



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Magnús Ólafsson

**HANDBÓK UM SÖFNUN  
VATNS- OG GASSÝNA**

**OS-87021/JHD-03**

Reykjavík, maí 1987



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Magnús Ólafsson**

# **HANDBÓK UM SÖFNUN VATNS- OG GASSÝNA**

**OS-87021/JHD-03**

**Reykjavík, maí 1987**

## ÁGRIP

Í skýrslunni er lýst aðferðum við töku sýna til efnagreininga á heitu og köldu vatni, gasi og gufu, úr uppsprettum, hverum, gufuaugum og borholum. Greint er frá númerakerfi því, sem notað er við merkingu sýna og helstu upplausnum sem þarf að nota við sýnatöku. Að lokum er fjallað um mælingu sýrustigs og greiningu rokgjarnra efna, sem nauðsynlegt er að greina fljótlega að sýnatöku lokinni.

## EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP	2
1 INNGANGUR	5
2 SKRÁNING OG NÚMERAKERFI SÝNA	7
2.1 SKRÁNING SÝNA	7
2.2 NÚMERAKERFI FYRIR JARÐHITAVATN	8
2.2.1 NÚMERAKERFI FYRIR KALT VATN	13
3 SÖFNUN SÝNA	14
3.1 SÖFNUN GASS OG ÞÉTTIVATNS ÚR HVERUM OG GUFUAUGUM.	16
3.2 SÖFNUN ÚR GUFUHOLUM	20
3.3 SÖFNUN Á HEITU VATNI	28
3.4 SÖFNUN Á KÖLDU VATNI	31
3.5 UPPLAUSNIR SEM ÞARF VIÐ SÝNATÖKU	31
3.6 UNDIRBÚNINGUR VEGNA ÝMISSA SÉRGREININGA	32
3.6.1 Söfnun gufu í lút	32
3.6.2 Söfnun sýna til kvikasilfursgreininga	33
3.6.3 Söfnun sýna til þungmálmagreininga	34
3.6.4 Söfnun sýna til radon greininga	34
3.6.5 Mæling á uppleystu súrefni	34
3.7 YFIRLIT YFIR MEÐHÖNDLUN VATNS-, GUFU- OG GASSÝNA	35
3.7.1 Ósoðið vatn.	36
3.7.2 Soðið vatn	36
3.7.3 Gufa	37
4 GREINING Á pH, CO <sub>2</sub> OG H <sub>2</sub> S.	38
4.1 Mæling á CO <sub>2</sub> og H <sub>2</sub> S í háhitavökva	38
4.1.1 Lútarsýni <sup>2</sup>	38
4.1.2 Þéttivatnssýni	39
4.1.3 Vatnssýni	39
4.2 Mæling á CO <sub>2</sub> og H <sub>2</sub> S í lághitavatni	40
5 AÐRAR EFNAGREININGAR	41
6 HEIMILDIR	43

## MYNDASKRÁ

Mynd 1. Sýnishorn af sýnatökublaði	7
Mynd 2. Sýnishorn af efnagreiningarblaði	9
Mynd 3. Sýnatökubíll Orkustofnunar	15
Mynd 4. Sýnataka í bíl Orkustofnunar	15
Mynd 5. Söfnun úr gufuaugum	17
Mynd 6. Gasi og þéttivatni safnað	18
Mynd 7. Söfnunarskilja	22
Mynd 8. Skilja tengd við háhitaholu	23
Mynd 9. Söfnunarbretti í sýnatökubíl	25
Mynd 10. Toppur háhitaholu	27
Mynd 11. Söfnun á heitu vatni	28
Mynd 12. Söfnun á heitu vatni	29
Mynd 13. Gufu safnað í lút	33

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Skammstafanir við sýnatöku og merking þeirra	8
Tafla 2. Sveitarfélagsnúmer	10
Tafla 3. Efnagreiningaaðferðir	41

## 1 INNGANGUR

Jarðefnafræðideild Orkustofnunar sér um jarðefnafræðilegar rannsóknir á jarðhitakerfum. Rekur deildin efnarannsóknastofu í tengslum við þá starfsemi og einnig vegna grunnvatnsrannsókna Vatnsorkudeildar. Deildin sér um sýnatöku á jarðhitavatni og gufu, efnagreiningu, úrvinnslu og túlkun niðurstaðna. Einnig sér hún um greiningar á útfellingum, tæringarefnum og efnagreiningu jarðefna. Starfsemi deildarinnar nær yfir öll stig í rannsókn jarðhitasvæða, forrannsókn, djúprannsókn og vinnslurannsóknir.

Á forrannsóknarstigi er rannsókn á jarðhitavökva mikilvæg til þess að afmarka vatnskerfi og áætla hitastig í jarðhitageymi.

Á djúprannsóknarstigi er nýtingarhæfni jarðhitavökvans metin og fylgst með breytingum á samsetningu borholuvökvans. Eðliseiginleikar jarðhitakerfisins eru túlkaðir frá greiningum á vökva og bergi sem tengdar eru jarðeðlisfræðilegum mælingum í borholum og niðurstöðum forrannsókna.

Á vinnslustigi er fylgst áfram með breytingum á efnasamsetningu borholuvökva og viðbrögðum jarðhitasvæðanna við nýtingu. Nýtingarhæfni er endurmetin frá nýjum forsendum. Ef útfellingar verða eru þær greindar og reynt að skýra orsakir þeirra.

Vegna þess hversu mikilvægt er að sýni réu rétt tekin og meðhöndluð hefur af hálfu deildarinnar verið reynt að fylgja því eftir að einungis starfsmenn hennar tækju þau eða aðrir sem þjálfun hafa fengið í sýnatöku. Getur það verið tilgangslítill vinna og ómarkviss vinnubrögð að efnagreina sýni sem tekin eru af kunnáttuleysi.

Þegar ráðist var í að koma á fót efnarannsóknastofu við Orkustofnun á sínum tíma var það gert vegna þess að þótt unnt væri að kaupa að alla nauðsynlega efnagreiningarvinnu (greiningar á helstu efnum í heitu vatni) voru aðferðir þar ekki miðaðar við jarðhitavatn. Hentuðu þær í mörgum tilfellum illa vegna truflana frá öðrum efnum o.þ.h. Rokgjörn efni verður að greina á staðnum eða strax þegar komið er úr leiðangri og til þess þurfti aðstöðu. Meðhöndlun og undirbúningur fyrir sýnatöku krafðist einnig aðstöðu. Við úrvinnslu greininga koma stöku sinnum í ljós gallar á greiningu og til að finna þá og bæta úr þurfa að vera bein og góð tengsl milli greiningarmanns og þess sem úr greiningunni vinnur. Séu þessi tengsl slitin er hætt við að áreiðanleiki verði fljótt lítill, jafnvel þótt hæfir tæknimenn hafi umsjón með greiningunum.

Fyrir tólf árum kom út skýrsla með lýsingum á helstu aðferðum við söfnun og efnagreiningar á heitu vatni og gasi (Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson, 1975). Sú skýrsla er orðin nokkuð úrelt og kominn tími til að endurnýja hana. Söfnunaraðferðir hafa breyst mikið, en lýsingar á þeim eru ekki til á prenti nema að hluta til og þá dreifðar í ýmsum skýrslum. Nýju skráningarkerfi hefur aðeins verið lýst í nokkrum óformlegum greinargerðum. Þegar nýjar efnagreiningaaðferðir hafa verið prófaðar og settar upp hefur oftast verið sett saman skýrsla eða greinargerð um verkefnið. Form og uppsetning þessara skýrslna eru í mörgum tilvikum óaðgengileg sem aðferðalýsing.

Þegar hafist var handa um þessa skýrslu stóð til að hún fjallaði bæði um söfnun og efnagreiningar. Frá því var þó fallið þar sem slík skýrsla hefði orðið óþægilega viðamikil. Hætt er við að útgáfa hennar hefði einnig dregist úr hömlu þar sem mikil vinna er eftir við að búa til aðgengilegar lýsingar á aðferðum. Verður reynt að flýta því verki eftir föngum.

Magnús Ólafsson fékk það verkefni að taka saman þessa skýrslu og hefur séð um það verk með dugnaði, en allir starfsmenn Jarðefnafræðideildar hafa lagt hönd á plóginn og efnið er frá þeim og fyrri starfsmönnum deildarinnar.

Hrefna Kristmannsdóttir  
deildarstjóri



Til þess er ætlast að safnari fylli eyðublaðið út eins vel og kostur er á söfnunarstað. Myndin sýnir hvaða hluta blaðsins þarf að fylla út, en einnig er þess getið úr hvaða söfnunarílátum þau efni eru greind, sem greina þarf fljótlega að lokinni sýnatöku. Skammstafanir eru skýrðar í töflu 1.

Tafla 1. Skammstafanir við sýnatöku og merking þeirra.

- Ru: ekki síað (raw, untreated)
- Rb: ekki síað, með basa (raw, base added)  
!skrá þyngd og rúmmál!
- Rd: ekki síað, þynnt (raw, diluted)  
!hér þarf að skrá þynningu!
- Ra: ekki síað, sýrt (raw, acidified)  
!skrá þynningu ef þynnt!
  
- Fu: síað (filtered, untreated)
- Fp: síað, fellt (filtered, precipitated)  
!skrá þynningu ef þynnt!
- Fa: síað, sýrt (filtered, acidified)  
!skrá þynningu ef þynnt!

Nauðsynlegt er að skrá vel og skilmerkilega staðsetningu sýnatöku-  
staðar, sýslu, hrepp og síðan nánari lýsingu í texta ef með þarf, en  
sýnanúmer fást uppgefin á Jarðefnafræðideild.

Sérstök ástæða er að geta þess að safnari verður að skrá skilju-  
þrýsting ( $P_s$ ) við söfnun úr háhitaholum, því annars er öll úrvinnsla  
efnagreiningar gagnslaus.

Endanleg skráning sýnisins fer síðan fram á Jarðefnafræðideild um  
leið og efnagreining þess hefst.

## 2.2 NÚMERAKEFI FYRIR JARÐHITAVATN

Að lokinni sýnatöku er sýnið fært til efnagreiningar á Jarðefna-  
fræðideild Orkustofnunar. Þar er fyllt út sérstakt eyðublað, sem  
nefnist "EFNAGREININGAR Á VATNI OG GASÍ", og eru niðurstöður hverrar  
greiningar skráðar þar. Á mynd 2 er sýnishorn af einu slíku blaði og  
inn á það hefur verið fært úr hvaða söfnunaríláti einstök efni eru  
greind. Við sýnatöku eru ílát merkt með viðeigandi skammstöfunum, og  
eru þær útskýrðar í töflu 1.

Sýni nr.	Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur	Sýni ták												
	3	6	0	4	4	0	0	3	0	0	8	3	1	1	1	7	0	2	7	8	8315		KHS/MÓ
Staður (borh. uppárettu)																							
Brúarreykir																							
Sýsla, kaupstaður						Hreppur																	
Mýrasýsla						Stafholtstungnahreppur																	
P <sub>0</sub> (bar)	P <sub>s</sub> (bar)	H <sub>0</sub> (MJ/kg) / Dagsetning			Rennell (kg/s)	Kvarthiti (°C)	Kalsædonhiti(°C)		NaK-hiti (°C)														
felt	felt	felt /			felt	reikn	reikn		reikn														
Ⓥ Efnasamsetning vatns (ppm)						ⓐ Gas (rúmm-%)			ⓑ Efnas. þéttiv. (ppm)														
Hiti °C	felt	H <sub>2</sub> S	túpa			CO <sub>2</sub>	túpa		pH/°C	túpa/													
pH/°C	túpa	Cl	Fu (Fu)			H <sub>2</sub> S	--		CO <sub>2</sub>	--													
Ωm/°C	Fu /	F	Fu			H <sub>2</sub>	--		H <sub>2</sub> S	--													
SiO <sub>2</sub>	Rd (Ru)	Uppl. efni	Fu			O <sub>2</sub>	--		Na	Ru													
Na	Fa					CH <sub>4</sub>	--																
K	Fa					N <sub>2</sub>	--																
Ca	Fa								Ⓞ Efnas. gufu (ppm)														
Mg	Fa								CO <sub>2</sub>	Rb													
CO <sub>2</sub>	túpu	Jónavægi	reikn						H <sub>2</sub> S	--													
SO <sub>4</sub>	Fp (Fu)	Massavægi	reikn			lg:kgp/°C	felt																
Athugasemdir																							

Mynd 2. Sýnishorn af efnagreiningarblaði.

Til að henda reiður á öllum þeim sýnum, sem berast til Jarðefnafræðideildar, hefur verið komið upp númerakerfi, sem sýnin eru skráð eftir. Númerakerfi þessu hefur verið lýst í Greinargerðum Orkustofnunar (Hörður Svavarsson, ofl., 1981, og Hörður Svavarsson og Gestur Gíslason, 1982) og er eftirfarandi lýsing byggð á þeim.

Sýsla, hreppur (4 stafir)

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
X	X	X	X						

Númer samkvæmt númerakerfi Hagstofu (tafla 2, bls. 10). Fyrsti tölustafur táknar kjördæmi, tveir fyrstu sýslu og allir fjórir hrepp. Sýni utan umdæma fá númer 9000 og sýni erlendis frá fá númer 9999.

