

Gufuvottur við dropaskilju og ný sía. Tilraun
til að auka gufugæði

Sverrir Þórhallsson

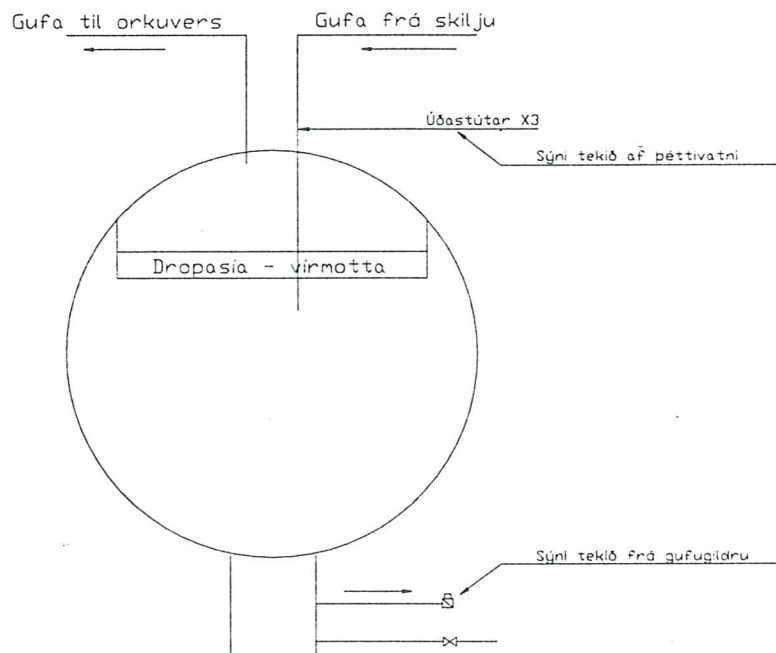
Greinargerð SP-98-01-A

Dags. 25.01.1998

Gufubvottur við dropaskilju og ný sía Tilraun til að auka gufugæði

Inngangur

Hitaveita Suðurnesja hefur látið setja úðastúta á inntak í dropaskilju við Orkuver 1 í Svartsengi. Tilgangurinn er að hreinsa steinefni úr gufunni og auka þar með gufugæðin. Steinefnin setjast til í inntaksstútum gufuhverflanna og draga smám saman úr raforkuframleiðslunni. Útfellingin er hreinsuð úr hverflunum í árlegri skoðun, og einnig hefur útfellingin verið þvegin úr vélinni með íblöndun þéttvatns í gufuna. Þetta vandamál hefur verið viðráðanlegt þegar um "blautar" holur er að ræða. Úr holum SG-10 og SN-14 kemur aftur á móti "þurr" gufa sem hefur valdið meiri útfellingu og því hefur streymi frá þeim verið blandað við "blautar" holur til að þvo gufuna á undan skiljun. Nú eru horfur á meiri vinnslu úr "þurru" gufu-holum og því felst tilraunin einkum í að fá fram hvort unnt sé að auka gufugæðin með þessari aðferð einni sér, þ.e. án þess að blanda saman rennsli "blautra" og "þurra" holna. Fyrri hluti þessara prófanna fór fram í október og nóvember 1996. Eftir að niðurstöður lágu fyrir var ákveðið að endurbæta dropasíuna og setja í hana þykkari vírmottu með hærri nýtni og voru mælingar gerðar á henni nú í október 1997. Niðurstöðum efna- greininga til að meta gufugæðin og skiljuvirknina er lýst í þessari greinargerð.



