



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Selfossveitur

**Efnasamsetning vatns úr holu ÓS-01,
Ósabotnum og útfellingar vegna
blöndunar við vatn frá Þorleifskoti**



**Magnús Ólafsson
Steinunn Hauksdóttir**

Unnið fyrir Selfossveitur

2002

OS-2002/078

Magnús Ólafsson
Steinunn Hauksdóttir

Selfossveitur

**Efnasamsetning vatns úr holu ÓS-01, Ósabotnum
og útfellingar vegna blöndunar við vatn
frá Þorleifskoti**

Unnið fyrir Selfossveitur

OS-2002/078

Desember 2002

Skýrsla nr.: OS-2002/078	Dags.: Desember 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Selfossveitur Efnasamsetning vatns úr holu ÓS-01, Ósabatnum og útfellingar vegna blöndunar við vatn frá Þorleifskoti	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 22	
Höfundar: Magnús Ólafsson Steinunn Hauksdóttir	Verkefnisstjóri: Guðni Axelsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Efnaeftirlit, athugun á útfellingum	Verknúmer: 8-610811	
Unnið fyrir: Selfossveitur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Gerð er grein fyrir athugun á kalsítútfellingum sem urðu í dælustöð Selfossveitna í febrúar 2002 þegar vatn úr jarðhitasvæðinu í Ósabatnum var blandað saman við jarðhitavatn úr öðrum vinnsluholum Selfossveitna við Þorleifskot.. Borið er saman mettunarstig algengra steinda í vatni vinnsluholnanna og sérstaklega fjallað um kalsítmettun við mismunandi blöndunarhlutföll vatns úr einstökum holum og mismunandi vatnshita. Líklegast er talið að kalsítútfellinguna megi rekja til blöndunar vatns úr holu ÓS-01, sem er með hátt sýrustig (pH gildi), og efnaríks vatns frá Þorleifskoti, einkum úr holu ÞK-12. Fylgst var með útfellingum í dælustöð með útfellingaplötum og urðu ánast engar útfellingar meðan á athuguninni stóð. Helstu mögulegar mótvægisáðgerðir eru íblöndun efna til lækkunar sýrustigs í vatn frá Ósabatnum, að stjórna blöndu vatns úr mismunandi holum þannig að útfellingahættan sé í lágmarki og að aðskilja dreifikerfin frá svæðunum tveimur.		
Lykilorð: Lághitasvæði, hitaveita, vinnsluholur, efnaeftirlit, útfellingar, Ósabatnar, Þorleifskot	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: GAx, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS ÚR HOLU ÓS-01.....	6
2.1. SÝNATAKA OG NIÐURSTÖÐUR EFNAGREININGA.....	6
2.2. SAMANBURÐUR VIÐ ÖNNUR JARÐHITASVÆÐI.....	9
3. ÚTFELLINGAR OG BLÖNDUN JARÐHITAVATNS ÚR VINNSLUSVÆÐUM SELFOSSVEITNA.....	10
3.1. METTUNARSTIG STEINDA Í JARÐHITAVATNI SELFOSSVEITNA.....	10
3.2. KALSÍTMETTUN.....	13
3.3. MAGNÚTREIKNINGAR OG BLÖNDUN.....	15
4. NIÐURSTÖÐUR OG MÓTVÆGISADGERÐIR.....	17
5. HEIMILDIR.....	18
VIÐAUKI.....	19

TÖFLUR

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga vatns úr holu ÓS-01.....	6
Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga úr dælustöð Selfossveitna.....	7
Tafla 3. Samanburður á mældri og reiknaðri efnasamsetningu vatns í dælustöð.....	13

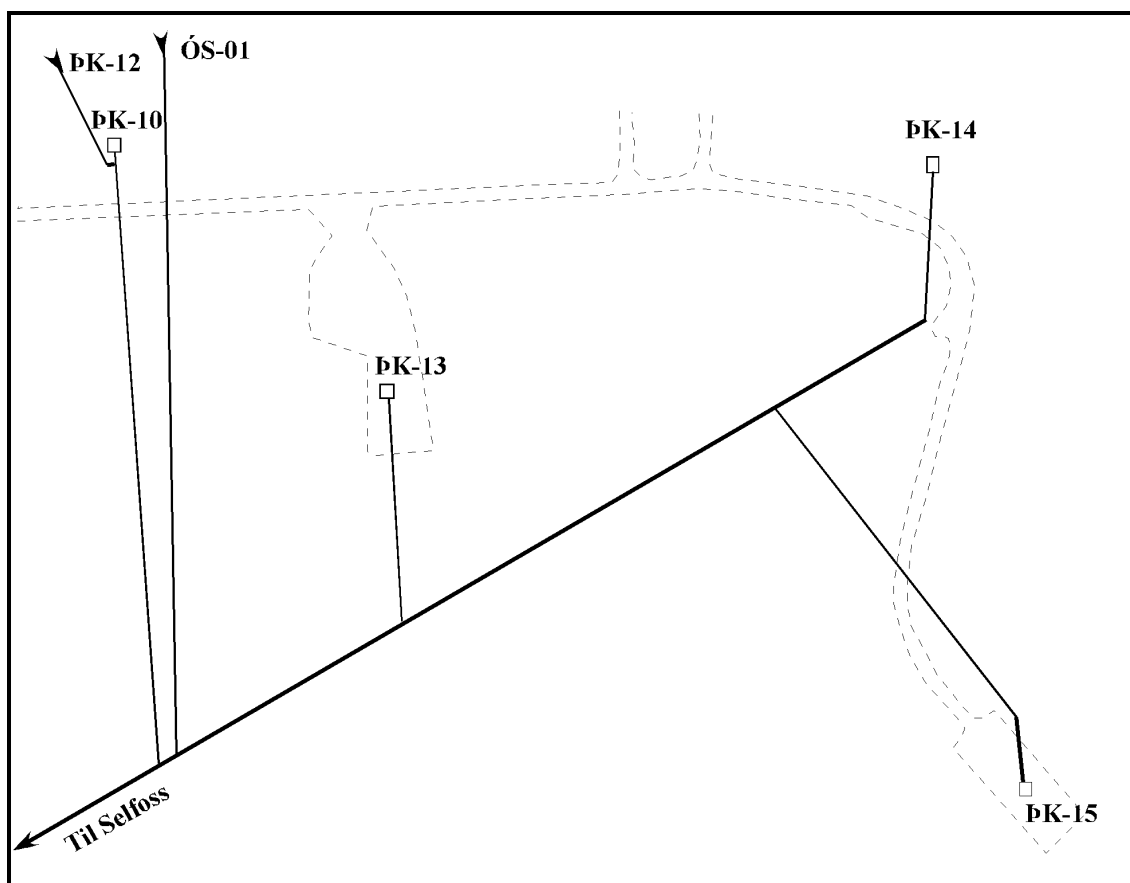
MYNDIR

Mynd 1. Afstöðumynd af vinnsluholum Selfossveitna í Þorleifskoti og lagna frá Laugardælum (ÞK-12) og Ósabotnum (ÓS-01).	5
Mynd 2. Styrkur kalsíums í holu ÓS-01.....	7
Mynd 3. Styrkur klóríðs í holu ÓS-01.....	8
Mynd 4. Styrkur kísils í holu ÓS-01.....	8
Mynd 5. Styrkur súlfats í holu ÓS-01.....	8
Mynd 6. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-10.....	11
Mynd 7. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-12.....	11
Mynd 8. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-13.....	12
Mynd 9. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-15.....	12
Mynd 10. Reiknuð kalsítmettun vatns úr holum Selfossveitna.....	14
Mynd 11. Vinnsla samkvæmt rennismælum úr vinnsluholum Selfossveitna.....	14
Mynd 12. Kalsítmettun í blandvatni ÓS-01.....	16
Mynd 13. Kalsítmettun í blandvatni ÓS-01.....	16

1. INNGANGUR

Þessi skýrsla fjallar um efnasamsetningu jarðhitavats sem Selfossveitur vinna úr jarðhitasvæðinu í Ósabatnum, og útfellingarvandamál sem fylgt hefur nýtingu vatns úr holu ÓS-01 (B87501 í gagnagrunni ROS) við blöndun þess saman við jarðhitavattn úr öðrum vinnsluholum hitaveitunnar.

