

Jarðhitadeild
Raforkumálaskrifstofan

T.E.



1 billu

2

ATHUGANIR Á ÁHRIFUM SÁPU
Á GOS Í GEYSI

eftir
Sigurð V. Hallsson
efnaverkfræðing

Inngangsorð

Í eftirfarandi skýrslu er leitast við að komast að hinu sanna um áhrif sápu á gos í Geysi og allar þær heimildir, sem hérlendis eru fáanlegar, eru athugaðar og ályktanir dregnar þar af og jafnhliða stuðzt við niðurstöður sjálfstæðra tilrauna og útreikninga.

Ýms plögg, sem fylgja skýrslu þessari, eru lögð fram sérstaklega í einu lagi, en skýrslan í 10 eintökum. Eru allar þær myndir og línurit, sem vísað er til í köflunum um suðu- og sápuathuganir erlendis, að finna í meðfylgjandi plöggum. Eru tilvísanirnar merktar með (M).

Höfundur hafði það fyrir reglu að athuga sem minnst eldri kennisetningar um gos á hverum yfirleitt á meðan á athugunum þessum stóð, en notaði heimildirnar fremur til að fá upplýsingar um háttu goshvera, eðli og eiginleika sápu og suðu í vökvum eða yfirleitt þann fróðleik, sem leggja mætti til grundvallar við skýringu á sápu gosum í Geysi.

Vonast höfundur til þess, að hver, sem les skýrslu þessa og þær heimildir, sem vísað er í, geti með eigi of mikilli fyrirhöfn gert sér á fræðilegan hátt grein fyrir sápu gosum, hvort sem niðurstaðan verður hin sama og höfundar eður ei (sjá "Heildarniðurstöður").

Samanburður viðbitasmalingar 1948 (með mynd)	24
Suðubólunathuganir í hreina vatni og sápu	
Aðferðir	25
Niðurstöður	25
Ályktanir	28
Aðrar athugasemdir	
Námið Geysis og þverskurður (með mynd)	30
Blöndunarkræði fosfórs og sápu í Geysi	30
Sáputegund og magn í Geysi	31
Lauslega áttlað gassagn í Geysi	34
Suðumarkshækkun vegna upploystra efna í Geysi	35

Efnisyfirlit

Inngangur	Bls.	1
Tilgangur athugana	Bls.	1
Framkvæmdir	-	1
Mælitækin:		
Recorder (sjálfritari)	-	3
Thermistor (viðnámsmælir)	-	3
Einangrun	-	3
Aðalþráður	-	4
Hringrásin (með mynd)	-	4
Samanburður viðnámsmælis við	-	6
kvikasilfurmæli	-	5
Viðbragðsstuðull mælitækjanna	-	5
Skekkiur við mælingar í Geysi	-	6
Yfirhitun í hreinu og sápuvatni:		
Aðferðir	-	7
Niðurstöður	-	8
Ályktanir	-	12
Hitamælingar í Geysi:		
Aðferð (með mynd)	-	16
Niðurstöður (með mynd)	-	17
Ályktanir	-	20
Mikilvægi mælinga þessarar	-	22
Samanburður við hitamælingar 1948 (með mynd)	-	24
Suðubólathuganir í hreinu vatni og sápuvatni:		
Aðferðir	-	25
Niðurstöður	-	25
Ályktanir	-	28
Aðrar athuganir:		
Rúmmál Geysis og þverskurður (með mynd)	-	30
Blöndunarhraði fosfórs og sápu í Geysi	-	30
Sáputegund og magn í Geysi	-	31
Lauslega áætlað gasmagn í Geysi	-	34
Suðumarkshækkun vegna uppleystra efna í Geysi	-	35

Kalsíumútfelling sápu í Geysi	bls. 35
Kæling á yfirborði vatns með og án sápu	- 36
Athuganir erlendis á eðli og eiginleikum sápu	- 37
Ályktanir af niðurstöðum sápusérfræðinga	- 49
Athuganir á erlendum heimildum um suðu í vökvum	- 50
Ályktanir af niðurstöðum suðusérfræðinga	- 65
Athuganir á niðurstöðum erlendis varðandi skýringu á sápuþosi í hverum	- 66
Heildarniðurstöður	- 70
Skýring á gosi í Geysi	- 70
Framtíðarspursmál	- 72
Viðurkenningarorö	- 73
Heimildir	- 74

Með skýrslu þessarri innihalda meðfylgjandi plögg:

- Allar "sjálfritaðar" mælingar (rúllur).
- Línurit teiknuð eftir hitamælingum.
- Frumteikningar af Geysi og mælitækjum.
- Ljósmyndir af Geysi og mælitækjum.
- Ýmsar aðrar upplýsingar um Geysi og mælitækin.
- Ljósprentanir úr heimildum (12) og (13).

