307.2	32		15784.4								
15	14:25							32		14851.1	37	34	1.1				
15	14:30	5.8	38	7.0		23309.7			15786.6						142	4.7	22.6
15	16:25	5.8	38	7.0		23312.0			15788.7	14853.3	37	34.5	1.1		142	4.7	23.8
15	19:00									14856.2	37	34	1.25				
15	19:10	5.8	38	7.0	36	23315.5			15791.8						142	4.7	25.4
15	20:45									14858.1	37	33.5	1.25				
15	20:50	5.8	38	7.0	36	23317.5			15793.7						142	4.7	26.4
15	21:55									14859.3	37	33.5	1.25				
15	22:00	5.8	38	7.0	36	23319.0			15795.0						142	4.7	27.1
15	23:25									14861.0	37	33.5	1.4				
15	23:30	5.8	38	7.0	36	23320.9			15796.7						142	4.7	28.1
16	06:10							32		14868.5	37	33	1.4				
16	06:20	5.8	38	7.0	36	23329.5	32		15804.3						142	4.7	32.3
16	06:25	5.0	37.5	5.75	31		37								124	3.9	
16	06:35							39			36.5	32.5	0.75				
16	09:40							39		14871.7	35	31	0.75				
16	09:45	4.9	36.5	5.75	31	23332.8	38		15807.6					9.5	123	3.8	33.9
16	10:55							38		14872.9	35	31	0.75				
16	11:00	4.9	36.5	5.75	31	23334.0	38		15808.8						123	3.8	34.4
16	13:05							39		14874.9	35	31	0.75				
16	13:10	4.9	36.5	5.75	31	23336.1	38		15810.8		0	0	0		123	3.8	35.5
16	13:15				31				833.05								
16	14:10		39.5	5.75	31	23337.0	29		834.20						123	3.9	35.9
16	14:40		39.7		31				834.85								
16	14:55		39.7		31				835.14						142	4.9	36.3
16	14:56				36												
16	15:00		40.5	7.0			24.5										
16	15:10		41.1			23338.1											
16	15:20		41.3														
16	15:30		41.5														
16	16:05		41.5	7.0	36	23339.3	24.5		836.87						142	4.8	37.0
16	16:10			9.0	41		22		836.99						161	6.2	
16	16:20		42.4														
16	16:30		42.7														
16	16:40		42.8														
16	16:50		42.7														
16	17:00		42.7	9.0	41	23341.8	22		838.36						161	6.1	37.8
16	17:05			10.75	46		19.5		838.48						179	7.6	
16	17:10		43.5														
16	17:20		44.0														
16	17:30		44.3														
16	17:40		44.3														
16	17:50		44.4														
16	18:00		44.4	10.75	46	23343.0	19.5		840.20	14874.9	0	0	0	10	179	7.5	38.8

Viðauki B: Röntgengreining á útfellingu úr holu 5



Greinargerð
SSJo-02/34.

29-07-02

Gerði, Hvammssveit
bt. Guðna Axelssonar,
Orkustofnun ROS
Grensásvegi 9
108 Reykjavík

XRD-greining – könnun á útfellingu úr síu við dælu frá Gerði í Hvammssveit

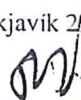
Sýnið sem barst var í tveimur hlutum og var hvor um sig líkur sandi, en meira var af hvítu efni í sýni B. Í orðsendingu sem fylgdi sýninu segir að það sé ættað úr síu við dælu, frá holu við Gerði í Hvammssveit. Við smásjárskoðun kemur í ljós að sýnin eru mestmegnis úr fínkorna brúnleitu efni með dreif af hvítum kornum og verður sandurinn brúnn þegar hann er malaður. Sýnin fengu númerin U-2002-16 A og B skv. númerakerfi Jarðefnafræðideildar ROS en númer XRD-greiningar er 35007 og 35008. Sýnið var malað í mortéli og sett á Qz-sýnahaldara. Mælt var frá lág-horni ($2\Theta=2^\circ$) til að sjá hugsanlega toppa á 10-20 Å og að $2\Theta=60^\circ$ en þá má gera ráð fyrir að flestir toppar sjáist. Notaður var X-ray diffractometer ROS af gerðinni Philips PW-1710, með Cu α -geislun á 20 mA og 40 kV. Mæliskrá sem notuð var heitir *fast.dql*.

Niðurstöður:

Bakgrunnur sýnanna er ekki mjög hár en vel sýnilegur og innihalda þau talsvert járn. Þau kristölluðu efnasambönd sem sjást eru magnetít (Fe_3O_4) sem er járnnoxíð og er að öllum líkindum ryðskán eða með öðrum orðum orðið til vegna oxunar á járn og kalsít (CaCO_3) en myndun þess er óútskýrð, annað hvort er kalsítið að myndast og falla út í holunni (dælunni) eða það er að berast úr berginu sem er ólíklegra. Sýni A og B eru eins nema í sýni B er talsvert af plagióklas sem er án efa að berast úr æðum holunnar (bergmylsna).

Athugasemdir:

Reykjavík 29. júlí 2002



Sigurður Sveinn Jónsson

Meðfylgjandi eru XRD-línurit sýnanna og fylgiblöð.