Í frumniðurstöðum útreikninga á afköstum holu ÓS-01 og efnagreiningum vatns, sem lýst var í greinargerð Rannsóknasviðs Orkustofnunar (Þórólfur H. Hafstað o.fl. 2001) kom ekkert fram sem benti til að vandræði vegna útfellinga myndu hljóta af og var vatninu úr ÓS-01 hleypt á lögnina snemma árs 2002. Á mynd 1 sést afstaða vinnsluholnanna í Þorleifskoti sem Selfossveitur vinna úr og lagnanna milli þeirra og dælustöðvarinnar. Þar má einnig sjá hvar hola ÓS-01 tengist inn á kerfið rétt áður en holur ÞK-10 og ÞK-12 koma inn á lögnina að dælustöðinni. Um þremur vikum eftir að ÓS-01 var hleypt á kerfið skemmdust dælar í dælustöð vegna kalsítútfellinga. Líklegast var talið að blöndum vatns úr ÓS-01 væri ástæða útfellinganna og var ráðist í að skoða ítarlega samsetningu vatns úr holunni annars vegar og hins vegar að reikna út hvaða áhrif blöndun þess við vatn úr öðrum vinnsluholum hefur á eiginleika jarðhitavatsins sem fer um dælustöð hitaveitunnar.



Mynd 1. Afstöðumynd af vinnsluholum Selfossveitna í Þorleifskoti og lagna frá Laugardælum (PK-12) og Ósabatnum (ÓS-01).

2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS ÚR HOLU ÓS-01

2.1. Sýnataka og niðurstöður efnagreininga

Eftir að borun holu ÓS-01 lauk í janúar 2001 var tekið sýni til efnagreininga (2001-0030) á meðan á loftdælingu stóð (Þórólfur Hafstað o.fl., 2001). Tafla 1 sýnir niðurstöður þeirrar efnagreiningar auk þess sem birtar eru niðurstöður greininga á öllum sýnum sem tekin hafa verið af vatni úr holunni frá því að vinnsla hófst úr henni. Á myndum 2–5 er teiknaður upp styrkur nokkurra efna og sjást þar breytingar sem orðið hafa frá því að vinnsla hófst. Þrjú hlutsýni voru tekin á tímabilinu apríl 2001 til febrúar 2002 (2001-0155, 2002-0079 og 2002-0053). Frá því að það fyrsta er tekið í apríl 2001 og til febrúar 2002 kemur fram stöðug hækkun á styrk katjóna og lítillega á styrk klóríðs og sulfats. Á mynd 4 sést að styrkur kísils hefur lækkað frá upphafi vinnslu en styrkur kaslúms hefur aukist og hið sama má segja um styrk klóríðs og sulfats þó gögn um anjónir vanti fyrir yngstu sýnin. Þetta eru talsverðar breytingar sem ber að fylgjast grannt með en hiti vatnsins hefur ekki breyst og er því mögulega um mismunandi vægi æða vegna vinnslu að ræða.

Þegar útfellingar urðu í dælum voru sýni til heildarefnagreininga (2002-0059) tekin úr holu ÓS-01 (tafla 1), öðrum vinnsluholum veitnanna og auk þess af vatni í dælustöðinni (tafla 2). Í þessum sýnum var einnig mældur styrkur rokgjarnra efna og sýrustig mælt en nauðsynlegt er að hafa upplýsingar um slíkt við útreikninga á efnajafnvægjum sem hafa áhrif á útfellingarhættu í jarðhitavatni.

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga vatns úr holu ÓS-01.

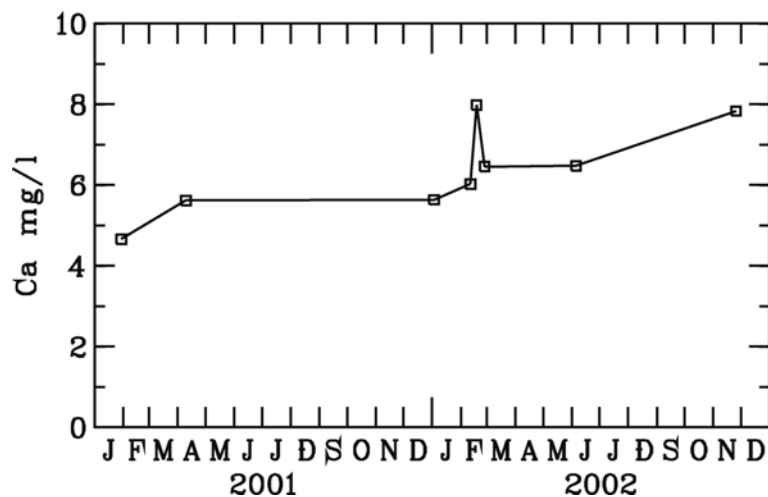
Dagsetning	29-jan-2001	09-apr-2001	03-jan-2002	11-feb-2002	18-feb-2002	26-feb-2002	05-jún-2002	25-nóv-2002
Númer	2001-0030	2001-0155	2002-0079	2002-0053	2002-0059	2002-0070	2002-0145	2002-0407
Hiti (°C)	78,0	-	-	-	80,5	81,5	-	80,5
Rennslí (l/s)	63,0	-	-	-	-	40,5	28,0	40,0
Sýrustig (pH/°C)	-	-	-	-	-	9,9/20,7	9,86/22,4	9,86/22,6
Karbónat (CO ₂)	-	-	-	-	-	11,2	11,5	10,7
Brennist.vetni (H ₂ S)	-	-	-	-	-	0,17	-	-
Bór (B)	-	-	-	-	-	0,20	-	-
Leiðni (µS/cm)	311	350	320	335	340	344	394	415
Kísill (SiO ₂)	76,3	76,4	74,8	73,9	74,1	73,2	72,7	70,5
Uppleyst efni	-	-	-	-	-	273	-	-
Natríum (Na)	-	63,7	-	-	-	69	-	-
Kalíum (K)	-	1,10	-	-	-	1,13	-	-
Magnesium (Mg)	0,017	0,002	0,002	0,003	0,017	0,006	-	0,002
Kalsíum (Ca)	4,65	5,61	5,63	6,02	7,98	6,45	6,47	7,83
Flúoríð (F)	0,76	0,74	0,72	0,72	0,71	0,72	-	-
Klóríð (Cl)	41,2	49,8	52,6	56,3	58,3	60,2	-	-
Súlfat (SO ₄)	19,8	23,3	24,6	26,4	27,4	28,2	-	-
Ál (Al)	-	-	-	-	-	0,137	-	-
Mangan (Mn)	-	-	-	-	-	<0,0005	-	-
Járn (Fe)	-	-	-	-	-	0,0049	-	-
δD (‰SMOW)	-	-	-	-	-	-	-	-
δ ¹⁸ O (‰SMOW)	-	-	-	-9,78	-	-9,74	-	-

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga úr dælustöð Selfossveitna.