Vel. Aðalhlutar tækisins er viðnámstæki (thermistor), viðnámbrú og sjálfvirkur styrkreglari (recorder, en hann hefur eigi verið notaður áður). Viðnámstæki þarfti að mæla, en hitt voru "standarð" tæki. Hins vegar á milli málens sjálfs og rafsvagartæki þó þessi hefur hingað til verið aðalvandamálið við rýngingarmælingar. Þér var reynt í fyrsta skipti "millions" gosi góð, sem stóðst með hignus 130°C hita í glycereni og flótri efnis skilyrði, enda gefið út fyrir +150°C og upp í 200°C hita.

Er um 70 smágestillranir hafa verið gerðar og Geysir

TILGANGUR ATHUGANA

Fyrir hönd Geysisnefndar fól prófessor Trausti Einarsson höfundi að athuga sem fyllilegast verkanir sápu á gos í Geysi. Höfst undirbúningur á athugunum þessum 19. apríl 1958 og lauk athugunum með skýrslu þessari í ágúst sama ár, en ýmis önnur verkefni og erfiður aðbúnaður töfðu nokkuð framkvæmdir og leyfðu aðeins, að einfaldar tilraunir væru gerðar.

FRAMKVÆMDIR

Í fyrstu voru ræddar niðurstöður eldri athugana varðandi mismun á suðu í hreinu og sápuðu vatni, en yfirhitun í hvorutveggja hafði áður verið athuguð af Trausta Einarssyni (7) og Magnúsi Magnússyni (10), en þær fáu tilraunir, sem gerðar voru, gáfu gagnstæðar niðurstöður. Virtist T.E. sápuvatn yfirhitna meira en hreint vatn, en M.M. hið gagnstæða líklegra.

Þar eð hitamælingar í Geysi höfðu hingað til verið gerðar með hámarksælum og viðnámsmælitækjum, er lesa varð af jafnóðum, þótti rétt, að samfara athugunum á yfirhitun væri nokkrum tíma varið í að setja saman sjálfritandi tæki, er nota mætti við sáputilraunir og mælingar á Geysi sjálfum.

Mælingar á Geysi myndu geta gefið gagnlegar upplýsingar þótt svo kynni að fara, að hinar einföldu sáputilraunir bæru eigi tilætlaðan árangur. Þar að auki var það orðinn almannarómur, að "Geysir væri hættur að gjósa", en mælingar í Geysi voru þó síður en svo gerðar til þess að afsanna slíkan orðróm.

Nokkur tími fór í að setja saman og smíða tækjasamstæðu, sem mælt gæti hita á sviðinu 80° - 130° C. Þetta tókst þó mjög vel. Aðalhlutar tækisins er viðnámshitamælir (thermistor), viðnámsbrú og sjálfritandi straummælir (recorder, en hann hefir eigi verið notaður áður). Viðnámsbrúna þurfti að smíða, en hitt voru "standard" tæki. Einangrunin á milli mælisins sjálfs og raftaugarinnar að brúnni hefir hingað til verið aðalvandamálið við viðnámsmælingar. Hér var reynt í fyrsta skipti "silicone" gerfi gúmmí, sem stóðst með ágætum 130° C hita í glyceréni og fleiri erfið skilyrði, enda gefið út fyrir $+ 50^{\circ}$ C og upp í 200° C hita.

Er um 70 smágostilraunir höfðu verið gerðar og Geysir

mældur hátt og lágt, höfðu niðurstöður enn eigi varpað ljósi á áhrif sápunnar við gos og þótti höfundur þá ljóst, að skýringin lægi í bólumynduninni sjálfri. Yfirhitunin, sem hingað til hafði verið athuguð nær eingöngu, virtist vera svo viðkvæm fyrir hinum minnstu utanaðkomandi breytingum, að eigi fékkst nema grófur samanburður af gosi og yfirhitun í hreinu og sápuvatni.

Varð því að samkomulagi að athugað væri frekar bólu-myndun og þeir eiginleikar mismunandi sáputegunda, er sennilega hefðu áhrif á gos.