Tafla 2. Sveitarfélagsnúmer.

<u>xx00 KAUPSTADIR</u>	<u>3800 DALASÝSLA</u>	<u>5700 SKAGAFJARDARSÝSLA</u>	<u>7600 S-MÚLASÝSLA</u>
0000 Reykjavík	3801 Hörðudals	5701 Skefilsstaða	7601 Skriðdals
1000 Kópavogur	3802 Miðdala	5702 Skarðs	7602 Valla
1100 Seltjarnarnes	3803 Haukadals	5703 Staðar	7603 Egilsstaða
1300 Garðabær	3804 Laxárdals	5704 Seylu	7604 Valla
1400 Hafnarfjörður	3806 Fellsstrandar	5705 Lýtingsstaða	7605 Mjóafjarðar
2200 Keflavík	3807 Klofnings	5706 Akra	7606 Norðfjarðar
2300 Grindavík	3808 Skarðs	5707 Rípur	7607 Helgustaða
2400 Njarðvík	3809 Saurbæjar	5708 Viðvíkur	7609 Reyðarfjarðar
3000 Akranes		5709 Hóla	7610 Fáskrúðsfjarðar
4000 Ísafjörður	<u>4500 A-BARDASTRANDARS.</u>	5710 Hofs	7611 Búða
4100 Bolungarvík	4501 Geiradals	5711 Hofsó	7612 Stöðvar
5000 Siglufjörður	4502 Reykhóla	5712 Fells	7613 Breiðdals
6000 Akureyri	4503 Gufudals	5713 Haganes	7614 Berunes
6100 Húsavík	4504 Múla	5714 Holts	7615 Búlands
6200 Ólafsfjörður	4505 Flateyjar		7616 Geithellna
6300 Dalvík		<u>6500 EYJAFJARDARSÝSLA</u>	
7000 Seyðisfjörður	<u>4600 V-BARDASTRANDARS.</u>	6501 Grímseyjar	<u>7700 A-SKAFTAFELLSÝSLA</u>
7100 Neskaupstaður	4601 Barðastrandar	6502 Svarfæðardals	7701 Bæjar
7200 Eskifjörður	4602 Rauðasands	6504 Hríseyjar	7702 Nesja
8000 Vestmannaeyjar	4603 Patreks	6505 Árskógs	7703 Hafnar
8100 Selfoss	4604 Tálknafjarðar	6506 Arnarnes	7704 Mýra
	4605 Ketildala	6507 Skriðu	7705 Borgarhafnar
<u>2500 GULLBRINGUSÝSLA</u>	4606 Suðurfjarða	6508 Öxnadals	7706 Hofs
2520 Hafna		6509 Glæsibæjar	
2503 Miðnes	<u>4700 V-ÍSAFJARDARSÝSLA</u>	6510 Hrafnagils	<u>8500 V-SKAFTAFELLSÝSLA</u>
2504 Gerða	4701 Auðkúlu	6511 Saurbæjar	8501 Hörgslands
2506 Vatnsleysustrandar	4702 Þingeyrar	6512 Öngulstaða	8502 Kirkjubæjar
	4703 Mýra		8503 Skaftártungu
<u>1600 KJÓSARSÝSLA</u>	4704 Mosvalla	<u>6600 S-ÞINGEYJARSÝSLA</u>	8504 Leidvalla
1603 Bessastaða	4705 Flateyrar	6601 Svalbarðsstrandar	8505 Álftavers
1604 Mosfells	4706 Suðureyrar	6602 Grýtubakka	8508 Mýrdals
1605 Kjalarnes		6604 Háls	
1606 Kjósar	<u>4800 N-ÍSAFJARDARSÝSLA</u>	6605 Ljósavatns	<u>8600 RANGÁRVALLASÝSLA</u>
	4803 Súðavíkur	6606 Bárðdæla	8601 Austur-Eyjafjalla
<u>3500 BORGARFJARDARS.</u>	4804 Ögur	6607 Skútustaða	8602 Vestur-Eyjafjalla
3501 Hvalfjarðarstr.	4805 Reykjafjarðar	6608 Reykdæla	8603 Austur-Landeyja
3502 Skilmanna	4806 Nauteyrar	6609 Aðaldæla	8604 Vestur-Landeyja
3503 Innri-Akranes	4807 Snæfjalla	6610 Reykja	8605 Fljótshlíðar
3504 Leirár- og Mela		6611 Tjörnes	8606 Hvol
3505 Andakíls	<u>4900 STRANDASÝSLA</u>		8607 Rangárvalla
3506 Skorradals	4901 Árnes	<u>6700 N-ÞINGEYJARSÝSLA</u>	8608 Landmanna
3507 Lundareykjadals	4902 Kaldrananes	6701 Keldunes	8609 Holta
3508 Reykholtsdals	4903 Hrófbergs	6702 Öxarfjarðar	8610 Ása
3509 Hálsa	4904 Hólmavíkur	6703 Fjalla	8611 Djúpár
	4905 Kirkjubóls	6704 Presthóla	
<u>3600 MÝRASÝSLA</u>	4906 Fells	6705 Raufarhafnar	
3601 Hvitársíðu	4907 Óspakseyrar	6706 Svalbarðs	<u>8700 ÁRNESSÝSLA</u>
3602 Þverárhliðar	4908 Bæjar	6707 Þórshafnar	8701 Gaulverjabæjar
3603 Norðurárdals		6708 Sauðanes	8702 Stokkseyrar
3604 Norðurárdals	<u>5500 V-HÚNAVATNSSÝSLA</u>		8703 Eyrabakka
3605 Staðholtstungna	5501 Staðar	<u>7500 N-MÚLASÝSLA</u>	8704 Sandvíkur
3606 Borgar	5502 Fremri-Torfustaða	7501 Skeggjastaða	8706 Hraungerðis
3607 Borgarnes	5503 Ytri-Torfustaða	7502 Vopnafjarðar	8707 Villingaholts
3608 Álftanes	5504 Hvammstanga	7503 Hlíðar	8708 Skeiða
3609 Hraun	5505 Kirkjuhvamms	7504 Jökuldals	8709 Gnúhverja
	5506 Þverár	7505 Fljótsdals	8710 Hrunamanna
	5507 Þorkelshóls	7506 Fella	8711 Biskupstungna
<u>3700 SNÆFELL SNÆSSÝSLA</u>		7507 Tungu	8712 Laugardals
3701 Kolbeinsstaða	<u>5600 A-HÚNAVATNSSÝSLA</u>	7508 Hjaltastaðar	8713 Grímsnes
3702 Eyja	5601 Ás		8714 Þingvalla
3703 Miklaholts	5602 Sveinsstaða		8715 Grafnings
3704 Staðarsveit	5603 Torfalækjar		8716 Hveragerðis
3705 Breiðuvíkur	5604 Blönduós		8717 Ölfus
3706 Nes	5605 Svínavatns		8718 Selvogs
3707 Ólafsvíkur	5606 Bólstaðarhlíðar		
3708 Fróðár	5607 Engihlíðar		
3709 Eyrarsveit	5608 Vindhælis		
3710 Helgafellssveit	5609 Höfða		
3711 Stykkishólms	5610 Skaga		
3712 Skógarstrandar			

Svæðisnúmer (3 stafir)

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
		X X X							

Háhitasvæði 100 - 399

Fyrstu tveir stafir tákna háhitasvæði í heild, en sá þriðji greinir á milli borsvæða.

000 Ekki notað	180 Torfajökull
110 Reykjanes	190 Hveravellir
120 Svartsengi	200 Vonarskarð
121 Eldvörp	210 Grímsvötn
130 Krýsuvík	220 Kverkfjöll
131 Trölladyngja	230 Askja
140 Brennisteinsfjöll	240 Fremrinámar
150 Hengill	250 Námafjall
151 Hveragerði	251 Hverarönd
152 Gufudalur	252 Bjarnarflag
153 Nesjavellir	260 Krafla
154 Kolviðarhóll	270 Þeistareykir
160 Geysissvæðið	280 Öxarfjörður
170 Kerlingarfjöll	

Lághitasvæði 400 - 499

Númer jarðar (lögbýlis) innan hrepps. Hér er átt við þá jörð, sem viðkomandi jarðhitastaður tilheyrir.

Staðsetning (3 stafir)

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
			X X X						

Fyrsti stafur gefur til kynna tegund sýnatökustaðar (athugunarstaðar):

0 Óskilgreint	5 Ölkelda
1 Borhola	6 Pípa
2 Gufuauga	7 Opið rennsli
3 Vatnshver	8
4 Leirhver	9

Tveir síðari stafir ákvarða nánar sýnatökustað (athugunarstað), þ.e. númer holu, númer gufuauga o.s.frv.

Dagsetning (6 stafir).

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
				X X	X X	X X			

Ár, mánuður og dagur. Dæmi: 821123

Númer (4 stafir).

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
							X X X X		

Fyrsti stafur segir til um hvaðan gögnin eru fengin.

- 0 Orkustofnun
- 1 Orkustofnun (Krafla og Námafjall)
- 2 Rannsóknarstofnun iðnaðarins, Iðntæknistofnun
- 3 Háskóli Íslands (og Dr. ritgerð Stefáns Arnórssonar)
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9 Erlendis frá

Annar, þriðji og fjórði stafur tákna röð á árinu.

Sýnahópur (4 stafir).

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
								X X X X	

Númer sem gefur upplýsingar um sýnahóp, sem efnagreindur er samtímis á rannsóknarstofu. Tveir fyrstu stafir tákna ár og tveir næstu röð hóps á árinu.

Tilgangur athugunar (4 stafir).

Sýsla	Hreppur	Svæði nr.	Staðsetning	Ár	Mánuður	Dagur	Númer	Sýnahópur nr.	Tilgangur
									X X X X

Þetta númer er notað til gera grein fyrir tilgangi athugunar (sýnatöku).

Fyrsti stafur:

Annar stafur:

- |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 0 Óskilgreint                       | 0 Óskilgreint |
| 1 Almenn jarðhitarannsókn           | 1 Hitaveita   |
| 2 Rekstrartæknileg athugun          | 2 Gufuveita   |
| 3 Umbrot (eldvirkni, jarðskjálftar) | 3 Vatnsveita  |

Þriðji stafur:

Fjórði stafur:

- |                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| 0 Óskilgreint                     | 0 Óskilgreint  |
| 1 Neysluvatn                      | 1 Háhitasvæði  |
| 2 Tæring                          | 2 Lághitasvæði |
| 3 Útfelling                       |                |
| 4 Affallsvatn                     |                |
| 5 Mengun                          |                |
| 6 Bakvatn                         |                |
| 7 Blöndun                         |                |
| 8 Aflmæling, meðburður, gasmæling |                |
| 9                                 |                |

### 2.2.1 NÚMERAKERFI FYRIR KALT VATN

Sérstakt númerakerfi hefur ekki verið byggt upp fyrir sýni af köldu vatni. Við tölvuskráningu kaldavatnsgreininga, hefur verið notað sama forrit og gert var vegna skráningar á efnagreiningum á jarðhitavatni. Skráning kalda vatnsins byggir þannig á hreppsnumeri, dagsetningu og sýnatökunúmeri kaldavatnssýnanna, sem hefur einkennisstafinn 9 í fyrsta sæti og síðan annan, þriðja og fjórða staf, sem tákna röð sýnis á árinu. Auðkenning og frekari flokkun vantar enn í númerakerfi kaldavatnssýna.

### 3 SÖFNUN SÝNA

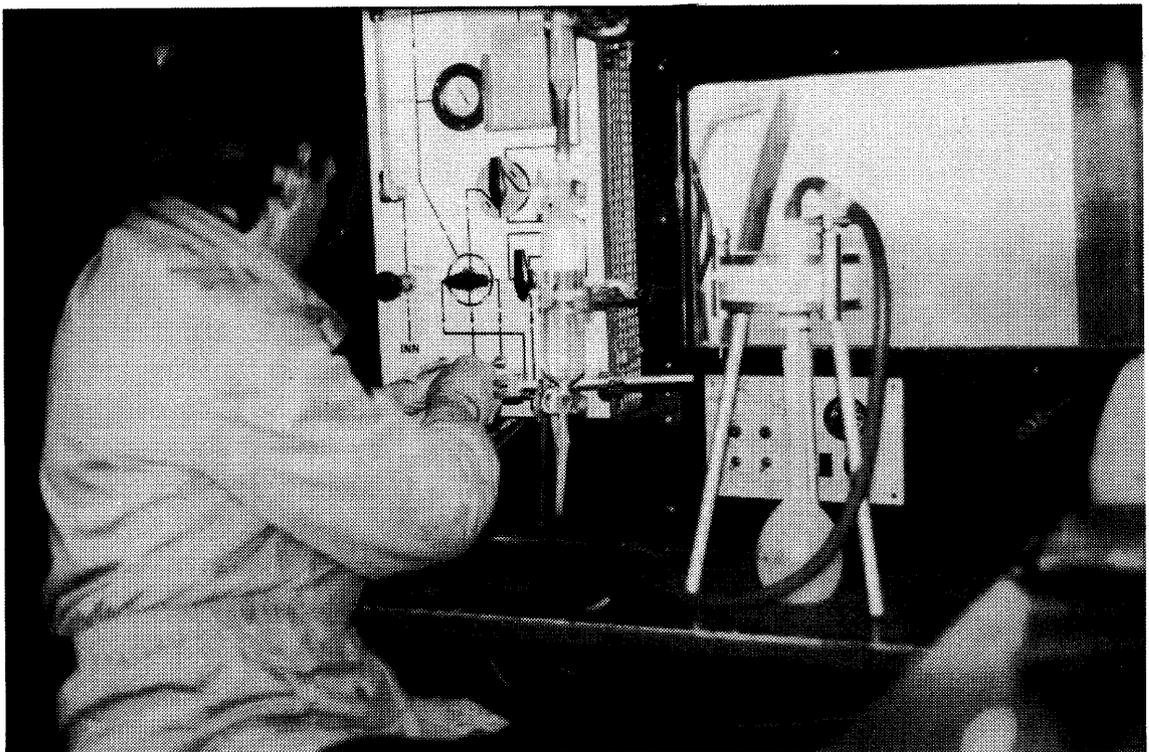
Við söfnun sýna er mikilvægt að safnari meðhöndli sýnin rétt og gæti þess að ekki verði mengun né óæskilegar efnabreytingar í sýnunum við sýnatöku eða í flutningi. Þær söfnunaraðferðir sem notaðar eru á Jarðefnafræðideild og lýst er í þessum kafla, miðast við að halda þessum þáttum í lágmarki. Með stöðluðum aðferðum er miðað að því, að fá sem sambærilegastar niðurstöður. Við söfnun sýna, einkum úr gufuborholum, getur þurft að safna í 10 til 20 ílát og er því mikilvægt að nota hentug og ódýr ílát og hafa reglu á merkingum. Söfnun sýna úr borholum fer yfirleitt fram í sérstökum sýnatökubíl með innbyggðum kæliútbúnaði (sjá myndir 3 og 4). Við sýnatöku í laugum og gufuaugum gagnast sýnatökubíll yfirleitt ekki eins vel, en hann er þá oft notaður sem rannsóknarstofa við slíka sýnatöku.