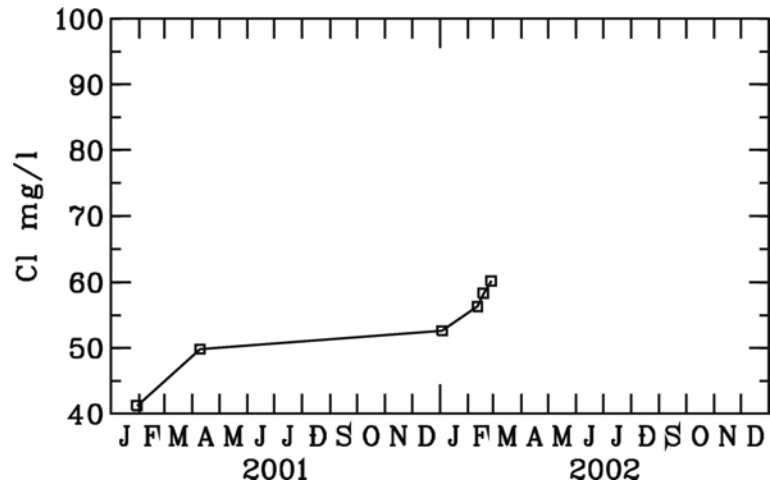
Dagsetning	26-feb-2002	13-mar-2002	05-jún-2002	08-nóv-2002	25-nóv-2002
Númer	2002-0078	2002-0089	2002-0144	2002-0353	2002-0408
Holur í vinnslu	01,12,13,14,15	12,13,14,15	01,14	01,13	01,14,15
log (Q/K)	0,161	0,143	0,319*	0,026*	0,211*
Hiti (°C)	74,0	72,2	-	-	75,7
Rennsli (l/s)	-	-	59,0	-**	100,0
Sýrustig (pH/°C)	8,95/22,5	8,58/22,9	9,21/22,9	8,93/22,9	9,11/22,7
Karbónat (CO ₂)	17,2	26,0	17,0	17,7	15,0
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,13	0,03	-	-	-
Bór (B)	0,14	0,15	-	-	-
Leiðni (µS/cm)	765	869	725	662	780
Kísill (SiO ₂)	67,0	63,5	67,6	67,7	67,3
Uppleyst efni	512	566	-	-	-
Natríum (Na)	141,0	155,0	-	-	-
Kalíum (K)	3,19	3,63	-	-	-
Magnesíum (Mg)	0,067	0,087	-	0,049	0,049
Kalsíum (Ca)	24,20	30,70	19,10	16,80	21,60
Flúoríð (F)	0,33	0,21	-	-	-
Klóríð (Cl)	207	238	-	-	-
Súlfat (SO ₄)	52,9	55,0	-	-	-
Ál (Al)	0,047	0,019	-	-	-
Mangan (Mn)	0,0005	0,0024	-	-	-
Járn (Fe)	0,0052	0,0089	-	-	-

* til útreikninga eru notuð gildi úr sýni 2002-0078 fyrir Na, K, Cl, SO₄, m.v. rennslistölur.

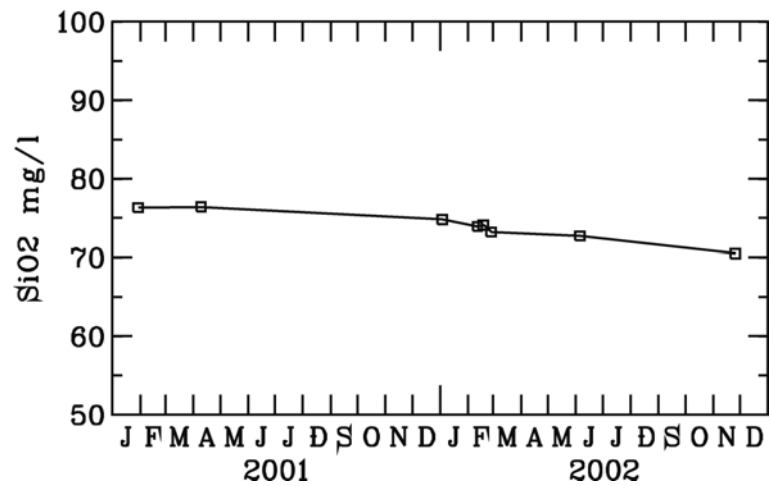
**rennsli ekki skráð við sýnatöku en gildi fengin frá vinnslugögnum ÞK-13 og ÓS-01



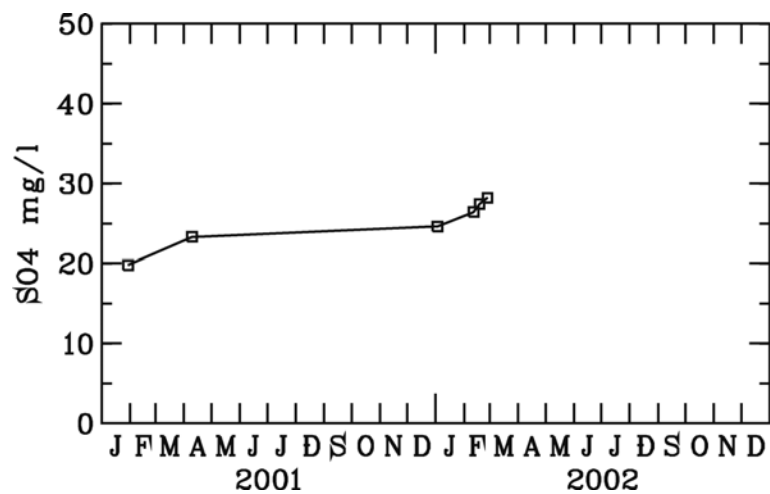
Mynd 2. Styrkur kalsíums í holu ÓS-01.



Mynd 3. Styrkur klóríðs í holu ÓS-01.



Mynd 4. Styrkur kísils í holu ÓS-01.



Mynd 5. Styrkur súlfats í holu ÓS-01.

2.2. Samanburður við önnur jarðhitasvæði

Í vinnslueftirlitsskýrslu fyrir árin 2000 og 2001 eru birtar niðurstöður efnagreininga vatns sem dælt er úr jarðhitakerfinu í Þorleifskoti (Ómar Sigurðsson o.fl., 2002). Um niðurstöður greininga á sýnum frá 2002 verður fjallað í næstu vinnslueftirlitsskýrslu en þær eru auk þess birtar í viðauka þessarar skýrslu.