Mynd 1. Skýringamynd af dropaskilju ásamt staðsetningu úðastúta og sýnatökustaða

Lýsing á framkvæmd tilraunarinnar

Við Orkuver 1 í Svartsengi hefur verið komið fyrir úðastútum fyrir þéttivatn í inntaki beggja dropaskiljanna. Hver dropaskilja hefur tvö inntök frá háþrýstiskiljum og eru þrjú úðastútar á hvoru inntaki. Á báðum dropasíunum eru því samtals $3 \cdot 4 = 12$ úðastútar og er unnt að ákvarða rennsli um þá með með fjórum magnmælum (m^3). Vatnið sem notað er til úðunar er sótt í þéttivatnslögn í kjallara orkuvers 1, og þegar tilraunin fór fram var vestari þéttivatnsdælan ekki í gangi og kemur því þéttivatnið líklega allt frá rásum 3 og 4. Tilraunin var framkvæmd í samræmi við lýsingu Geirs Þorólfssonar dags. 7 júlí 1996. Sýnin tók Jón Örn Bjarnason OS, aðstoð við stillingar veittu Ingi Ólafsson HS og Þórður Andrésson HS, undir stjórn Sverris Þórhallssonar OS.

Tilraun með gufuþvott á holum SG-10 og SG-12

Þegar tilraun 1 fór fram 23. október 1996 var raforkuframleiðsla OV-1 samtals 1756 kW, þ.e. 846 í vél 1 og 910 í vél 2. Miðað við að 32 t/h af gufu þurfi til framleiðslu á hverju MW í AEG-Kanis hverflunum, samsvarar þetta 15,6 kg/s í gufluflæði. Að auki fara um 2 kg/s í lokahitun og það sem fer framhjá. Samtals er flæði háþrýstigufu sem fer um báðar dropasíurnar því talið 17,6 kg/s. Á sama tíma voru heildarafköst orkuversins til hitaveitu 88 kg/s og fóru 11 kg/s af lágþrýstigufu til upphitunar þess.

Lýsingin gerir ráð fyrir að tilraunin sé gerð við 2%, 5% og 7% úðunarhlutfall þéttivatns í gufuna. Miðað við 17,6 kg/s gufluflæði þarf að stilla heildarrennsli um úðastútana á 21,1 l/mín, 52,8 l/mín og 73,9 l/mín.

Áður en tilraunin hófst voru afköst úðunarkerfisins mæld við mismunandi þrýsting á vatninu að úðurunum. Þessar upplýsingar voru síðan notaðar til stillingar á úðakerfinu, þ.e. fjölda stúta sem opnað yrði fyrir og til að meta hvort nægilegt þrýstifall yrði yfir stútana til að mynda fínan úða. Þrýstingur í dropaskiljunni mældist 5,5 bar-g og var rennslið mælt við mismunandi þrýsting á vatninu. Þegar fullopið var fyrir alla loka mældist heildarflæðið 100 kg/s við 6,6 bar-g þrýsting. Niðurstöður eru sýndar í töflu 1.

Tafla 1. Afköst úðastúta

Þrýstifall yfir úðastút dP (bar)	Rennsli um hvern úðastút (l/mín)	Heildarfjöldi stúta opnir
0,5	4,75	12
1,1	8,33	12
2,0	12,0	4

Fjögur sýnapör voru tekin af þéttivatni og skiljuvatni úr vestari dropaskilju sem tengd er holum SG-10 og SG-12 við mismunandi úðarennisli:

Tilraun 1-1. Rekstur OV-1 án gufuþvottar. Flæði frá dropaskilju mældist 0,9 l/mín. Leiðni mæld í þéttivatni í kjallara orkuvers af vélstóra reyndist 75-78 $\mu\text{S}/\text{cm}$, með sama hætti og gert er við daglegt eftirlit. Gufusýnum nr. 96-0297 og 96-0298 var safnað við þessa tilraun.

Tilraun 1-2. Gufluþvottur ca. 5% með 24,5 l/mín af þéttivatni við 7,5 bar-g og einn af þremur úðurum opinn. Lokað var fyrir tvo úðastúta á hverju inntaki til að fá dP um 2 bar sem vélstjórar töldu viðeigandi til að gefa góðan úða. Leiðnin mæld af vélstjóra var 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ við 25°C. Gufusýnum nr. 96-0299 og 96-0300 var safnað við þessa tilraun.