Talsvert er vitað um það, hvernig efnasamsetning jarðhitavatns breytist við geymslu, og hefur t.d. komið í ljós, að styrkur ýmissa rokgjarnra efna lækkar. Af þessum sökum þarf að safna vatni á sérstök ílát og greina þarf pH,  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  fljótlega eftir söfnun. Jafnframt er nauðsynlegt, að meðhöndla sýnin á ýmsan hátt um leið og söfnun fer fram.

Hér á eftir verður fjallað sérstaklega um söfnun gass og þéttivatns úr gufuaugum, söfnun vatns, gass og þéttivatns úr gufuborholum, söfnun á heitu vatni og söfnun á köldu vatni. Að lokum verður í þessum kafla fjallað um meðhöndlun sýna og undirbúning fyrir söfnun sýna til einstakra sérgreininga (lútarsýni, kvikasilfurssýni og önnur þungmálmasýni).



Mynd 3. Sýnatökubíll Orkustofnunar



Mynd 4. Sýnataka í bíl Orkustofnunar

### 3.1 SÖFNUN GASS OG ÞÉTTIVATNS ÚR HVERUM OG GUFUAUGUM.

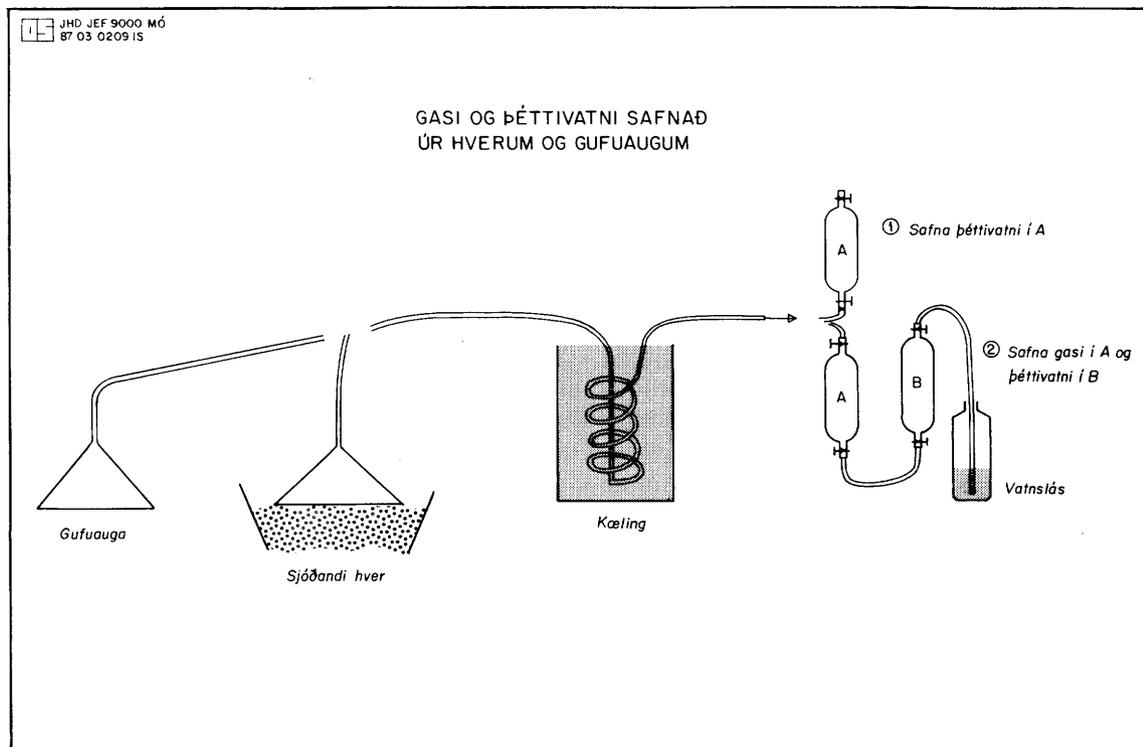
Þegar gasi er safnað úr sjóðandi hverum eða gufuaugum er nauðsynlegt að hafa eftirfarandi áhöld:

Trekt, af þeirri stærð sem hentar útstreymi á söfnunarstað  
Slöngur, tengi, slönguklemmur og þríleiða-loka  
Gastúpur (rúmmálsmældar)  
Lútarflöskur  
Mæliglös og söfnunarhaus fyrir kvikasilfur  
Plastbrúsa (100 og 500 ml)  
Upplausnir (0,2M  $ZnAc_2$ ,  $KMnO_4$  (mettuð) og 1N  $HNO_3$ )  
Súra saltlausn  
Kælispiral og/eða kæliplötu  
Vatnsfötu og gúmmívettlinga  
pH-mæli og búffera (pH 4, 7 og 10)  
Hitamæli og hitamelistaf  
Leiðnimæli  
Loftdælu  
Pípettur og mæliglas  
Radonflösku (lofttæmda)  
Skóflu og merkihæla  
Sýnatökublöð, merkkipenna, blýant og sýnatökunúmer

Þegar komið er á svæði, þar sem safna á, er venjulega byrjað á því að mæla hita í nokkrum gufuaugum eða hverum, og safna síðan úr vel heitum stað. Er þá helst valið blásandi gufuauga eða sjóðandi hver. Við söfnun úr vatnspollum er reynt að finna poll, sem hefur mikið gasútstreymi. Trektinni er þá hvolft yfir staðinn þar sem gasútstreymið er mest og brún hennar látin vera vel niður í vatninu. Trektina má festa með því að reka tréstafl í bakkann og festa síðan trektarhálsinn við staflinn. Þegar safnað er úr gufuaugum, þá er trektinni hvolft yfir augað og þétt vel að með leir, þannig að andrúmsloft komist ekki inn í trektina. Gott er að velja söfnunarstaðinn á þann hátt, að hann standi svolítið hærra en umhverfið, og fæst þá vatnshalli frá trektinni að söfnunarstút. Frá trektinni er síðan lögð gúmmíslanga og fer lengd hennar eftir aðstæðum á söfnunarstað, en oft er hún höfð tveir til fimm metrar (mynd 5). Þegar gufustreymi er mikið, er nauðsynlegt að kæla gufuna til þess að þetta hana og kæla gasið áður en því er safnað. Þá er komið fyrir kælispiral eða kæliplötu á slöngunni á milli trektar og söfnunarstúts og kelt með vatni, snjó eða andrúmslofti, allt eftir aðstæðum á hverjum stað. Þegar tekist hefur að ná hæfilegri kælingu (í ca 20 °C) getur söfnun hafist. Ef rennsli er lítið, þá er oft á tíðum nauðsynlegt að hjálpa því af stað með loftdælu, þar til þéttivatn fer að dropa fram úr söfnunarstútnum.



Mynd 5. Söfnun úr gufuaugum



Mynd 6. Gasi og þéttivatni safnað

Þegar söfnun hefst er byrjað á því að skola tvær rúmmálmældar glertúpur, aðra fyrir gas og hina fyrir þéttivatn. Túpunar eru skolaðar tvisvar til þrisvar sinnum með þeim vökva, sem safna skal. Er því næst byrjað á því að safna þéttivatni í túpuna, sem safna á gasi í, og er hún fyllt. Túpan er höfð opin í báða enda á meðan. Til þess að fylla túpuna alveg er oft nauðsynlegt að hjálpa til í lokin, annað hvort með loftdælu, eða þá að sjúga létt með munnum í gegnum slöngubút. Þegar gastúpan hefur verið fyllt af þéttivatni er hún tengd við þéttivatnstúpuna með slöngubút, sem hefur verið skolaður. Á hinn enda þéttivatnstúpunnar er settur annar slöngubútur og er honum stungið ofan í brúsa (500 ml), sem inniheldur þekkt magn af vatni (ca 50 ml). Slöngubúturinn er látinn ná ofan í vatnið og myndar hann vatnslás. Gastúpunni er nú snúið við og gas streymir í hana og með því kemur þéttivatn, en þéttivatnið flyst yfir í þéttivatnstúpuna (mynd 6). Þar kemur, að vatn fer að renna úr þéttivatnstúpunni yfir í brúsann enda höfðum við valið gastúpuna þá stærri af túpunum tveim. Þegar gastúpan er orðin full af gasi, svo til allt þéttivatn farið, þá er skrúfað fyrir neðri kranann á henni og lokað fyrir báða enda þéttivatnstúpu. Gasi er nú leyft að streyma inn litla stund, þannig að vægur yfirþrýstingur nái að myndast í túpunni. Er henni síðan lokað og hún merkt. Þéttivatnstúpa merkt og slöngubútar tæmdir í brúsann.

Þegar safnað hefur verið í báðar túpunar er mælt það þéttivatn, sem safnaðist með gasinu. Túpunar hafa þekkt rúmmál, þannig að

nauðsynlegt er að mæla magn þéttivatnsins sem fór yfir í brúsann, en muna eftir að draga frá magn þess vatns, sem sett var í hann áður. Magn þéttivatns, sem safnast með gasinu er síðan fundið á eftirfarandi hátt:

(ml í þv. túpu) + (ml í brúsa e. söfnun - ml í brúsa f. söfnun) -  
(ml í gastúpu) = (ml þv. með gasi)

Nú er komið að því, að taka þéttivatn á plastbrúsa. Innihaldi þéttivatnið mikið brennisteinsvetni, er nauðsynlegt að fella það út um leið og safnað er. Það er gert á þann hátt, að 100 ml brúsi er veginn tómur og þyngdin skráð á hann. Þegar búið er að skola brúsann með sýninu er sett þekkt magn af 0,2 M  $ZnAc_2$  í brúsann (5 til 10 ml, eftir aðstæðum) og sýnið látið renna í hann. Miðað er við að hlutfall  $ZnAc_2$  : þéttivatn sé sem næst 1 : 10. Brúsinn er síðan veginn aftur að söfnun lokinni og fæst þá heildarmagn sýnis ásamt  $ZnAc_2$  og loks má reikna magn sýnis þar eð  $ZnAc_2$  var mælt í brúsann. Nauðsynlegt er að skrá þessar upplýsingar á brúsann. Að þessari sýnatöku lokinni er tekið þéttivatn á tvo 100 ml plastbrúsa til greiningar á vetnis- og súrefnisísótópum.

Í sumum tilfellum, einkum ef þéttivatnstakan gengur treglega, er ekki byrjað á því að safna þéttivatni í gastúpuna, heldur er hún fyllt af súrri NaCl-laun, sýrð á þann hátt, að í launina er bætt conc. HCl þar til pH er lægra en 1. Súr saltlausn er einnig sett í brúsa og slanga, sem tengd er við neðri enda túpu er höfð ofan í launinni í brúsanum. Á efri enda túpu er settur stuttur slöngubútur og þríleiða-loki. Túpan er nú opnuð og látið renna úr henni uns neðri slangan er full af laun. Síðan er súra saltlausnin dregin aftur upp í túpuna og upp í þríleiða-lokann. Honum er þá snúið á þann veg, að gufan streymi út úr honum. Þegar skolun slöngu frá trekt og loka er lokið er þríleiða-loka snúið þannig að gufan streymi í túpuna, en þess jafnframt gætt að tempru rennslið í gegnum hana. Súra saltlausnin er síðan látið streyma úr túpunni í gegnum vatnslás, þar til túpan er full af gasi. Í söltu vatni er uppleysanleiki gastegunda hverfandi, og er því betra að nota það en ferskt vatn. Rétt er einnig að hafa í huga, að nauðsynlegt er að láta gufuna streyma um söfnunarslönguna áður en söfnun hefst, til þess að reka allt loft burt úr henni.