Vatnið úr holu ÓS-01 er fremur efnasnautt í samanburði við vatnið sem unnið er úr vinnsluholum Selfossveitna í Þorleifskoti og Laugardælum. Efnainnihald vatns úr holu ÓS-01 er líkara innihaldi vatns frá öðrum jarðhitasvæðum í nágrenninu, Laugarbökkum og Vaðnesi (Þórólfur H. Hafstað o.fl., 2001).

Þegar fyrst var tekið sýni til efnagreininga var hola ÓS-01 enn í loftdælingu og því marklaust að mæla styrk karbónats og sýrustig, en við útreikninga sem þá voru gerðir til að meta útfellingarhættu og efnahita var notað pH-gildi sem tók mið af vatni á Laugarbökkum (9,6-9,9) en vatnið þar hefur svipaða efnasamsetningu og vatnið í ÓS-01 (Þórólfur Hafstað o.fl., 2001). Við fyrstu heildarefnagreiningu kom í ljós að vatnið úr ÓS-01 hefur svipað sýrustig og vatnið á Laugarbökkum (9,9) en það er nokkuð hærra en pH-gildi vatnsins sem það blandast í dælustöð og kemur úr Þorleifskoti (8,4-9,1). Í væntanlegri skýrslu um eftirlit með vinnslu úr vinnslusvæðum Selfossveitna árið 2002 verður samanburði á efnasamsetningu jarðhitavatns gerð ítarlegri skil.

3. ÚTFELLINGAR OG BLÖNDUN JARÐHITAVATNS ÚR VINNSLUSVÆÐUM SELFOSSVEITNA

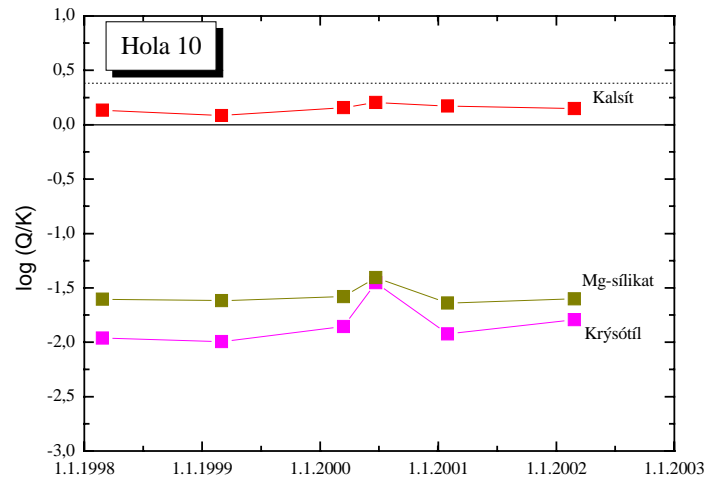
Útfellingarhætta í jarðhitavatni er háð efnainnihaldi, hita og sýrustigi vatnsins. Til þess að meta útfellingarhættu vatns er reiknað út hvort það sé mettað m.t.t. mismunandi steinda og er t.d. forritið WATCH notað við þá útreikninga. Í efnaríku heitu vatni eins og unnið er úr jarðhitasvæðum Selfossveitna er algengt að kalsít reiknist nálægt eða lítillega yfir mettunarmörkum en leysni þess minnkar með hækkandi hitastigi.

Þær útfellingar sem fundust í dælum Selfossveitna í febrúar 2002 voru greindar með XRD-tæki ROS og reyndust vera kalsít (kalk). Kalsítmettun hefur verið reiknuð út fyrir vatnið í Porleifskoti undanfarin ár sem hluti af árlegu vinnslueftirliti og þrátt fyrir að vatnið reynist yfirmettað með tilliti til kalsíts hafa útfellingar ekki verið undanfarið til vandræða. Reynslan af öðrum jarðhitasvæðum á Íslandi sýnir að útfellingar verða almennt ekki fyrir en yfirmettun nær u.þ.b. 0,38 log(Q/K) einingum. Styrkur annarra efna getur hér haft áhrif og til dæmis hefur selta hvetjandi áhrif á myndun útfellinga.

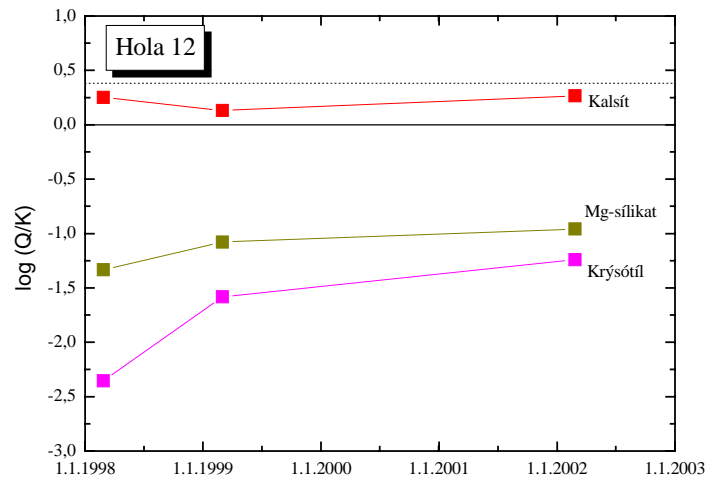
Fljótlega eftir að útfellingar mynduðust og dælur stoppuðu í dæluhúsi var útfellinga-plötum komið þar fyrir svo unnt væri á einfaldan hátt að fylgjast með því hvort og við hvaða aðstæður útfelling mynduðust. Frá uppsetningu hafa starfsmenn Selfossveitna fylgst reglulega með plötunum. Útfelling hefur ekki sést ef frá er skilið einu sinni á síðastliðnu hausti, þegar hola ÞK-15 var notuð með holu ÓS-01, að lítils háttar ljósleit skán sást á plötunum. Einnig virðist lítils háttar útfelling hafa myndast nýlega þegar hola ÞK-13 var inni á veitu með holu ÓS-01. Aðstæður urðu þá þannig í stuttan tíma að hlutur vatns úr holu ÓS-01 var mjög hár í blandvatni þegar neysla minnkaði yfir helgi. Dæla í holu ÞK-13 er rekin á föstum snúningi (um 40 l/s) en á holu ÞK-13 er hraðastýring á dælu og er hún háð heildarvatnsnotkun á hverjum tíma. Dælur í holum ÞK-10, 14 og 15 eru einnig hraðastýrðar.

3.1. Mettunarstig steinda í jarðhitavatni Selfossveitna

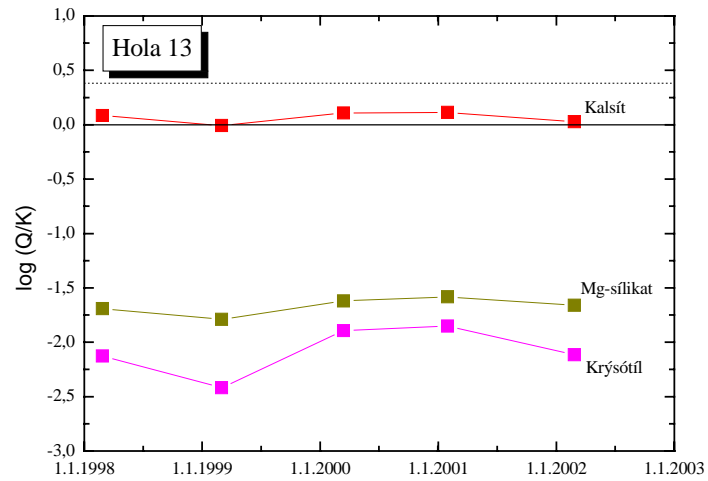
Á myndum 6–9 er sýnt hvernig mettunarferlar algengra útfellingasteinda í jarðhitavatni Selfossveitna hafa breyst frá árinu 1998 til 2002. Yfirmettun kalsíts reiknast yfirleitt lítið yfir mettunarmörkum fyrir allar holurnar en vatnið reiknast undirmettað m.t.t. magnesíumsílikats og krýsótíls. Eins og fram hefur komið í vinnslueftirlitsskýrslum liðinna ára hefur ekki verið talin ástæða til að búast við kalsítútfellingum og samkvæmt þessum ferlum er hættan á útfellingu annarra steinda hverfandi.