Tilraun 1-3. Gufluþvottur ca. 7% með 37 l/mín af þéttivatni við 6,7 bar-g og tveir af þremur úðurum opnir. Lokað var fyrir einn úðastút á hverju inntaki til að fá lágmarks dP um 1,2 bar. Leiðni mæld af vélstj. 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ við 22°C. Gufusýnum nr. 96-0301 og 96-0302 var safnað við þessa tilraun.

Tilraun 1-4. Gufluþvottur ca. 2% með 12 l/mín af þéttivatni við 6,0 bar-g og einn af þremur úðurum opinn. Lokað var fyrir tvo úðastúta á hverju inntaki. Leiðni mæld af vélstjóra var 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Gufusýnunum nr. 96-0303 og 96-0304 var safnað við þessa tilraun.

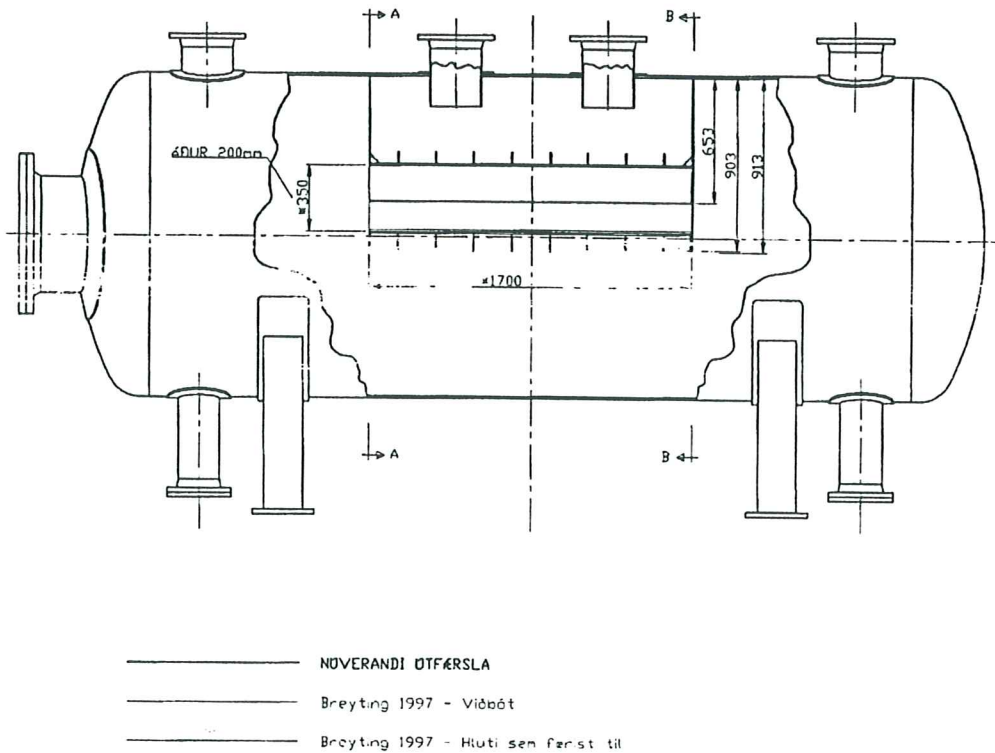
Slökkt var á þéttivatnsdælunni að tilrauninni lokinni um kvöldmatarleytið og jókst þá leiðni þéttivatnsins í 73 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tilraun með þvott gufu frá holu SG-10 einni