Oft er nauðsynlegt að nota loftdælu við söfnun gassýna, en æskilegast er, ef þess er nokkur kostur, að hafa gufustreymi það mikið að það sé nægilegt til að reka vatnið úr túpunni. Þá er líka nauðsynlegt að hafa góða kælingu. Ef loftdæla er notuð verður að varast að dæla of kröftuglega, því slíkt getur skapað hættu á að andrúmsloft smjúgi gegnum jarðvegin og komist inn undir trektina. Best er að sleppa dælingu ef þess er nokkur kostur.

Nú hefur verið safnað gasi á eina túpu, þéttivatni á aðra og einnig í brúsa og er þá komið að því að ná gasi og þéttivatni í lofttæmda lútarflösku. Þeirri söfnun er lýst í kafla 4.6.1.

Sýni til greininga á kvikasilfri eru tekin í 100 ml mæliglös, í gegnum sérstakan söfnunarhaus sem hefur "glergitter" á neðri enda. Þessari söfnunaraðferð er lýst í kafla 4.6.2.

Radon sýni eru tekin á sérstakar loftæmdar flöskur frá Raunvísindastofnun Háskólans. Söfnunarstútur er þá tengdur við rörið, sem liggur niður á botn flöskunnar og sknúfað lítið frá slönguklemmu. Þannig er safnað í nokkurn tíma, en söfnun lýkur þegar nánast hætt er að streyma inn í flöskuna. Nauðsynlegt er að skrá niður tíma við upphaf og lok söfnunar og auk þess dagsetningu og staðsetningu á miða sem fylgir flöskunni.

Þegar söfnun lýkur þá er öllu dóti pakkað saman og æskilegt er að menn reyni að lagfæra jarðrask, sem alltaf er óumflýjanlegt við söfnun. Góður siður er að merkja söfnunarstað með litlum tréhæl.

### 3.2 SÖFNUN ÚR GUFUHOLUM

Þegar safnað er úr gufuholum er nauðsynlegt að hafa eftirfarandi áhöld:

Skilju með stútum, þrýstimæla og skiljuhitamæli  
Söfnunarslöngu með tengjum  
Fittings og teflon-band  
Skiptilykla, rörtengur og vírbursta  
Kæliútbúnað  
Hitamæli  
Leiðnimæli  
Gastúpur (rúmmálmældar) og vatnstúpur  
Síu og fíltappír (0,45  $\mu$ )  
Lútarflöskur  
Radon-flöskur  
Plastbrúsa (100 og 500 ml)  
Upplausnir (0,2M  $ZnAc_2$ , 6N HCl,  $KMnO_4$  (mettuð) og 1N  $HNO_3$ )  
Mæligös og söfnunarhaus fyrir kvikasilfur  
Pípettur  
Eimað vatn  
pH-mæli og búffera (pH 4, 7 og 10)  
Mæliglas  
Kolbur (100 og 500 ml)

Gúmmíslöngu og tengi  
Gúmmíhanska og regngalla  
Eyrnahlífar, andlitshlíf og bréfpurrkur  
Sýnatökublöð, merkipenna, blýant og sýnatökunúmer

Oftast fer söfnun úr gufuholum fram í sérstökum sýnatökubíl Orku-  
stofnunar.

Við söfnun úr gufuholum eru að jafnaði notaðar litlar skiljur, af þeirri gerð sem sýnd er á myndum 7 og 8. Inn í gufuholur streymir blanda af vatni og gufu eða vatn eingöngu. Á leiðinni upp til yfirborðs sýður vatnið og gufuhlutinn eykst á kostnað vatnsins, eftir því sem nær dregur útstreymisopi. Í gufuholum eru því yfirleitt til staðar tveir fasar, vatn og gufa. Hiti blöndunnar og hlutfall vatns og gufu eru háð þrýstingi og varmainnihaldi blöndunnar. Streymisgerð blöndunnar í útstreymisæð er mjög háð hlutfalli vatns og gufu, sem aftur er háð innstreymishita í holuna og þrýstingi í útstreymisröri. Sveinbjörn Björnsson og Sigurður Benediktsson (1968) hafa fjallað ítarlega um flæði og streymisgerð vatns- og gufublöndu, svo og um staðsetningu söfnunarventla á borholutoppum. Almennt er talið, að greina megi rennslisgerð vatns-gufu blöndu í fimm flokka:

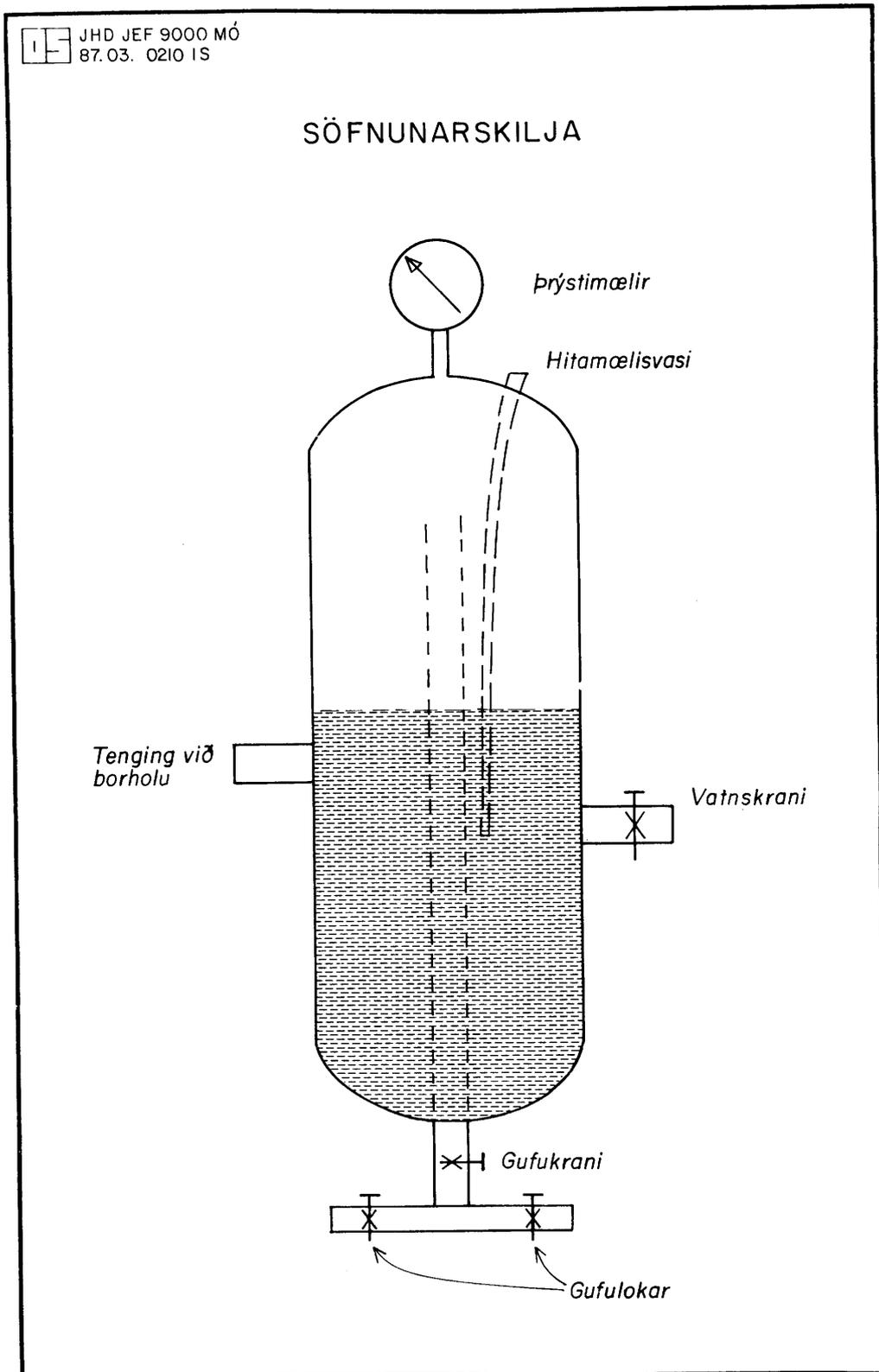
1. Bólustreymi; gufan myndar bólur í vatninu.
2. Lagstreymi; í láréttum útstreymisæðum leggst lag af vatni á botn pípunnar en gufan streymir yfir.
3. Bylgjustreymi; vatn kemur í bylgjum og fyllir þversnið pípunnar, en þess á milli streymir gufa.
4. Kápastreymi; vatn myndar kápu innan á pípunni um gufustrauinn, sem flytur nokkuð af vatnsdropum.
5. Dropastreymi; vatn er eingöngu í dropum og þeir berast með gufu.

Þegar söfnun fer fram er nauðsynlegt að hafa í huga, að streymisgerð getur breyst þegar gufu-vatns blandan fer um hvers kyns þrengingar og beygjur.

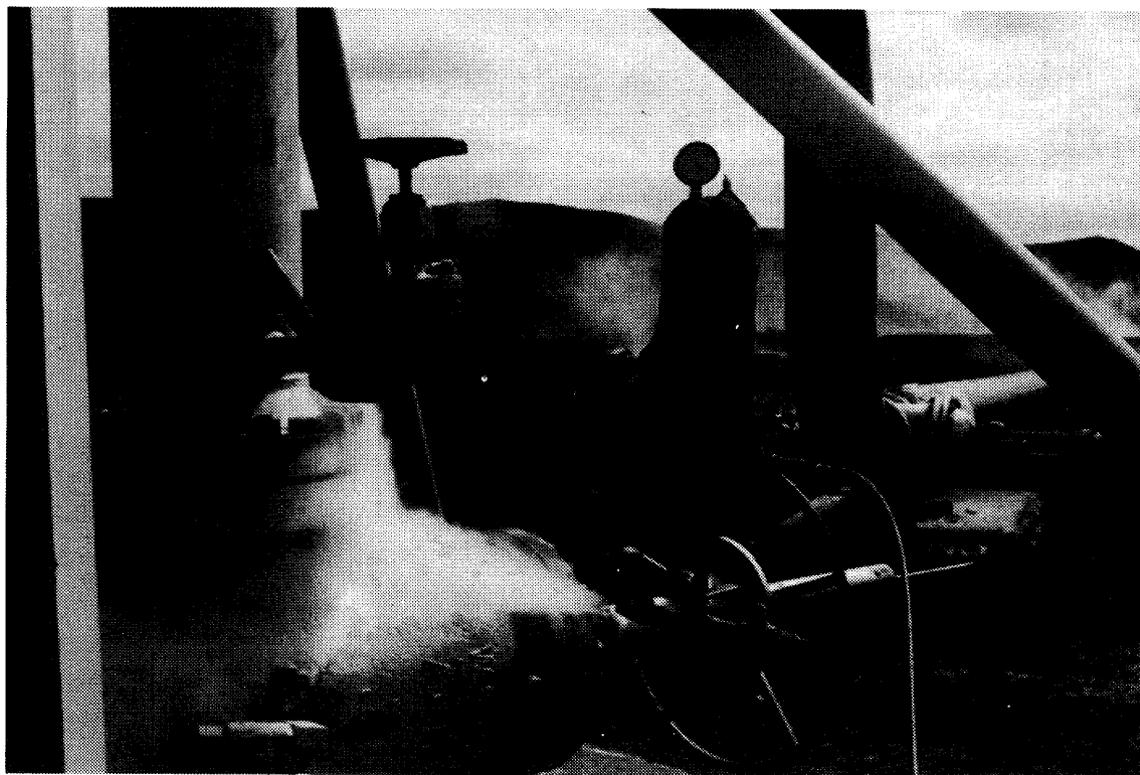
Við söfnun sýnis er æskilegt, að hlutfall gufu og vatns, sem streymir inn í skiljuna, sé hið sama og í útstreymisrörinu, þar sem skiljan er tengd við það. Ef þrýtifall verður í skiljunni sýður vatnið í henni og við það breytist hlutfall vatns og gufu. Þá er hætta á, að gufa fylli skiljuna meðan á söfnun stendur.

Telja má fullvíst, að unnt sé að safna einkennandi sýni úr borholu, þar sem dropastreymi eða bylgjustreymi er í útstreymisæðinni. Aftur á móti getur verið örðugra að safna einkennandi sýnum, ef um kápastreymi, og þó sér í lagi lagstreymi er að ræða. Bólustreymi skiptir

varla máli fyrir gufuborholur, þar sem langmestur hluti rúmmálsins í útstreymisæðum slíkra hola er gufa.



Mynd 7. Söfnunarskilja



Mynd 8. Skilja tengd við háhitaholu

Eftir að skiljan hefur verið skrúfuð á útstreymisæðina (á loka B á mynd 10), skal hafa hana fullopna í u.p.b. 10 mínútur til þess að skola hana vel. Síðan er skrúfað fyrir skiljuna og lesið af þrýstimæli, sem komið er fyrir efst á henni. Þrýstimælir á skilju er valinn með tilliti til þrýstings á holutoppi, sem lesinn er af þrýstimæli á útstreymisröri holunnar. Aflestri af honum á að bera saman við söfnunarþrýsting skiljunnar, ef þrýstifall í henni er hverfandi, en svo þarf að vera ef söfnun á að takast vel. Nauðsynlegt er að muna eftir að færa skiljuþrýsting inn á sýnatökublað.