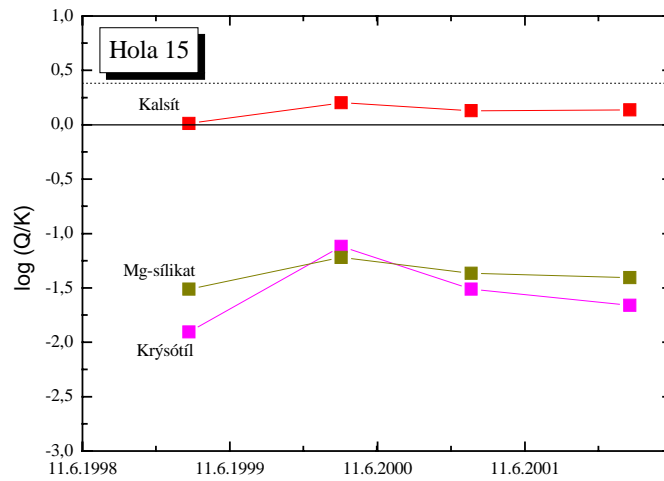
Mynd 6. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr PK-10.



Mynd 7. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr PK-12.



Mynd 8. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-13.



Mynd 9. Mettunarferlar útfellingasteinda í vatni úr ÞK-15.

3.2. Kalsítmettun

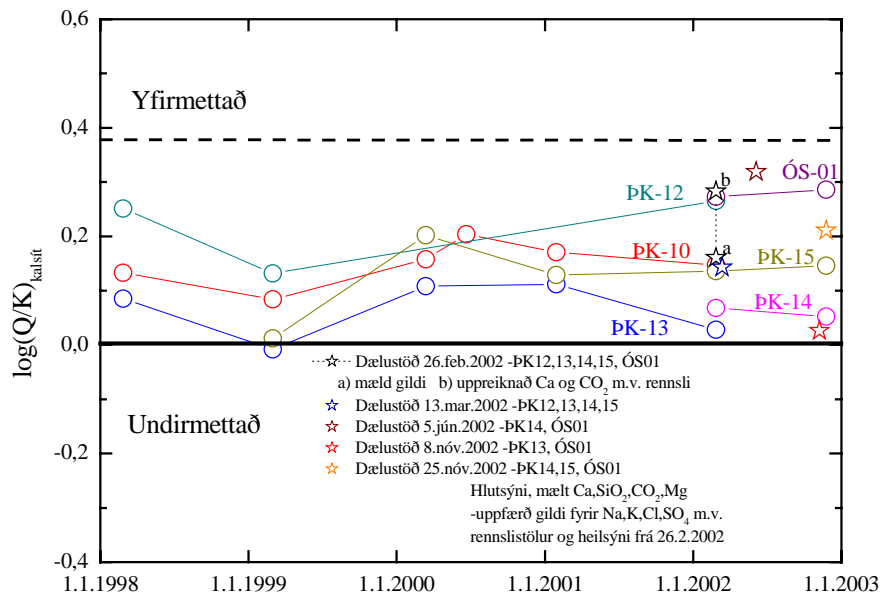
Á mynd 10 eru teiknuð gildi útreiknaðrar kalsítmettunar á vatni úr vinnsluholunum og breytingu hennar undanfarin ár. Þegar bornir eru saman ferlarnir fyrir holurnar kemur í ljós að yfirmettunin er hæst í holu ÞK-12 sem er heitust (118°C) og hún reiknast svipuð í holu ÓS-01 þrátt fyrir að hiti í henni sé mun lægri (81°C) án þess þó að mettunin nái fyrrgreindri viðmiðun (0,38 log(Q/K) einingar). Þrátt fyrir fremur lágan efnastyrk vatns í holu ÓS-01 þá hefur hátt sýrustig þess þau áhrif að það reiknast meira yfirmettað en annað vatn á vinnslusvæðum Selfossveitna.

Mynd 10 sýnir einnig gildi yfirmettunar í fimm sýnum sem tekin voru í dælustöð til eftirlits með yfirmettuninni kalsíts. Með hliðsjón af því magni sem unnið var úr hverri holu á þeim tíma sem sýnataka fór fram (26. febrúar 2002) var reiknuð út efnasamsetning þess vökva sem búast mætti við að væri í dælustöð á sama tíma og sýnið var tekið úr dælustöðinni (mynd 11). Útreiknaðar og mældar efnagreiningar voru síðan bornar saman og eru þær birtar í töflu 3. Þar kemur í ljós að þeim ber mjög vel saman fyrir öll efni nema kalsíum og efnasambandið karbónat, en kalsítsteindin er einmitt mynduð úr þeim (CaCO₃). Styrkur kalsíums mælist rúmlega 10% lægri í vatni úr dælustöð heldur en útreiknað gildi gefur að búast megi við. Það má telja líklegt að kalsít hafi fallið út úr vatninu og hægt að skýra lækkaðan styrk karbónats einnig með því þótt ekki sé hægt að útiloka að það hafi rokið úr vatninu í miðlunartanki. Þá var útreiknuð yfirmettun reiknuð aftur fyrir sýnið frá 26. febrúar eftir að styrkur kalsíums og karbónats var leiðréttur m.t.t. útreiknaðrar efnasamsetningar og hækkaði við það yfirmettun vatnsins töluvert (stjörnur tengdar með brotalínu á mynd 11). Önnur sýni sem tekin voru af vatni í dælustöð reiknast mismikið yfirmettuð eftir því hvaða holur voru í vinnslu, en í flestum tilvikum var ÓS-01 inni á kerfinu.