Tilraun 2 með gufuþvott var gerð 24. október 1996 með holu SG-10 eina tengda (án SG-12). Þá framleiddi orkuverið í hverfli 1 650 kW og í hverfli 2 550 kW og dregið hafði verið úr afköstum rása frá deginum áður um ca. 20 l/s, þannig að heitavatsframleiðslan í OV-1 var 68 l/s. Stillingar á þéttivatnsmagni og á úðurum voru samt hafðar þær sömu og fyrri daginn til að fækka breytipáttum og auðvelda samanburð. Bætt var við einu þrepi (tilraun 2-5) þegar fullopnað var fyrir skolvatnið en við það náðist 100 l/mín rennsli um úðarana. Ekkert rennsli mældist frá dropaskiljunni áður en úðunin hófst, en daginn áður hafði það mælst 0,9 l/mín. Þetta bendir til að gufan sé yfirhituð þar eð engin þétting verður. Sýni nr. 96-0305 til 96-0314 voru tekin í þessum áfanga.

Tilraun með gufuþvott á holum SN-14 og SG-12

Tilraun var gerð 29. nóvember 1996 með gæði gufu úr holu 14 er henni var blandað saman við gufu og vatn úr holu 12. Hola 14 gefur um 9 kg/s í heildarrennsli og er nærri "þurr". Ekki lágu fyrir upplýsingar um gufunotkun orkuversins er sýnin voru tekin og hlutfallslegt rennsli úr holunum er heldur ekki þekkt. Sýni 96-0535 til 96-0544 voru tekin við þennan áfanga.



Mynd 2. Dropaskiljan með þykkari mottu, breyting sem gerð var haustið 1997 (Varmaverk hf.)

Ný sía

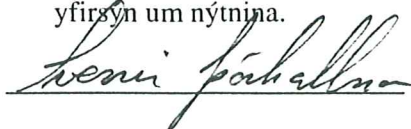
Þegar ljóst varð af framangreindum prófunum að úðunin dugði ekki til að hreinsa gufu frá holu 10 og að úðunin jók gufugæðin ekki umtalsvert var ákveðið að kaupa þykkari síumottu með betri skiljunýtni. Eldri motta var 200 mm þykk en sú nýja 350 mm (mynd 2). Því voru ný sýni tekin í október 1997. Fyrst vör gufusýni tekið án gufuþvottar með gufu frá holum 10 og 12 (20. sept. 1997) og síðan með því að opna fullt fyrir þrjá úðastúta (15. okt. 1997). Heildarrennsli vatnsins var þá 96 l/mín, en upplýsingar um gufustreymi til orkuversins lágu þá ekki fyrir. Orkuver 1 var þó í eðlilegum rekstri.

Mælingar á efnunum í þéttivatni að og frá dropasíu

Í töflu 2 eru birtar niðurstöður efnagreininga á sýnunum sem unnar voru á Orkustofnun. Mældur var styrkur kísils, natríums, kalíums, kalsíums, svo og leiðni. Þar með er styrkur helstu steinefna þekktur og unnt að meta gufugæðin og einnig hve mikið af steinefnum dropaskiljan nær úr gufunni. Efnastyrkurinn á sýnatökustöðum sem nefndir eru inntak (þ.e. sýnið er tekið rétt framan við úðastútana) eða þéttivatnskútur (í kjallara OV-1) er mælikvarði á hreinleika gufunnar. Sýni merkt gufugildra eru tekin við gufugildruna (úttak dropaskiljunnar). Mismunur á styrk við gufugildru og í inntaki er þá aukning í efnastyrk sem verður við gufuþvottinn. Með því að margfalda þennan styrkmun með rennslinu má fá hve mikið hafi "síast" úr gufunni mælt í milligrömmum á mínútu. Báðar dropaskiljurnar voru stilltar eins við tilraunirnar. Fjöldi úðastúta á hverju inntaksröri er sýnt ásamt streymi um úðarana fyrir hvora skilju í töflu 2. Til þess að sýna breytingu á gufugæðunum er efra grafið á hjálögðum blöðum sýnt sem styrkur viðkomandi efnis í mg/kg. Þar fyrir neðan er sýnt graf þar sem afköst dropaskiljunnar í að hreinsa gufuna eru sýnd sem "síun" fyrir sama efni í mg/mín og er það hreinsunin í einni dropaskilju. Gufustreymið um þessa skilju er líklega 8-9 kg/s af gufu.