Athugum fyrst söfnun á gufu (þéttivatni) og gasi. Söfnunarslangan er tengd við annan af neðri lokum skiljunnar (mynd 7) sem hafður er lokaður. Hinn er fullopnaður, en vatns- og gufukrönum er lokað. Þá er vatnskraninn opnaður nokkuð aftur og síðan gufukraninn svolítið og hann stilltur, uns fengist hefur þurr gufa út um opna neðsta stútinn. Ef gufan er blaut, þarf að herða aðeins að gufukrananum, eða opna meira fyrir vatnskranann. Við söfnun gufu og gass er skiljan því þannig stillt, að tiltölulega lítið vatn er í henni, og gufa kemur með vatninu gegnum vatnskranann. Þurr gufa er vart sjáanleg rétt við gufustútinn, og lögum stróksins frá stútnum er lík og skúfur eða keila, og hún er þurr viðkomu ef fingri er stungið í strókin. Gæta verður þess vandlega, að þrýstingurinn falli sem minnst, þegar skiljan er opnuð, miðað við þrýstinginn sem var, þegar hún var lokað. Eðlilega verður alltaf eitthvert þrýstifall, en ætti ekki að vera meira en  $0,1 \text{ kp/cm}^2$ .

Ef þrýstifall verður sem einhverju nemur, verður suða í skiljunni og hætta á að hún vinni ekki sem skyldi við aðskilnað gufu- og vatnsfasanna, sem inn í hana streyma. Gott er að hafa í huga, að gamlir kranar á skiljum geta hreyfst við titring á útstreymisæðinni, og öll stilling skiljunnar þá farið úr skorðum meðan á söfnun stendur. Af þeim sökum er nauðsynlegt að fylgjast með skiljunni og lesa af þrýstimæli annað slagið meðan söfnun fer fram. Nýlega hefur einnig verið tekið upp á því að mæla hitastig í skiljunni með sérstökum hitamæli og er aflestur skráður á sýnatökublöð.

Þegar þurr gufa hefur fengist, er neðsti lokinn, sem slangan er tengd við, füllopnaður, en hinum sem gufan streymdi út um, lokað. Gufan er síðan látin streyma nokkra stund um söfnunarslönguna til að hreinsa hana, en síðan er hún tengd við kælisþíralinn (bílinn). Við kælinguna þéttist gufan, en ekki aðrar gastegundir, eins og  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  og  $\text{H}_2$ , sem henni fylgja. Koma því tveir fasar, þéttivatn og gas, út úr kælisþíralnum. Öll söfnun fer síðan fram um söfnunarbretti inni í bílnum (myndir 9). Gasi og þéttivatni er safnað á glertúpur, sem eru fyrst tví- til þrí-skolaðar með þeim vökva sem í þær á að fara. Þegar gasi er safnað, skal gastúpan fyrst fyllt af þéttivatni, henni snúið við, og gasið látið reka vatnið yfir í þéttivatnstúpuna. Gera má ráð fyrir, að gasið sé í jafnvægi við þéttivatnið, og breytist samsetning gassins ekki við þessa söfnunaraðferð, en slíkt gæti gerst, ef annað vatn væri fyrst sett í túpuna, til að losna við andrúmsloftið úr henni. Þó er það magn gass, sem leysist upp í þéttivatninu verulega háð hitastigi þess og er best að hafa sem jafnastan hita meðan safnað er, og er hitastig blöndunnar skráð á söfnunarblaðið. Nauðsynlegt er að mæla rúmmál þéttivatns, sem kemur með gasinu, og er umfram þéttivatni safnað í mæliglas og magn þess þéttivatns, sem safnast með gasinu er fundið á eftirfarandi hátt:

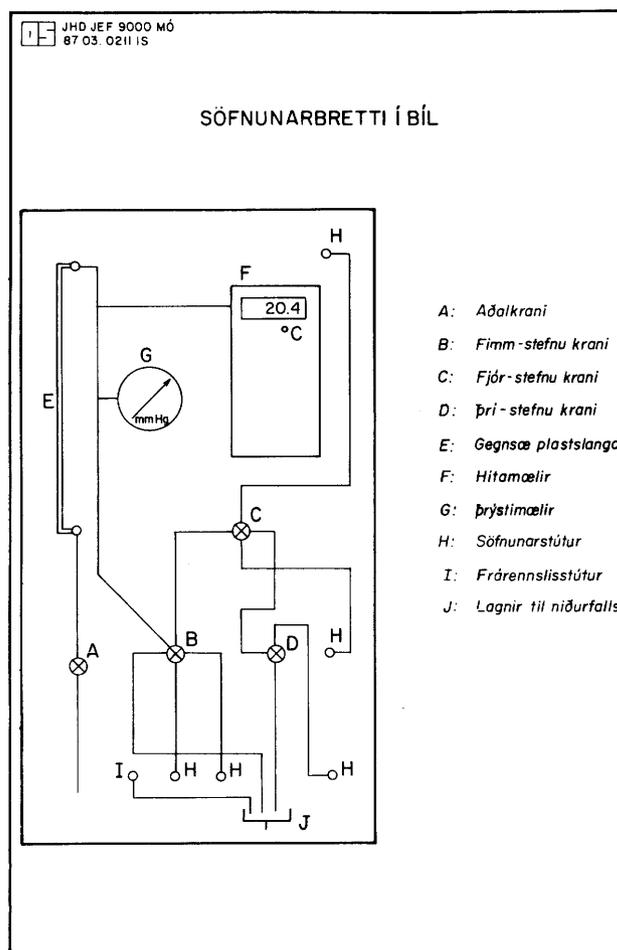
$$(\text{ml í þv. túpu}) + (\text{ml í mæliglasi}) - (\text{ml í gastúpu}) = \\ (\text{ml þv. með gasi})$$

Nauðsynlegt er að hafa góða kælingu ef góð gassýni eiga að nást. Ef gasinu er safnað heitu, veldur síðari kæling við geymslu undirþrýstingi í túpunni, og er þá aukin hætta á því, að andrúmsloft komist inn í hana.

Safnað er þéttivatni á eina 250 til 300 ml glertúpu og gasi á eina eða tvær slíkar tumpur. Einnig er safnað þéttivatni á tvo 50 ml plastbrúsa til greiningar á vetnis- og súrefnisísótópum. Einstaka sinnum er safnað þéttivatni til heildarefnagreiningar og á það einkum við þurrar háhitaholur. Er þá safnað á 500 ml plastbrúsa og súlfíð fellt með zinkacetati ( $480 \text{ ml þéttivatn} + 20 \text{ ml } 0,2 \text{ M ZnAc}_2$ ) og er brúsinn merktur Fp 480/500  $0,2 \text{ M ZnAc}_2$ .

Þegar gufu er safnað getur eitthvað af vatni úr holunni borist með sem dropar. Með því að mæla styrk órokgjarns efnis í þéttivatninu, t.d. natríum má finna hversu mengað holuvatnið er þéttivatni, en jafnframt þarf að þekkja styrk natríums í holuvatninu við þann hita og þrýsting og gufunni er safnað. Til þessarar greiningar er safnað þéttivatni á 100 ml plastflösku, og er hún merkt Ru. Skiljun á söfnunarstað má kanna með því að mæla leiðni í þéttivatninu.

Þegar þessum hluta söfnunar er lokið, er safnað gufu á lofttæmdar lútarflöskur, og eru tekin eitt eða tvö sýni. Söfnun í lútarflöskur er lýst í kafla 4.6.1. Loks er stundum safnað gasi til greiningar á radon. Þá er safnað á sérstakar glerflöskur og er söfnun lýst nánar í kafla 4.6.4.



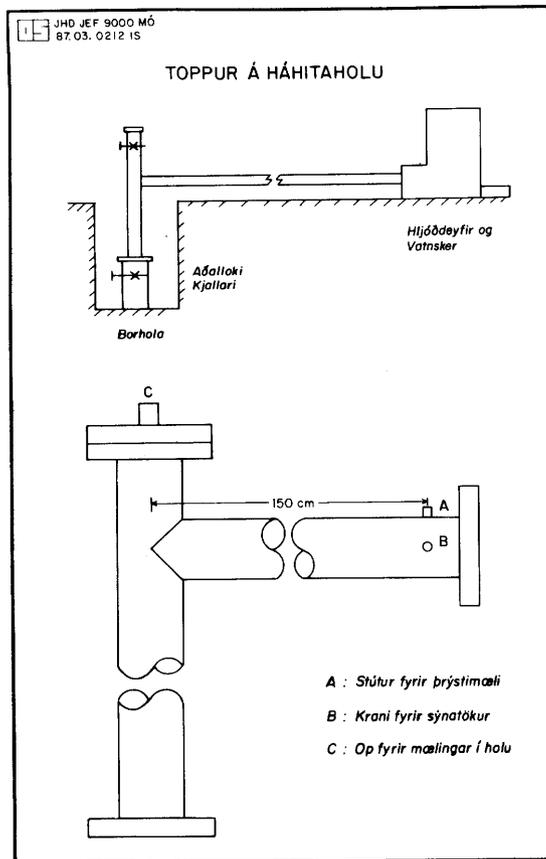
Mynd 9. Söfnunarbretti í sýnatökubíl

Athugum þá næst hvernig vatni er safnað. Tveir neðstu lokar skiljunnar eru fullopaðir (raunar er nóg að hafa annan opinn). Síðan er vatnskraninn opnaður örlítið og gufukraninn það mikið, að tryggt sé, að gufan sé vel blaut. Auðvelt er að prófa, hvort gufan er blaut, með því að stinga fingri í strauminn (hafið fingur í hanska!). Buna

af blautri gufu er jafnbreið nokkra fjarlægð frá stútnum, eða hún myndar e.k. túlípana, og má einnig notfæra sér það. Ástæðan fyrir því, að gufan er höfð blaut við söfnun vatns er sú, að þá er tryggt, að ekki komi gufa með vatninu sem safna skal. Að gufan er blaut þýðir, að rennsli út um vatnsstút skiljunnar er svo takmarkað, að stúturinn tekur ekki við öllu því vatni, sem kemur inn í skiljuna. Aftur á móti er gufustúturinn það mikið opinn, að hann tekur meiri gufu en kemur inn í skiljuna. Við þessar aðstæður er skiljan að mestu full af vatni. Þegar skiljan hefur verið stillt, þá er söfnunarslangan tengd við vatnskrannann, og holuvatnið látið streyma um slönguna nokkra stund áður en hún er tengd við kælispiralinn (bílinn), og getur söfnun þá hafist.

Fyrst er safnað vatni til greiningar á  $\text{SiO}_2$ . Teknir eru 10 ml af ósíuðu sýni og þynntir í 100 ml með eimuðu vatni. Í stöku tilvikum er þó notuð önnur þynning, og verður að meta slíkt hverju sinni. Tekin eru þrjú slík sýni (þrítak) og eru þau sett á 100 ml plastflöskur merktar Rd 1/10 f.  $\text{SiO}_2$ . Þá er safnað ósíuðu vatni á eina vatnstúpu. Stundum er safnað ósíuðu og óþynntu vatni á 100 ml plastbrúsa til greininga á  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}_3$ . Næst er safnað síuðu vatni á þrjá 500 ml brúsa. Í tvo er sett sýrt vatn (499 ml síað vatn + 1 ml 6N HCl) og eru þeir merktir Fa 499/500 6N HCl. Í þriðja brúsanum er súlfíð í vatninu fellt með zinkacetati (490 ml síað vatn + 10 ml 0,2M  $\text{ZnAc}_2$ ), og er hann merktur Fp 490/500 0,2M  $\text{ZnAc}_2$ . Þá eru tekin tvö síuð sýni á 100 ml plastbrúsa til greininga á vetnis- og súrefnisísótópum. Loks er tekið síað vatn á 500 ml brúsa og er hann merktur Fu. Að lokum er stundum safnað vatni á sérstakar radon-flöskur en söfnun er lýst í kafla 4.6.4.

Þegar söfnun er lokið, þá er sýnatökuloka lokað, söfnunarslangan aftengd og skiljan skrúfuð af útstreymisæðinni. Jafnframt er gengið frá öllum ílátum í bílnum og gengið úr skugga um að öll ílát hafi verið merkt. Óþarft ætti að vera að brýna fyrir öllum að ganga snyrtilega um.



Mynd 10. Toppur háhitaholu

Til að ná marktæku sýni úr háhitaholu, er nauðsynlegt, að sýnatökuloki sá, sem skiljan er tengd við, sé rétt staðsettur. Athuganir hafa leitt í ljós, að besta staðsetning á stútnum er í 1,5 m fjarlægð frá T-tengi holutopps. Á þessum stað er rennslið ótrufað af áhrifum tengisins, en er þó enn í efnavarmafræðilegu jafnvægi. Uppsetning af þessu tagi er sýnd á mynd 10. Nauðsynlegt er að hafa gatið á rörinu þar sem tengistúturinn er festur það stórt, að það stíflist ekki af útfellingum, en þó það lítið, að unnt sé að skipta um stút án þess að loka fyrir holuna. Reynslnan hefur sýnt, að 5 mm gat er hæfilega vítt.