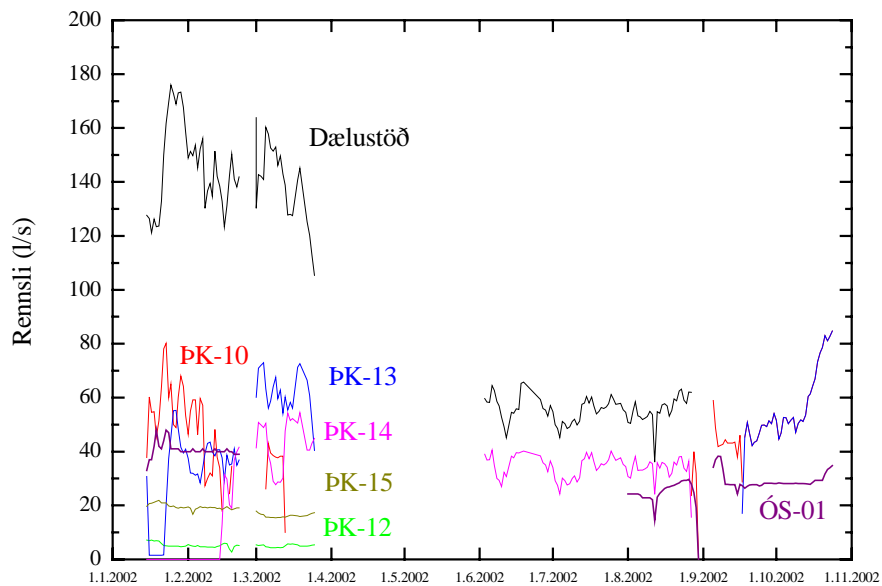
Tafla 3. Samanburður á mældri og reiknaðri efnasamsetningu vatns í dælustöð.

Sýni frá 26.febr.2002	ÓS-01	ÞK-10	ÞK-12	ÞK-13	ÞK-14	ÞK-15	Dælustöð	Reiknað	Mism. (%)
Sýni númer	2002-0070	2002-0072	2002-0071	2002-0075	2002-0074	2002-0073	2002-0078		
Hiti (°C)	81,5	65,5	118	71,4	65,1	83	74	75	-1,37
Rennsli (l/s)	40,5	0	4,5	68,9	34,7	17,5	166,1	-	-
Klóríð (Cl)	60,2	174	369	233	243	321	207	206	0,53
Sýrustig (pH/°C)	9,9	8,52	9,11	8,52	8,44	8,8	8,95	8,9	0,73
Kísill (SiO ₂)	73,2	60,3	113	64,9	56	71,1	67	67,1	-0,19
Natríum (Na)	68,9	128	278	154	151	204	141	141,3	-0,18
Kalíum (K)	1,13	3,06	10,2	3,55	2,86	5,29	3,19	3,18	0,34
Magnesium (Mg)	0,011	0,11	0,006	0,096	0,117	0,049	0,07	0,072	-3,14
Kalsíum (Ca)	6,48	23,1	31,6	29,2	37,4	38,4	23,7	26,4	-10,25
Flúoríð (F)	0,72	0,21	0,19	0,22	0,2	0,22	0,33	0,34	-2,05
Súlfat (SO ₄)	28,2	48,8	140	57,3	53,6	68,3	52,9	52,8	0,13
Leiðni (µS/cm)	344	700	1392	837	869	1110	765	767	-0,30
Karbónat (CO ₂)	11,2	37,7	10	24,6	26,4	15,2	17,2	20,3	-15,37

styrkur efna í mg/l.



Mynd 10. Reiknuð kalsítmettun vatns úr holum Selfossveitna í Þorleifskoti, Laugardælum og Ósabatnum. Kalsítmettun vatns í dælustöð er merkt með stjörnum (sjá texta).



Mynd 11. Vinnsla samkvæmt rennsli mælum úr vinnsluholum Selfossveitna og í gegnum dælustöð, frá því að vinnsla hófst úr holu ÓS-01. (Eyða merkir að gögn vantar).

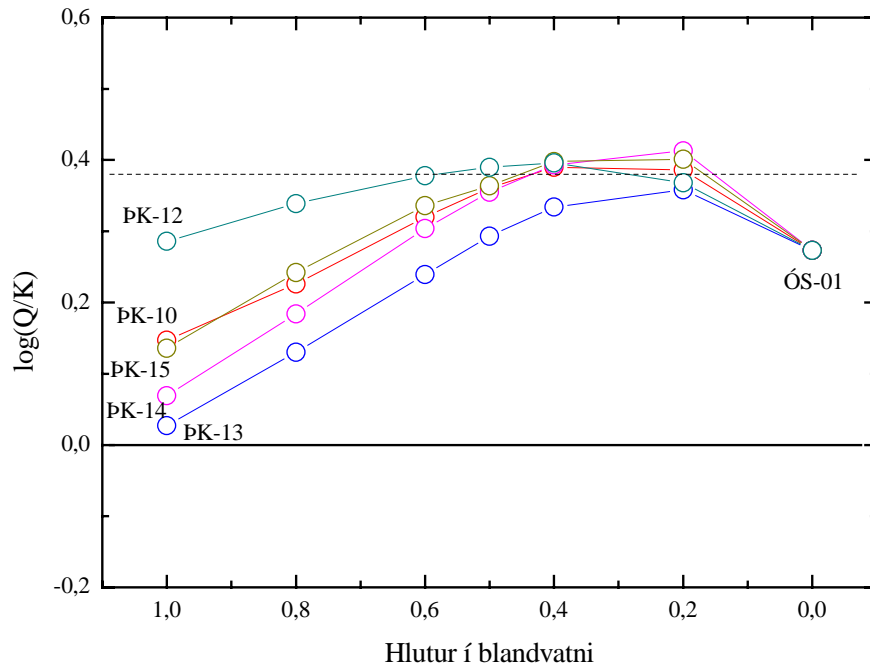
3.3. Magnútreikningar og blöndun

Eftir að vart varð við útfellingar í dælustöðinni í febrúar 2002 var hola ÓS-01 tekin út og unnið úr öðrum holum án vandkvæða (mynd 11). Talið var að vatn úr holu ÞK-10 sem hafði breyst talsvert við jarðskjálftana 2000 eða efnaríkt og heitt vatn úr holu ÞK-12 ylli útfellingu við blöndun vatnsins úr ÓS-01. Síðan hefur hola ÓS-01 verið inni á kerfinu ýmist með holum ÞK-10, ÞK-13 eða ÞK-14 og ekki hefur orðið vart við útfellingar í blöndu vatns úr þeim holum. Frá byrjun ágúst 2002 fram í miðjan september voru holur ÞK-14 og ÞK-10 keyrðar hvor í sínu lagi með ÓS-01. Hlutfall vatns frá Ósabotnum nam um 40% að meðaltali í blandvatni í dælustöð og urðu engar útfellingar á því tímabili. Síðan þá hefur hola ÞK-13 oftast verið inni með Ósabotnaholunni. Síðastliðið haust var hola ÞK-15 keyrð með ÓS-01 og tók fljótlega að bera á útfellingum á plötum í dælustöð. Var ÞK-15 þá tekin út af veitunni og hafa hvorki ÞK-12 eða 15 verið inni síðan.