Helstu niðurstöður

1. Nýja síumottan og þær endurbætur sem gerðar voru á skiljunni haustið 1997 hafa skilað mjög góðum árangri því þá voru gufugæðin langtum meiri en haustið áður. Þetta sést bæði í lægstum efnastyrk gufunnar sem er einungis um 1/5 af því sem áður var og einnig í því magni sem síað er úr gufunni. Óverulegur bati verður af úðun gufunnar í þessu tilfalli, en aðeins ein tilraun var gerð til að kanna það.
2. Hvor dropaskiljan fangaði rétt innan við 1 lítra á mínútu af þéttivatni og meðburði, þegar skrófað var alveg fyrir úðann. Efnastyrkur þess er um 1/6 af skiljuvatninu í háþrýstiskiljunum þaðan sem gufan kemur. Þetta sýnir að vatnið myndast að stærstum hluta vegna þéttingar gufunnar á leiðinni að skiljunni, en er ekki nema að litlu leyti fínir jarðsjávardropar sem ýrast upp úr háþrýstiskiljunni. Þegar hola 10 er ein tengd skilst ekkert vatn frá gufunni sem bendir til að gufan sé þá aðeins yfirhituð.
3. Gufuþvottur eykur gufugæðin nokkuð og því meir sem rennsli til úðaranna er aukið. Batinn er gróflega 10-20%.
4. Gufuþvottur nær ekki að hreinsa gufu frá holu 10 þannig að gæði hennar jafnist á við það þegar holu 10 og 12 er blandað saman. Þetta kemur m.a. fram í því að þegar virknin er reiknuð sem "síun" í einingunum mg/mín kemur fram að úðavatnið fangar nánast ekkert. Við mestan þvott gufu (ca. 7%) frá holu 10 ná gufugæðin þó gæðum hefðbundins rekstrar með holu 10 og 12 án úðunar.
5. Blöndun holu 14, sem er hin "þurra" holan (örlítill jarðsjór berst þó úr henni), við holu 12 gaf umtalsvert hreinni gufu en fékkst við blöndun holna 10 og 12. Hola 14 hefur um 1/3 af afköstum holu 10 og kann þetta að skýra muninn að mestu.
6. Athyglisvert er að nánast jafn mikið síast úr gufunni af kalíum (K) og kalsíum (Ca) mælt sem (mg/mín). Í gufunni sem eftir verður er styrkur kalsíum (Ca) þó a.m.k. fimm sinum meiri.
7. Aðstæður eru sérlega hagstæðar til meðburðarmælinga í Svartsengi vegna hás efnastyrks í jarðsjónum. Þessi há styrkur gerir aftur á móti miklar kröfur til skiljunýtni til að ná nógu hreinni gufu. Athyglisvert er að efnahlutföllin í jarðsjónum haldast ekki óbreytt í sýnunum eins og vænta hefði mátt. Því náði efnagreiningin til fjögurra efna auk leiðnimælingar til að fá betri yfirsýn um nýtnina.