Eins og lýst hefur verið hér að framan þá er við heilsýnatöku úr háhitaholu safnað vatni, gasi og þéttivatni, og hver þessara fasa er síðan efnagreindur sér. Vegna þess að sýnum er safnað við mismunandi þrýsting og þar af leiðandi við breytilegt hlutfall vatns og gufu, þá gefur efnagreining einstakra fasa ekki rétta mynd af samsetningu borholuvökvans. Til þess að svo megi vera þarf að "reikna saman vatn og gufu" og finna á þann hátt heildarsamsetningu borholuvökvans. Slíkir útreikningar eru gerðir með aðstoð tölvu, en til þess að framkvæma þá þarf að þekkja varmainnihald eða innstreymishita holunnar. Jafnframt er nauðsynlegt að mæla og skrá á sýnatökublöð skiljuþrýsting við söfnun. Háhitaholur eru því oft aflmældar um leið og tekin eru úr þeim sýni.

### 3.3 SÖFNUN Á HEITU VATNI

Söfnun á heitu vatni, sem ekki sýður, má skipta í tvennt. Í fyrsta lagi söfnun úr heitum uppsprettum og í öðru lagi söfnun úr borholum. Þegar ósoðnu vatni er safnað þarf að hafa eftirfarandi hluti við hendina, þó eitthvað mismunandi eftir því hvort safnað er úr uppsprettu eða borholu.

Trekt

Gúmmíslöngur og tengi

Söfnunarslöngu með tengjum

Fittings og teflon-band

Skiptilykala, rörtöng og vírbursta

Kæliútbúnað

Vatnstúpur

Plastbrúsa (100 og 500 ml)

Síu og fíltappír (0,45  $\mu$ )

Hitamæli

pH-mæli og búffera (pH 4, 7 og 10)

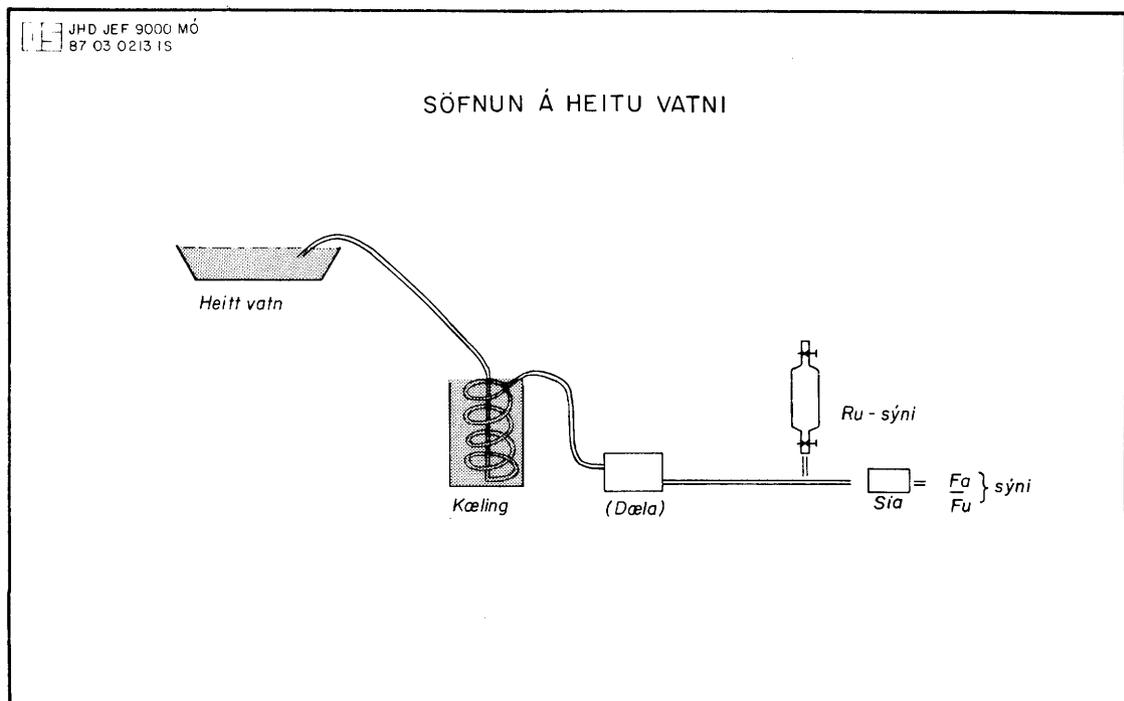
Eimað vatn

Kolbur og þynningarkolbur

Pípettur og 6N HCl

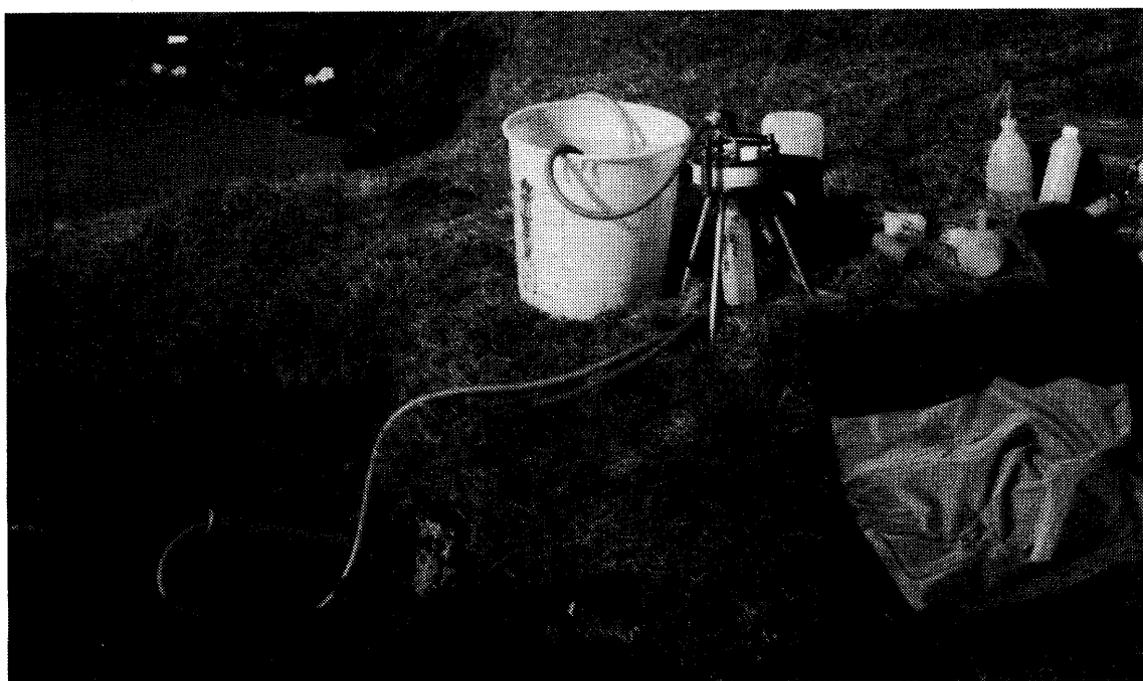
Plastkönnu

Sýnatökublað, merkipenna, blýant og sýnatökunúmer



Mynd 11. Söfnun á heitu vatni

Við söfnunina er reynt að koma trektinni með áfastri slöngu þannig fyrir, að sjálfrennsli náist að söfnunarstað. Ef ekki er unnt að koma því við, þá er stundum nauðsynlegt að ausa sýninu með plastkönnu eða trekt í vatnstúpuna og plastbrúsana. Einnig má dæla vatninu upp, annað hvort inn í bílinn, ef unnt er að koma honum að söfnunarstað, eða fara með dæluna á staðinn (myndir 11 og 12).



Mynd 12. Söfnun á heitu vatni

Þegar heitt vatni er tekið úr uppsprettum, þá er fyrst tekið sýni í vatnstúpu (ca. 300 ml), og þarf þá að kæla sýnið. Æskilegt er að kæla sýnið við söfnun niður í hitastig, sem er nálægt geymsluhitastigi túpunnar. Ef sýnið er ekki kælt við söfnun, þá er hætta á undirþrýstingi í túpunni og andrúmsloft getur þá dregist inn í hana.

Því næst er tekið sýni til  $\text{SiO}_2$  greiningar, ósíað og það þarf ekki að vera kælt. Ef búist er við, að kísilstyrkur vatnins sé meiri en 100 mg/kg, þá er nauðsynlegt að þynna sýnið, með eimuðu vatni, á staðnum og eru tekin tvö til þrjú slík sýni. Sýnin eru sett í 100 ml plastbrúsa og merkt Ru og einnig er skráð hve mikið þau hafa verið þynnt. (Oftast nægir að þynna til helminga). Næst er safnað á fjóra 500 ml plastbrúsa, og eru þau sýni síuð. Í tvo brúsa er sett sýrt vatn (499 ml síað vatn + 1 ml 6N HCl) og eru þeir merktir Fa 499/500 6N HCl, en á hina tvo er sett síað vatn og þeir eru merktir Fu. Þá er safnað tveimur síuðum sýnum á 100 ml plastbrúsa til greininga á vetnis- og súrefnisísótópum. Sýnin eru sýrð með einum dropa af 6 N HCl. Til greininga á  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}_3$  er safnað ósíuðu og óþynntu vatni á 100 ml plastbrúsa.

Þegar safnað er heitu vatni úr borholum, fer söfnun yfirleitt fram á sama hátt og úr uppsprettum, að öðru leyti en því, að söfnunarslangan tengist nú beint við loka á holutoppi. Samskonar sýni eru tekin á vatnstúpu og plastbrúsa.

Sú reynsla, sem fyrir liggur, bendir til þess, að efnainnihald heits vatns breytist hægt í afrennislækjum frá heitum uppsprettum. Þetta má oft notfæra sér, ef erfitt er að safna beint úr uppsprettum, og safna þá heldur úr afrennislæknum.

Samhliða sýnatöku á heitu vatni er oft mælt uppleyst súrefni í vatninu. Þessi mæling verður að fara fram á staðnum og eru til þess tvær aðferðir. Annars vegar mæling með CHEMets-ampúlum og hins vegar Winkler-títrun. Nánari lýsingu er að finna í kafla 4.6.5. Í stöku tilvikum eru tekin sýni til radon-greininga, en slíkri sýnatöku er lýst nánar í kafla 4.6.4.

Við söfnun á heitu vatni á alltaf að mæla hitastig vatnsins sem safnað er, og reyna að meta rennsli úr uppsprettum ef þess er nokkur kostur og skrá á sýnatökublöð. Óþarft ætti að vera að taka fram, að nauðsynlegt er að skola slöngur og söfnunarílát vel, áður en söfnun fer fram og að ganga á vel um jarðhitasvæði.

### 3.4 SÖFNUN Á KÖLDU VATNI

Við söfnun á köldu vatni þarf að hafa sömu áhöld og notuð eru við söfnun á heitu vatni, og svipuðum aðferðum er beitt. Eðlilega er þó ekki þörf á kælibúnaði. Sýni er tekið á vatnstúpu til mælinga á pH og  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ . Fyrir almenna efnagreiningu þarf síðan að taka a.m.k. 500 ml af sýrðu sýni (499 ml síað sýni + 1 ml 6N HCl) og er það merkt Fa 499/500 6N HCl, og 1 lítra af síuðu sýni, merkt Fu. Sýnin þarf helst að sía við söfnun, eða mjög fljótlega að söfnun lokinni. Uppleyst súrefni þarf að mæla á staðnum og er þeirri mælingu lýst í kafla 4.6.5.

### 3.5 UPPLAUSNIR SEM ÞARF VIÐ SÝNATÖKU

Við almenna sýnatöku eru notaðar tvenns konar upplausnir, sem blandað er í sýnin. Þessar upplausnir eru saltsýra (HCl) og zinkacetat ( $\text{ZnAc}_2$ ) og eru þær útbúnar á eftirfarandi hátt. Við söfnun til kvika-silfursgreininga þarf að auki hafa við hendina saltpéturssýru ( $\text{HNO}_3$ ) og kalípermanganat ( $\text{KMnO}_4$ ).

#### 6N HCl:

Svokölluð rjúkandi saltsýra er 37% að styrkleika og hún hefur eðlisþyngd 1,19 kg/l. Mólpungi HCl er 36,46 g/mól. Normality (N) slíkrar sýru er því:

$$(370 \text{ g/1kg}) * (1/36,46 \text{ g/mól}) * (1,19 \text{ kg/l}) = 12,08 \text{ mól/l} = 12,08\text{N}$$

Þessa sýru þarf síðan að þynna í 6N, t.d. á þann hátt að bæta 203 ml af eimuðu vatni í 200 ml af HCl (rjúkandi), eða 496,3 ml rjúkandi HCl þynntir í 1000 ml með eimuðu vatni.

#### 0,2M $\text{ZnAc}_2$ :

Leysa þarf upp 43,90g af  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  í eimuðu vatni, þannig að launin verði 1000 ml.

#### 1N $\text{HNO}_3$ :

Saltpéturssýra (conc) er 65% að styrkleika og hefur eðlisþyngd 1,40kg/l. Mólpungi  $\text{HNO}_3$  er 63,01g/mól. Normality hennar er því 14,44N. Þessa sýru má þynna í 1N með því að taka 50 ml af  $\text{HNO}_3$  (conc) og þynna þar til lausnin verður 720 ml.