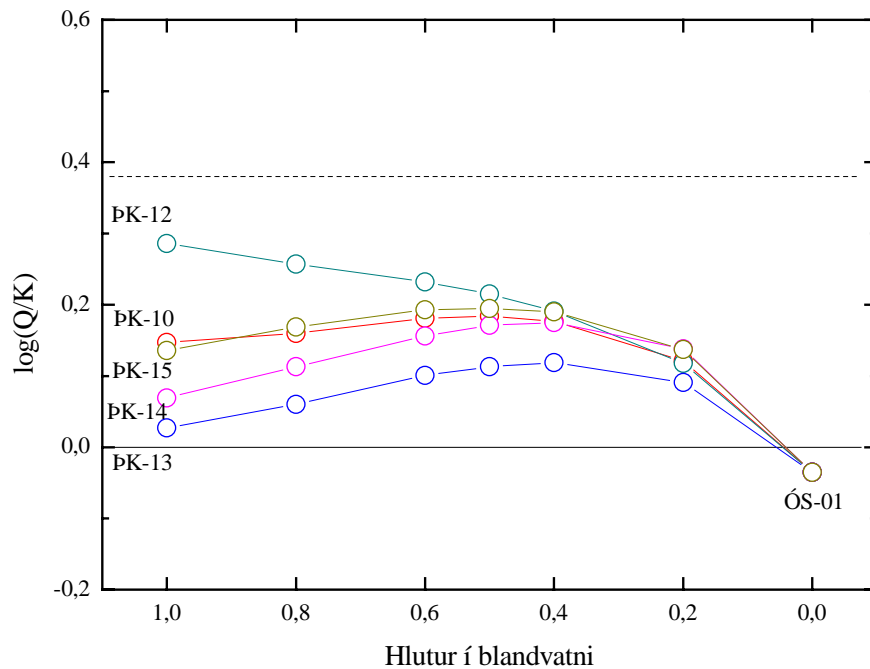
Þegar blöndun vatns úr ÓS-01 annars vegar og hverri hinna vinnsluholnanna hins vegar var reiknuð í nokkrum þrepum og kalsítmettunin reiknuð kom í ljós að hún er hærrí fyrir blandvatnið en hún reiknast fyrir vatnið í holunum sjálfum (mynd 12). Þegar efnaríkt vatnið úr Þorleifskoti blandast vatni úr ÓS-01, sem hefur hátt pH-gildi, verður blandvatnið meira yfirmettuð. Mettunarstig kalsíts eykst við hækkaðann hita og því reiknast yfirmettunin mest þegar vatni úr ÞK-12 er blandað Ósabotnavatni þar sem hiti þess er hár (118°C). Það ber að athuga að áhrif blöndunar tveggja vökva með mismunandi sýrustig eru ekki eins einföld og þegar um önnur uppleyst efni er að ræða, en lítið var fram hjá því í þessu dæmi. Niðurstöður um blöndun vatns úr vinnsluholum eru því birtar með fyrirvara um að sýrustig, og þar af leiðandi að útreiknað mettnarástand vatnsins m.t.t. kalsíts er ekki nákvæmt.

Mynd 12 sýnir að mest hættu er á útfellingu kalsíts úr blöndu af vatni úr ÓS-01 og öðrum vinnsluholum þegar hlutfall þeirrar fyrnefndu er 40-90%. Mest er hættan á útfellingu kalsíts þegar blandað er vatni ÞK-12, ÞK-14 og ÞK-15 við vatn úr ÓS-01 í þessum hlutföllum. Minnst virðist hættan á kalsítútfellingu vera þegar vatninu úr Ósabotnum er blandað við vatn úr holu ÞK-13.

Á mynd 13 eru teiknaðir samskonar ferlar útreiknaðrar mettnar kalsíts í blandvatni nema hér hefur pH-gildi vatns úr ÓS-01 verið lækkað úr 9,9 í 9,5 en engu öðru úr efnasamsetningunni frá 26. febrúar 2002 breytt. Þá reiknast yfirmettun kalsíts mun minni og nær aldrei að verða jöfn því sem reiknast í vatni úr holu ÞK-12 sem hefur hæstu yfirmettunina.



Mynd 12. Kalsítmættun í blandvatni ÓS-01 með öðrum vinnsluholum Selfossveitna.



Mynd 13. Kalsítmættun í blandvatni ÓS-01 með öðrum vinnsluholum Selfossveitna eftir lækkun pH gildis úr 9,9 í 9,5.

4. NIÐURSTÖÐUR OG MÓTVÆGISAÐGERÐIR

Helstu niðurstöður samantektarinnar eru þessar:

- Líklegast er að útfelling á kalsíti í dælustöð Selfossveitna í febrúar 2002 hafi verið vegna blöndunar vatns úr holu ÓS-01, sem hefur hátt pH, og efnaríks heits vatns úr holu ÞK-12 og hugsanlega einnig vegna blöndunar við vatn úr holu ÞK-15.
- Blanda vatns úr ÓS-01 og hinum vinnsluholum reiknast meira yfirmettuð m.t.t. kalsíts en vatnið úr holunum áður en það blandast. Mest er hættan á kalsítútfellingu úr blöndu vatns þegar hlutfallið úr ÓS-01 er á bilinu 40–80%.
- Ekki hefur orðið vart við útfellingu á útfellingaplötum í dælustöð eftir að athugun þessi hófst að því undanskildu að lítills háttar skán sást haustið 2002 þegar hola ÞK-15 var keyrð með ÓS-01.
- Til að kanna frekar myndun kalsítútfellinga og auka jafnframt rekstraröryggi veitunnar er þörf á því að setja upp útfellingaplötur við holutoppa, í lögn frá vinnslusvæðum skömmu eftir að lagnir frá holum ÞK-10 og 12 sameinast aðveituæðinni, við miðlunartank (inn- og úttak) og hugsanlega í dreifikerfi, til þess að kanna hvar og hvort útfelling verður. Mögulegt er að útfelling hafi orðið í stofnlögn þar sem ÞK-12 kemur inn og einnig í miðlunartanki vegna hækkunar pH-gildis við afgösun.

Helstu mótvægisáðgerðir eru:

- Hafa holur ÓS-01 og ÞK-12 eða ÞK-15 ekki samtímis inni á kerfinu, nema hlutfall ÓS-01 sé á því bili sem minnstar líkur eru á útfellingu skv. útreikningum á mettnarástandi blandvatns m.t.t. kalsíts (sjá mynd 12, 0-40% og 80-100%). Inn í þá reikninga er tekið tillit til pH-gildis, efnainnihalds og hita vatnsins í holunum en yfirmettun kalsíts eykst með hækkandi hita og því skiptir hitastig blandvatnsins máli. Þessir reikningar eiga strangt til tekið einungis við þegar ein hola er inni á kerfinu ásamt ÓS-01, en telja má líklegt að blanda vatns úr fleiri vinnsluholum sama svæðis gefi svipaða niðurstöðu í mettnarútreikningum.
- Athuga aðskilið dreifikerfi í framtíðarlausnum við stækkun veitunnar þar sem vatn frá Þorleifskotssvæði og Ósabatnasvæði blandast ekki.
- Íblöndun efna til lækkunar sýrustigs vatnsins úr holu ÓS-01 eða tafaefni (inhibitors) til að koma í veg fyrir eða seinka útfellingu. Til sýrustigslækkunar mætti nota e-ð eftirtalinna íblöndunarefna: saltsýru (HCl), kolsýru (H₂CO₃) eða brennisteinssýru (H₂SO₄).

5. HEIMILDIR

Guðni Axelsson 2001. *Niðurstöður prófunar holu ÓS-01 í Ósaboþnum í mars/apríl 2001*. Orkustofnun, greinargerð GAx-2001/05, 7s.

Ómar Sigurðsson, Magnús Ólafsson, Guðni Axelsson 2002. *Selfossveitur. Eftirlit með jarðhitavinnslu 2000-2001*. Orkustofnun, OS-2002/027, 58 s.