Númer	Dags.	Staður	Kísill SiO ₂	Natríum (Na)	Kalíum (K)	Kalsíum (Ca)	Leiðni (μ S/cm)	Stútar (fjöldi)	Streymi (l/mín)	SiO ₂ út (mg/mín)	Na út (mg/mín)	K út (mg/mín)	Ca út (mg/mín)
96-0297	96-10-23	þéttivatnskútur	<0,5	0,63	0,03	0,18	29	0					
96-0298	96-10-23	gufugildra	118,9	1815	274	287	9190	0	0,91	108	1650	250	260
96-0299	96-10-23	inntak	<0,5	0,49	0,03	0,13	33	1	24,5				
96-0300	96-10-23	gufugildra	3,95	67,4	9,95	10,2	420	1	24,5	97	1640	243	247
96-0301	96-10-23	inntak	<0,5	1,01	0,04	0,19	31	2	37				
96-0302	96-10-23	gufugildra	3,01	56,4	8,38	8,71	390	2	37	110	2050	310	315
96-0303	96-10-23	inntak	<0,5	0,54	0,03	0,15	32	1	12				
96-0304	96-10-23	gufugildra	4,88	100,2	14,9	15,5	649	1	12	59	1200	180	185
96-0305	96-10-24	þéttivatnskútur	<0,5	0,77	0,03	0,24	38	0					
96-0306	96-10-24	kista vélar	<0,5	0,04	0,01	0,08	44	0	0				
96-0307	96-10-24	inntak	<0,5	0,79	0,04	0,23	39	1	24				
96-0308	96-10-24	gufugildra	3,06	2,80	0,44	0,70	32	1	24	73	48	10	11
96-0309	96-10-24	inntak	<0,5	0,74	0,05	0,20	40	2	36				
96-0310	96-10-24	gufugildra	1,44	1,47	0,19	0,39	23	2	36	52	26	5	7
96-0311	96-10-24	inntak	<0,5	0,72	0,03	0,22	38	1	12				
96-0312	96-10-24	gufugildra	3,02	1,78	0,27	0,55	24	1	12	36	13	3	4
96-0313	96-10-24	inntak	<0,5	0,68	0,03	0,18	40	3	50				
96-0314	96-10-24	gufugildra	1,25	0,92	0,10	0,31	20	3	50	63	12	3,5	6,5
96-0535	96-11-29	þéttivatnskútur	<0,2	0,18	0,02	0,07	31	0					
96-0536	96-11-29	gufugildra	199	3010	458	488	13650	0	0,2	40	600	92	98
96-0537	96-11-29	inntak	<0,2	0,05	0,01	0,06	30	1	24				
96-0538	96-11-29	gufugildra	13,9	153	23,4	24,4	890	1	24	330	3670	560	585
96-0539	96-11-29	inntak	<0,2	0,04	0,01	0,05	31	2	36				
96-0540	96-11-29	gufugildra	8,2	91,4	14,0	14,6	610	2	36	300	3290	505	525
96-0541	96-11-29	inntak	<0,2	0,04	0,01	0,03	30	1	12				
96-0542	96-11-29	gufugildra	21,6	289	44,2	46,8	1790	1	12	260	3470	530	560
96-0543	96-11-29	inntak	<0,2	0,04	0,01	0,04	31	3	50				
96-0544	96-11-29	gufugildra	6,6	71,8	10,8	11,6	453	3	50	330	3590	540	580

Holur 10 og 12

Hola 10

Holur 14 og 12

Númer	Dags.	Staður	Kísill (SiO ₂)	Natríum (Na)	Kalíum (K)	Kalsíum (Ca)	Leiðni (μS/cm)	Stútar (fjöldi)	Streymi (l/mín)	SiO ₂ út (mg/mín)	Na út (mg/mín)	K út (mg/mín)	Ca út (mg/mín)
97-0491	97-09-20	þéttivatnskútur	<0,1	0,18	0,02	0,03	28	0					
97-0644	97-10-15	þéttivatnskútur	<0,1	0,11	0,02	0,02	28,4	0					
97-0645	97-10-15	gufugildra	172	2490	385	412	14160	0	0,87	150	2170	335	358
97-0646	97-10-15	þéttivatnskútur	<0,1	0,11	0,02	0,02	28,6	2					
97-0647	97-10-15	gufugildra	9,20	51,7	8,68	9,62	453	2	48	440	2480	415	460
97-0648	97-10-15	inntak	<0,1	0,10	0,02	0,02	28,8	2					