#### $\text{KMnO}_4$ :

Útbúa þarf mettaða  $\text{KMnO}_4$ -lausn og er hún látin standa í langan tíma (eitt ár). Þá er botnfallið síað frá.

### 3.6 UNDIRBÓNINGUR VEGNA ÝMISSA SÉRGREININGA

Eins og lýst hefur verið í köflum 3.1, 3.2 og 3.3 þá þarf að meðhöndla sýnin á sýnatökustað vegna ýmissa sérgreininga. Hér á eftir verður fjallað ítarlega um eftirfarandi sérsöfnun; söfnun gufu í lút, söfnun fyrir greiningu á kvikasilfri, söfnun fyrir greiningu á þungmálum, söfnun fyrir greiningu á radon og mælingu á uppleystu súrefni.

#### 3.6.1 Söfnun gufu í lút

Til söfnunar gass og þéttivatns í lút þarf að útbúa söfnunarkolbur á sérstakan hátt, áður en söfnun getur hafist.

Mælið 50 ml af 40% NaOH í kúlukolbu (250 - 1000 ml) og lokið henni með gúmmítappa sem tveimur rörum (gler, plast eða nælon) hefur verið stungið í gegnum. (Í stöku tilvikum verður að nota meira magn af lút en hér er tilgreint, t.d. þegar safnað er þurri CO<sub>2</sub>-ríkri gufu). Annað rörið nær til botns í kolbunni en hitt aðeins rétt niður fyrir tappann. Smeygið gúmmíslöngum yfir rörin og klemmum á þær og stingið plastfrátengjum (disconnects) á slönguendana (mynd 13). Kolban er nú sett í sjóðandi vatn og slangan frá styttra rörinu tengd við lofttæmdælu, en hinni slöngunni er lokað. Kolban er nú lofttæmd þar til bólar í lútnum (<0.1 atm) og vigtuð (V<sub>1</sub>). Nú er safnað á lútarflöskuna í gegnum kælispiral, og er þá safnað um lengra rörið, þannig að söfnun fari fram í gegnum lútinn. Venjulega er safnað 200 til 300 ml, eða þar til nánast hættir að bóla í gegnum lútinn. Við söfnun þarf að gæta þess að hrísta kolbuna vel og til öryggis er ráðlagt að nota andlitshlíf. Kolban er þá vigtuð (V<sub>s</sub>) og mælt heildarrúmmál sýnis og lútar (R<sub>s</sub>) og fundinn þynningarþátturinn (p):

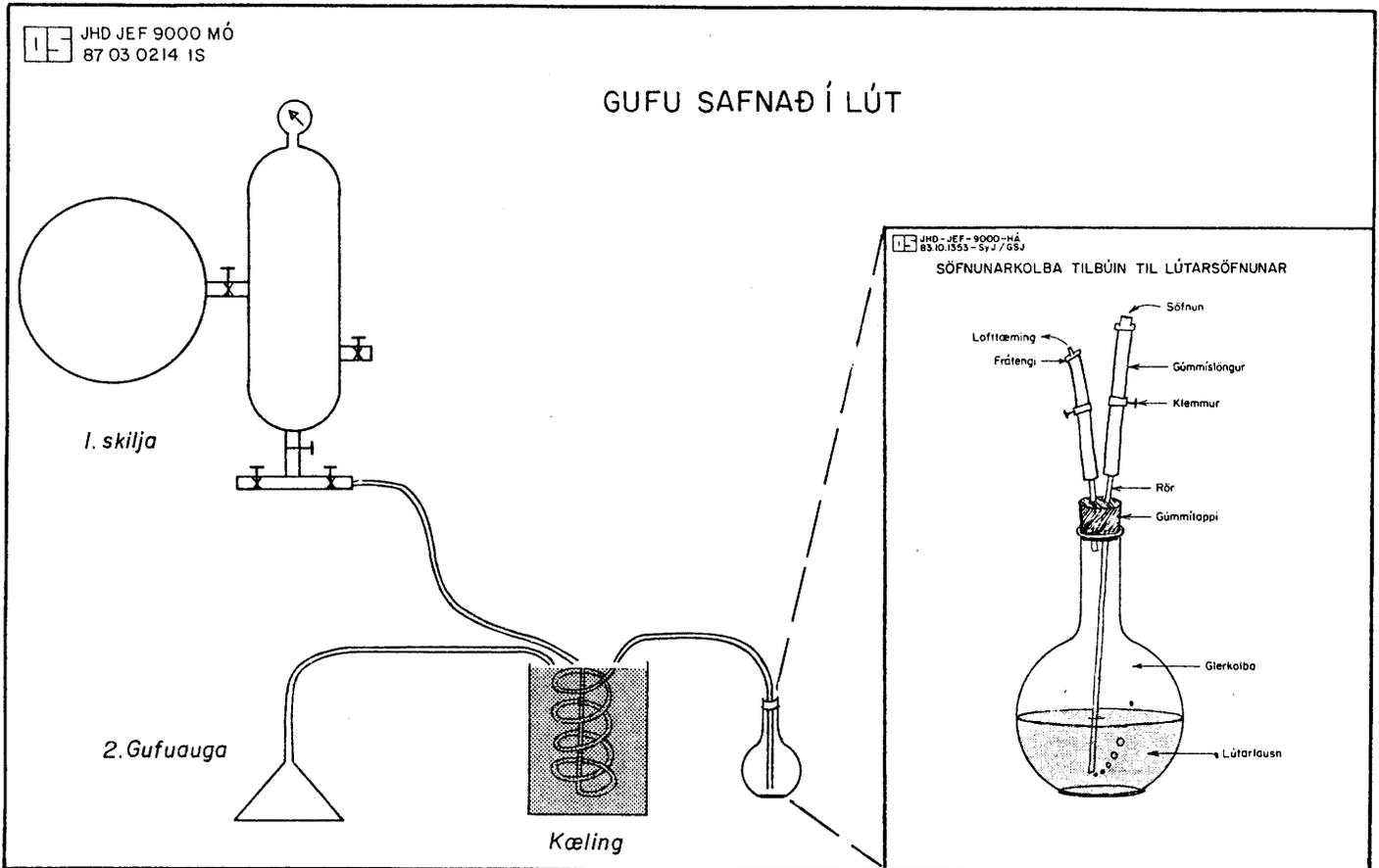
$$p = (V_s - V_1) / R_s.$$

Í þessu sýni er síðan mældur styrkur CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S.

Ef hlutur annarra lofttegunda en CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S í gufu er óverulegur, má reikna út hundraðshluta gass á massagrundvelli út frá magngreiningu á CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S á eftirfarandi hátt.

$$\%GAS = (CO_2(ppm) + H_2S(ppm)) / 10000$$

Ef, hins vegar, hlutur annarra gastegunda er verulegur í sýninu, þá verður að safna sérstöku gassýni á túpu og greina á gaskrómatógraf og fást þá niðurstöður um rúmmálshluta gastegunda, þar á meðal CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S.



Mynd 13. Gufu safnað í lút

### 3.6.2 Söfnun sýna til kvikasilfursgreininga

Sýnum til greininga á kvikasilfri (Hg) er safnað í mæliglös, í gegnum sérstakan glerstaf, sem hefur "glergitter" á neðri enda. Í mæliglasið er mælt ákveðið magn af  $\text{KMnO}_4$  (mettuð lausn) og 1N  $\text{HNO}_3$  áður en söfnun hefst. Mæliglasið er síðan tengt við söfnunarstút og sýni safnað í gegnum lausnina í mæliglasinu. Um þrjár mismunandi aðferðir getur verið að ræða. Í fyrsta lagi við söfnun á brennisteinsnaudu vatni. Þá eru 8 ml af conc.  $\text{HNO}_3$  settir í 500 ml mæliglas og safnað að 400 ml merki. Í öðru lagi er söfnun á vatni, sem inniheldur brennistein. Þá eru 8 ml af conc.  $\text{HNO}_3$  settir í 500 ml mæliglas og bætt þar í 5 til 15 ml af  $\text{KMnO}_4$ , en magn þess fer eftir því hve mikill brennisteinn er í vatninu. Síðan er safnað að 400 ml merki. Ef  $\text{KMnO}_4$  litur hverfur við söfnun, skal auka magn þess. Í þriðja lagi er söfnun af gasi og gufu. Þá eru 8 ml af 1N  $\text{HNO}_3$  og 5 til 25 ml af  $\text{KMnO}_4$  settir í 100 ml mæliglas. Síðan er safnað 20 til 60 ml af þéttivatni í gegnum

lausnina í mæliglasinu, og þarf stundum að hjálpa til með loftdælu. Þó verður að gæta þess að lausnin hitni ekki að neinu marki við söfnun. Einnig þarf  $\text{KMnO}_4$  litur að haldast.

### 3.6.3 Söfnun sýna til þungmálmagreininga

Til greininga á þungmálmum, svo sem kopari (Cu), zinki (Zn), blýi (Pb) ofl., er safnað 500 ml af sýrðu og síuðu vatni (Fa).

### 3.6.4 Söfnun sýna til radon greininga

Sýnum til radon greininga er safnað á sérstakar glerflöskur frá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, þar sem greining fer fram.

Úr háhitaholum er safnað gasi, þéttivatni og stundum vatni. Söfnun á gasi og þéttivatni fer fram á svipaðan hátt og gassöfnun á túpur. Tvær radon flöskur eru tengdar saman og safnað þéttivatni á fyrri flöskuna. Þegar hún er orðin full af þéttivatni, er henni hvolft og safnað gasi, en þéttivatnið rekið yfir í hina flöskuna. Gasflaskan er síðan fyllt af gasi, eða því sem næst, en þess þó alltaf gætt, að gas nái ekki að streyma yfir í þéttivatnsflöskuna. Þá er gasflösku og síðan þéttivatnsflösku lokað með klemmum og skráður tíminn þegar söfnun lauk. Áður hafði upphaf söfnunar verið skráð á þéttivatnsflösku og upphaf gassöfnunar skráð á gasflöskuna þegar henni var hvolft og gassöfnun hófst.

Vatni úr háhitaholum eða af lághitavatni er sundum safnað til radon greininga. Radon flaska er þá fyllt af vatni og skráður tíminn við upphaf og lok sýnatöku.

### 3.6.5 Mæling á uppleystu súrefni

Uppleyst súrefni í heitu og köldu vatni er aðallega greint á tvennan hátt.

Í fyrsta lagi er unnt að nota svokallaða Winkler-títurun, ef styrkur súrefnis er meiri en upb. 1 mg/kg. Þetta er nokkuð seinleg, en nákvæm aðferð og krefst ýmissa upplausna og sérstaks útbúnaðar og verður henni ekki lýst nánar hér.

Í öðru lagi má mæla uppleyst súrefni með CHEMets-ampúlum. Þetta er fljótvirk aðferð og með henni er unnt að mæla mjög lítið magn (5-10 ppb) af súrefni. Aðferð þessi gengur út á það, að nota sérstakar

gler-ampúlur, sem inniheldur upplausn sem bindur súrefni og bera þær saman við ampúlur með þekktu magni af uppleystu súrefni. Mælingum með CHEMets-ampúlum verður lýst hér á eftir.

Þegar mæla á súrefni í heitu vatni er nauðsynlegt að kæla vatnið í upp. 30°C og gæta verður þess í öllum tilvikum, að súrefni komist ekki í snertingu við vatnið, sem á að mæla. Því þarf að athuga að öll tengi séu vel þétt og slöngur hafðar eins stuttar frekast er unnt. Þykkveggja gúmmíslöngur þarf að líma á kælispíral og ekki er unnt að treysta hraðtengjum. Þegar slöngur (og kælispírall) hafa verið skoluð góða stund (15 mínútur), er rétt að reyna mælingu. Ampúlu er þá stungið ofan í sérstaka trekt á slönguenda, skoluð vel og oddur síðan brotinn af. Þá þarf að taka fyrir brotna endann með fingri, áður en ampúlan er tekin upp úr trektinni, hrista hana síðan nokkrum sinnum og bera lit saman við ampúlur með þekktu magni af súrefni. Til að ná öruggri mælingu er ráðlagt að mæla þrisvar til fimm sinnum og bera mæligildi saman.

Þegar mælt er í vatni sem inniheldur mikið súrefni, td. kalt grunnvatn, er tekið sýni í lítið plastglas, það fyrst skolað vel, og oddur brotinn af ampúlu ofan í glasinu. Þá þarf að taka fyrir brotna endann með fingri, hrista ampúluna nokkrum sinnum, en hún er síðan látin standa í tvær mínútur í skugga. Þá er litur hennar borinn saman við ampúlur sem innihalda þekkt magn af súrefni.

Til þess að gera súrefnismælinguna nákvæma er völ á þrenns konar ampúlum. Í fyrsta lagi þær sem spanna bilið 0 - 0,1 mg/kg. Í öðru lagi þær sem spanna bilið 0 - 1 mg/kg, og í þriðja lagi þær sem spanna bilið 0 - 12 mg/kg.

Súrefnismælingar með CHEMets-ampúlum ganga yfirleitt vel, en þó hafa verið nokkur vandkvæði á því að mæla magn súrefnis í sjó. Mikil selta virðist hafa áhrif á litinn og getur þá verið nauðsynlegt að nota Winkler-títurun.