Þórólfur H. Hafstað, Magnús Ólafsson, Kristján Sæmundsson, Guðni Axelsson, Peter E. Danielsen 2001. *Afköst holu ÓS-01 í Ósaboþnum. Frumniðurstöður*. Orkustofnun, greinargerð, ÞHH-MÓ-KS-GAx-PED-2001/04, 9 s.

VIÐAUKI

Efnasamsetning vatns úr vinnsluholum og dælustöð hjá Selfossveitum (mg/l); sýni tekin á árinu 2002.

Staður	ÞK-10	ÞK-10	ÞK-12	ÞK-12	ÞK-12	ÞK-13	ÞK-13	ÞK-13
Dags.	2002.02.11	2002.02.26	2002.02.11	2002.02.18	2002.02.26	2002.02.11	2002.02.18	2002.02.26
Númer	2002-0049	2002-0072	2002-0050	2002-0055	2002-0071	2002-0051	2002-0056	2002-0075
Log (Q/K)	-	0,147	-	-	0,265	-	-	0,028
Hiti (°C)	-	65,5	-	118,5	118	-	73,5	71,4
Rennsli (l/s)	-	-	-	-	4,5	-	-	68,9
Sýrustig (pH/°C)	-	8,52 / 22,3	-	-	9,11 / 21,6	-	-	8,52 / 21,7
Karbónat (CO ₃)	-	37,7	-	-	10,0	-	-	24,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	-	0,08	-	-	0,25	-	-	0,12
Leiðni (µS/cm)	775	700	1450	1440	1392	775	793	837
Kísill (SiO ₂)	61,3	60,3	119	119	113	56,7	59,9	64,9
δD (‰SMOW)	-64,6	-64,8	-76,8	-	-78,0	-63,4	-	-65,4
δO ¹⁸ (‰SMOW)	-9,25	-9,22	-10,01	-	-10,31	-9,17	-	-9,36
Magnesium (Mg)	0,139	0,120	0,006	0,005	0,009	0,104	0,12	0,095
Kalsíum (Ca)	27,2	22,8	32,2	49,4	31,6	27,3	28,7	29,1
Flúor (F)	0,20	0,21	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,22
Klóríð (Cl)	199	174	387	389	369	209	215	233
Súlfat (SO ₄)	52,3	48,8	147	147	140	49,1	52,0	57,3
Uppl. súrefni (O ₂)	-	0	-	-	0	-	-	0

Viðauki framhald

Staður	ÞK-14	ÞK-14	ÞK-14	ÞK-14	ÞK-15	ÞK-15	ÞK-15	ÞK-15
Dags.	2002.02.18	2002.02.26	2002.06.05	2002.11.25	2002.02.11	2002.02.18	2002.02.26	2002.11.25
Númer	2002-0057	2002-0074	2002-0146	2002-0406	2002-0052	2002-0058	2002-0073	2002-0405
Log (Q/K)	-	0,069	-	-	-	-	0,136	-
Hiti (°C)	66,4	65,1	-	65,9	-	65,5	83,0	84,7
Rennsli (l/s)	-	34,7	31-33	48	-	-	17,5	19,6
Sýrustig (pH/°C)	-	8,44 / 21,1	8,51 / 21,3	8,51 / 22,6	-	-	8,80 / 20,9	8,73 / 22,6
Karbónat (CO ₃)	-	26,4	25,7	24,1	-	-	15,2	16,5
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	-	0,09	-	-	-	-	0,12	-
Leiðni (µS/cm)	805	869	900	939	1061	1070	1110	1264
Kísill (SiO ₂)	54	56	63,1	60,0	70,1	70,6	71,1	76,9
δD (‰SMOW)	-	-63,6	-	-	-65,8	-	-66,9	-
δO ¹⁸ (‰SMOW)	-	9,24	-	-	-9,44	-	-9,50	-
Magnesium (Mg)	0,12	0,131	-	0,097	0,047	0,054	0,047	0,049
Kalsíum (Ca)	33,0	36,6	30,6	32,8	35,2	37,3	38,3	38
Flúor (F)	0,19	0,20	-	-	0,22	0,21	0,22	-
Klóríð (Cl)	221	243	-	-	304	307	321	-
Súlfat (SO ₄)	48,1	53,6	-	-	65,5	65,7	68,3	-
Uppl. súrefni (O ₂)	-	0	-	-	-	-	0	-

Viðauki framhald

Staður	ÓS-01	ÓS-01	ÓS-01	ÓS-01	ÓS-01	ÓS-01
Dags.	2002.01.03	2002.02.11	2002.02.18	2002.02.26	2002.06.05	2002.11.25
Númer	2002-0079	2002-0053	2002-0059	2002-0070	2002-0145	2002-0407
Log (Q/K)	-	-	-	0,273	-	-
Hiti (°C)	-	-	80,5	81,5	-	80,5
Rennsli (l/s)	-	-	-	40,5	27,9	40
Sýrustig (pH/°C)	-	-	-	9,9 / 20,7	9,86 / 22,4	9,80 / 22,6
Karbónat (CO ₃)	-	-	-	11,2	11,5	10,7
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	-	-	-	0,17	-	-
Leiðni (µS/cm)	320	335	340	344	394	415
Kísill (SiO ₂)	74,8	73,9	74,1	73,2	72,7	70,5
δD (‰SMOW)	-	-66,0	-	-66,0	-	-
δO ¹⁸ (‰SMOW)	-	-9,78	-	-9,74	-	-
Magnesíum (Mg)	0,002	0,003	0,017	0,006	-	0,002
Kalsíum (Ca)	5,63	6,02	7,98	6,45	6,47	7,83
Flúor (F)	-	0,72	0,71	0,72	-	-
Klóríð (Cl)	-	56,3	58,3	60,2	-	-
Súlfat (SO ₄)	-	26,4	27,4	28,2	-	-
Uppl. súrefni (O ₂)	-	-	-	0	-	-

Viðauki framhald

Staður	Tankur	Dælustöð	Dælustöð	Dælustöð	Dælustöð	Dælustöð
Dags.	2002.02.18	2002.02.26	2002.03.13	2002.06.05	2002.11.08	2002.11.25
Númer	2002-0060	2002-0078	2002-0089	2002-0144	2002-0353	2002-0408
Holur inni á veitu	-	01,12,13,14,15	12,13,14,15	01,14	01,13	01,14,15
Log (Q/K)	-	0,161	0,143	0,319	0,026	0,211
Hiti (°C)	76,0	74,0	72,2	-	-	75,7
Rennsli (l/s)	-	-	-	59	-	100
Sýrustig (pH/°C)	-	8,95 / 22,5	8,58 / 22,9	9,21 / 22,9	8,93 / 22,9	9,11 / 22,7
Karbónat (CO ₃)	-	17,2	26,0	17,0	17,7	15,0
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	-	0,13	0,03	-	-	-
Leiðni (µS/cm)	724	765	869	725	662	780
Kísill (SiO ₂)	65,8	67	63,5	67,6	67,7	67,3
Magnesíum (Mg)	0,068	0,067	0,087	-	0,049	0,049
Kalsíum (Ca)	22,1	24,2	30,7	19,1	16,8	21,6
Flúor (F)	-	0,33	0,21	-	-	-
Klóríð (Cl)	-	207	238	-	-	-
Súlfat (SO ₄)	-	52,9	55,0	-	-	-
Uppl. súrefni (O ₂)	-	0	0	-	-	-