### 3.7 YFIRLIT YFIR MEÐHÖNDLUN VATNS-, GUFU- OG GASSÝNA

Sýnum sem safnað er má skipta í þrjá flokka, ósoðið vatn, soðið vatn og gufu. Auk númers, dagsetningar og staðsetningar þarf að merkja sýnin með tilliti til meðhöndlunar við söfnun. Skammstafanir eru útskýrðar í töflu 1 á bls. 8.

### 3.7.1 Ósoðið vatn.

- 1.1 2x500 ml, síað (0,45 um) og ósýrt. Merkt Fu.  
Til greininga á Uppl.efni, leiðni,  $SO_4$ , Cl og F.
- 1.2 2x500 ml, síað og sýrt (499 ml + 1 ml 6N HCl).  
Merkt Fa, 499/500 6N HCl. Til greininga á Na,  
K, Ca, Mg, Fe og B.
- 1.3 2x100 ml, ósíað og ósýrt. Merkt Ru, til  
greiningar á  $SiO_2$ . Stundum þynnt.
- 1.4 1x250 ml, ósíað og ósýrt á túpu.  
Til greininga á pH,  $CO_2$ ,  $H_2S$ .
- 1.5 1x250 ml á gastúpu.  
Til greininga á  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , Ar og  $CH_4$ .
- 1.6 2x100 ml, síað og sýrt með 6N HCl. Merkt Fa Ísótópar.  
Til greininga á vetnis- og súrefnisísótópum.
- 1.7 1x100 ml ósíað og ósýrt. Merkt Ru. Til greininga á  
 $NH_3$ ,  $NO_2$  og  $NO_3$ .
- 1.8 1x500 ml síað og sýrt. Merkt Fa.  
Til greininga á þungmálmum (Cu, Zn, Pb ofl.).

### 3.7.2 Soðið vatn

- 2.1 2x500 ml, síað (0,45 um) og ósýrt. Merkt Fu.  
Til greininga á Uppl.efni, Cl, F og leiðni.
- 2.2 2x500 ml síað og sýrt (499 ml + 1 ml 6N HCl).  
Merkt Fa, 499/500 6N HCl. Til greininga á Na,  
K, Ca, Mg, Fe og B.
- 2.3 1x500 ml, síað og ósýrt, súlfíð fellt með  $ZnAc_2$ ,  
(490 ml + 10 ml 0,2M  $ZnAc_2$ ). Merkt Fp, 490/500  
0.2M  $ZnAc_2$ . Til greininga á  $SO_4$ .
- 2.4 3x100 ml, ósíað en þynnt eftir þörfum (1/10 til  
1/2). Merkt Rd og þynning með eimuðu vatni.  
Til greiningar á  $SiO_2$ .

- 2.5 1x250 ml ósíað og ósýrt á túpu.  
Til greiningar á pH, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S.
- 2.6 2x100 ml síað og sýrt með 6N HCl. Merkt Fa, Ísótópar.  
Til greininga á vetnis- og súrefnisísótópum.
- 2.7 1x100 ml ósíað og ósýrt. Merkt Ru  
Til greininga á NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>.
- 2.8 1x500 ml síað og sýrt. Merkt Fa.  
Til greininga á þungmálmum (Cu, Zn, Pb ofl.).

### 3.7.3 Gufa

- 3.1 1x 250 ml þéttivatn, ósíað og ósýrt á túpu. Til greininga á pH, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S og NH<sub>3</sub>.
- 3.2 1x100 ml, ósíað og ósýrt. Merkt Ru. Til greininga á Na.
- 3.3 1x 250 ml gas á túpu. Til greininga á CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar og CH<sub>4</sub>.
- 3.4 1x100 til 500 ml þéttivatn og gas leyst í 50 ml af lút (40% NaOH). Merkt Rb. Til greininga á CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S.

Að efnagreiningu lokinni skal geyma afgang í tvö ár að jafnaði. Súrefni í vatni er mælt á staðnum og rokgjörnu efnin (CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S) ásamt sýrustigi (pH) skal mæla á staðnum eða innan fárra daga frá söfnun.

#### 4 GREINING Á pH, CO<sub>2</sub> OG H<sub>2</sub>S.

Sýrustig (pH) er mælt með pH-mæli og verður þeirri mælingu ekki lýst nánar, að öðru leyti en því, að nauðsynlegt er að stilla mælinn með pH=7 og pH=4 búfferum og lesa síðan af pH=9 búffer áður en pH sýnisins er mælt. Einnig er mælt hitastig sýnisins.

Eftirfarandi lausnir þarf að útbúa:

0,1N HCl (títtrisól)

0,1N NaOH. Leysa skal upp 4 g af NaOH í eimuðu vatni, þannig að lausnin verði 1000 ml.

5N NaOH. Leysa skal upp 200 g af NaOH í eimuðu vatni, þannig að lausnin verði 1000 ml.

0,001N Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>. Leysa skal upp 0.3187 g af Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> í af eimuðu vatni, þannig að lausnin verði 1000 ml.

#### 4.1 Mæling á CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S í háhitavökva

##### 4.1.1 Lútarsýni

Til greiningar á CO<sub>2</sub> eru teknir 2 ml af sýni og þynnt í 50 ml með eimuðu vatni í kolbu. Blöndunni er hellt í bikarglas og pH stillt á 8,20 með 0,1N HCl ef pH er hærra en 8,20 en með 0,1N NaOH ef pH er lægra en 8,20. Sýnið er síðan títrað með 0,1N HCl frá pH=8,20 til pH=3,80.

Til greiningar á H<sub>2</sub>S eru teknir 0,1 ml (0,2 ml ef gas er lítið) af sýni og blandað í ca. 10 ml af eimuðu vatni. Í þetta er bætt 5 ml af 5N NaOH, 5 ml af acetoni og örliðlu af dithizone í föstu formi. Sýnið er síðan títrað með 0,001N Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>-lausn í rauðan endapunkt.

Útreikningar:

$$\text{ppmCO}_2 = (\text{ml títur} * 2200 - 2700 + 1663 * p) / p - 1,182 * \text{ppmH}_2\text{S}$$

$$\text{ppmH}_2\text{S} = \text{ml títur} * 34 / \text{ml sýni} * p$$

$$p = (V_s - V_1) / R_s$$

þar sem;

V<sub>1</sub> er þyngd kolbu fyrir söfnun

V<sub>s</sub> er þyngd kolbu eftir söfnun

R<sub>s</sub> er heildarrúmmál sýnis og lútar.

#### 4.1.2 Þéttivatnssýni

Sýni til greiningar á  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  í þéttivatni eru útbúin á eftirfarandi hátt. Þrjár 50 ml kolbur eru merktar við 50,4 ml rúmmál. Í hverja þeirra eru settir 0,4 ml af 5N NaOH og síðan fyllt að nýmerki með sýni. Á sama tíma er einnig sett lítið sýni í bikarglas og mælt pH og hiti.

Til greiningar á  $\text{CO}_2$  er síðan hellt úr kolbunum í bikarglös, pH stillt á 8,20 og títrað í 3,80 með 0.1N HCl-laun.

Til greiningar á  $\text{H}_2\text{S}$  eru teknir 0,2 til 0,5 ml úr þriðju kolbunni, bætt út í ca. 10 ml af eimuðu vatni. Út í þetta eru settir 5 ml af 5N NaOH, 5 ml af acetoni og örlítið af dithizone í föstu formi. Sýnið er loks títrað í rauðan endapunkt með 0.001N  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ -laun.

Útreikningar:

$$\text{ppmCO}_2 = (50,4/50) * (88 * \text{ml títur}) - 7,92 - (1,182 * \text{ppm H}_2\text{S})$$

$$\text{ppmH}_2\text{S} = (50,4/50) * ((\text{ml títur} * 34)/\text{ml sýni})$$

#### 4.1.3 Vatnssýni

Í fyrstu er sýrustig og hiti sýnis mælt. Til greiningar á  $\text{CO}_2$  eru síðan teknir 50 ml af sýni, pH stillt á 8,20 og síðan títrað í pH=3,80 með 0,1N HCl-laun.

Til greiningar á  $\text{H}_2\text{S}$  er ein 50 ml kolba merkt við 50,4 ml rúmmál. Í hana eru settir 0,4 ml af 5N NaOH og fyllt að nýmerki með sýni. Af þessari laun eru teknir 1 til 10 ml, bætt við ca. 10 ml af eimuðu vatni, 5 ml af 5N NaOH, 5 ml af acetoni og örlitlu af dithizone í föstu formi. Sýnið er síðan títrað í rauðan endapunkt með 0,001N  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ -laun.

Útreikningar:

$$\text{ppmCO}_2 = (88 * \text{ml títur}) - 7,92 - (1,182 * \text{ppmH}_2\text{S}) - (0,0088 * \text{ppmSiO}_2)$$

$$\text{ppmH}_2\text{S} = (50,4/50) * ((\text{ml títur} * 34)/\text{ml sýni})$$

#### 4.2 Mæling á CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S í lághitavatni

Í fyrstu er mælt sýrustig og hitastig sýnisins. Til greiningar á CO<sub>2</sub> eru síðan teknir 50 ml af sýni, pH stillt á 8,20 með NaOH eða HCl og síðan er sýnið títrað í pH=3,80 með 0,1N HCl-lausn.

Til greiningar á H<sub>2</sub>S eru 50 ml af sýni settir í kolbu. Af þessu eru teknir 10 til 50 ml og bætt við 5 ml af 5N NaOH, 5 ml af acetoni og örlitlu af dithizone í föstu formi. Sýnið er síðan títrað í rauðan endapunkt með 0,001N Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>-lausn.

Útreikningar:

$$\text{ppmCO}_2 = (88 * \text{ml títur}) - 7,92 - (1,182 * \text{ppmH}_2\text{S}) - (0,0088 * \text{ppmSiO}_2)$$

$$\text{ppmH}_2\text{S} = (\text{ml títur} * 34)/\text{ml sýni}$$

## 5 AÐRAR EFNAGREININGAR

Hér á eftir verður greint frá aðferðum þeim, sem notaðar eru við efnagreiningu á Jarðefnafræðideild Orkustofnunar. Helstu efni sem greind eru í vatnssýnum eru;  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SiO}_2$ , Na, K, Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ , Cl, F, Br og heildarmagn uppleystra efna. Einnig er sýrustig vatnsins mælt. B, Al, Hg og Fe eru greind alloft og í stöku tilfellum einnig Cu, Zn og Pb ofl. Í töflu 3 er yfirlit yfir greiningaaðferðir á einstökum efnum. Fjögur efnagreiningatæki eru helst notuð á efnagreiningastofunni; gasgreinir, atómísogstæki, jónagreinir og spektrófótómeter. Einnig eru notaðar handvirkar títranir í sumum tilvikum.

Tafla 3. Efnagreiningaaðferðir.

pH er mælt með pH-mæli og gler elektróðu.

Uppleyst súrefni er mælt með sérstökum CHEMet-ampúlum eða Winkler-títrun.

Heildar-karbónat er greint með títrun.

$\text{H}_2\text{S}$  er greint með títrun.

Leiðni er mæld með leiðnimæli.

Selta (salinity) er mæld með leiðnimæli.

$\text{SiO}_2$  er greint með spektrófótómeter.

Na er greint með atómísogstæki.

K er greint með atómísogstæki.

Ca er greint með atómísogstæki.

Mg er greint með atómísogstæki.

Li er greint með atómísogstæki.

Cl er greint með jónagreini.

$\text{SO}_4$  er greint með jónagreini.

Br er greint með jónagreini.

F er greint með flúor elektróðu.

Fe er greint með atómísogstæki eða spektrófótómeter.

Al er greint með flúorljómunartæki.

B er greint með spektrófótómeter.

Mn er greint með spektrófótómeter.

Cu, Zn, Cd og Pb eru extraheruð og greind á atómísogstæki,

eða greind með grafítbrennara.

Hg er greint logalaust með atómísogstæki.

Gös eru greind á gasgreini.

Við efnagreiningar á jarðefnafræðideild eru notuð sérstök eyðublöð, þar sem allar upplýsingar koma fram varðandi efnagreininguna sjálfa. Þessi efnagreiningarblöð eru varðveitt og getur verið mjög mikilvægt að skoða þessi frumgögn þegar túlka á niðurstöður efnagreininganna,

oft löngu eftir að greining fór fram. Ef efni eru greind við söfnun, er mikilvægt að hafa efnagreiningarblöð meðferðis og skila þeim inn til varðveislu á efnarannsóknarstofu að söfnun lokinni.

## 6 HEIMILDIR

Hörður Svavarsson, Gestur Gíslason og Trausti Hauksson (1981): Skrá um númer efnagreininga, ásamt skýringum. Greinargerð, Orkustofnun.

Hörður Svavarsson og Gestur Gíslason (1982): Númerakerfi fyrir jarðhitastaði. Greinargerð, Orkustofnun.

Stefán Arnórsson (1969): A geochemical study of selected elements in thermal waters of Iceland. University of London. Dr. ritgerð.

Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1975): Leiðbeiningar um söfnun vatns- og gassýna. OS JHD 7552.

Sveinbjörn Björnsson og Sigurður Benediktsson (1968): Greinargerð um aflmælingar í gufuholum. OS JHD.