Setti höfundur því upp glertæki, er sýndu augljósan mun gufubólanna í sápu og hreinu vatni og sýndu þær tilraunir, að auðvelt er að bera saman mismun á suðu í hreinu og sápuvatni með því að horfa á það, sem gerist, þótt hraðar ljósmyndir hefðu gefið enn betri raun.

Þá beindist athyglin að lokum að heimildum um suðu í vökvum og eiginleika sápuafna, er höf. náði í á Atvinnudeild N.Í. (sjá (12) og (13)).

Samfara athugunum á niðurstöðum erlendra sérfræðinga á tilraunum með sápu og suðu í vökvum (þó eigi í sápuvatni) og þá fyrri athugunum á sápuvösum í hverum, athugaði höfundur hvaða tegund sápu best myndi reynast í Geysi og hæfilegt magn, en til þess þyrfti að athuga rúmmál Geysis, og var farið eftir athugunum prófessors Þorbjörns Sigurgeirssonar (1951).

Út frá ofangreindum athugunum eru svo dregnar nokkrar ályktanir um eðli sápuvösum án þess að ein eða nein hinna þekktu kennisetninga sé hrakin né sönnuð.

Gísni þetta er í fljótandi formi. Þi settast 0.5-0.5 (eftir þyngd) af hvata K2CO3 (mjög skrefint), sem fylgir gísni, þvask og hárðar þess á milli 0.5-1.0 mín. eftir magni kvatans, sem er hærður vel inn í gísni og hís klisburkenna ofni er síðan látið loka yfir hlut þess, sem einangra á. Talið er, að gísni þetta þoli 450-400°C hita og er víst, að það þoli 430°C hita og þá í glycerini. Innviðar voru gerðar nokkrar athugasir á viðnámi þess, t.d. eftir 2 klst. suðu og einu í gegnum nærvænt lag af því og reyndist viðnámið eins hátt og viðnámið náði (þ.e. 90 milljóna).

MELITEKIN"Recorder"

Hinn sjálfritandi mælir var fenginn hjá prófessor Þorbirni Sigurgeirssyni og er hann af "Esterline - Angus" gerð. Mælirinn sýnir fullt útslag við 1 mA straum og er innra viðnám hans 1400 Ω. Hægt er að láta hann ganga í tæpar 4 klst. án þess að vinda klukkuverkið, og með misjafnlega stórum tannhjólum er hægt að láta pappírinn, sem mælingarnar ritast á, hreyfast með þrenns konar hraða, 1/4, 1/2 og 1 bil á mín. Á mA-mælikvarða mælisins var komið fyrir hitamælikvarða, svo að hægt var (með "thermistor" nr. 1) að lesa hitann beint. *lættur og náttúrulega stífur.*

"Thermistor"

Mælir sá, sem hér var notaður, er viðnámshitamælir, þ.e. hálfleiðandi efni á milli tveggja skauta og allt steyppt í gler. Hið hálfleiðandi efni breytir viðnámi í öfugu hlutfalli við hita þess eða réttara sagt eftir líkingunni $R = K_1 e^{K_2/T}$ til þess að geta haft fjölda $R = K_1 e^{K_2/T}$ hver takjum er komið fyrir við. Er hinn viðkvæmi mælir var notaður í Geysi var hann settur í málmslíður utan af maximum mæli og þyngdur með 1 1/2 kg blýlóði, en tilraunastofu var hann aðeins húðaður með "silicone"-gúmmíi.

Einangrun

Keyptar voru til reyngslu fyrir jarðhitadeild raforku-
málaskrifstofu 3 tegundir gerfigúmmís ("experimental MS cold
curing Silicone Rubber. Heavy grade (K9159), medium grade
(K9160) og fluid grade (K9161).

Gúmmí þetta er í fljóttandi formi. Ef sett er 0.5-4%
(eftir þyngd) af hvata N9162 (mjög eldfimt), sem fylgir
gúmmíinu, þornar og harðnar það á frá 40 mín. ofan í 5-10
mín. eftir magni hvatans, sem er hrærður vel inn í gúmmíið
og hið klísturkennda efni er síðan látið leka yfir hlut
þann, sem einangra á. Talið er, að gúmmí þetta þoli +50-+200°C
hita og er víst, að það þolir +130°C hita og það í glyceríni.
Ennfremur voru gerðar nokkrar athuganir á viðnámi þess, t.d.
eftir 2 klst. suðu og eins í gegnum næfurþunnt lag af því
og reyndist viðnámið eins hátt og viðnámsbrúin náði (þ.e.
99 milljón Ω).

Aðalþráðurinn

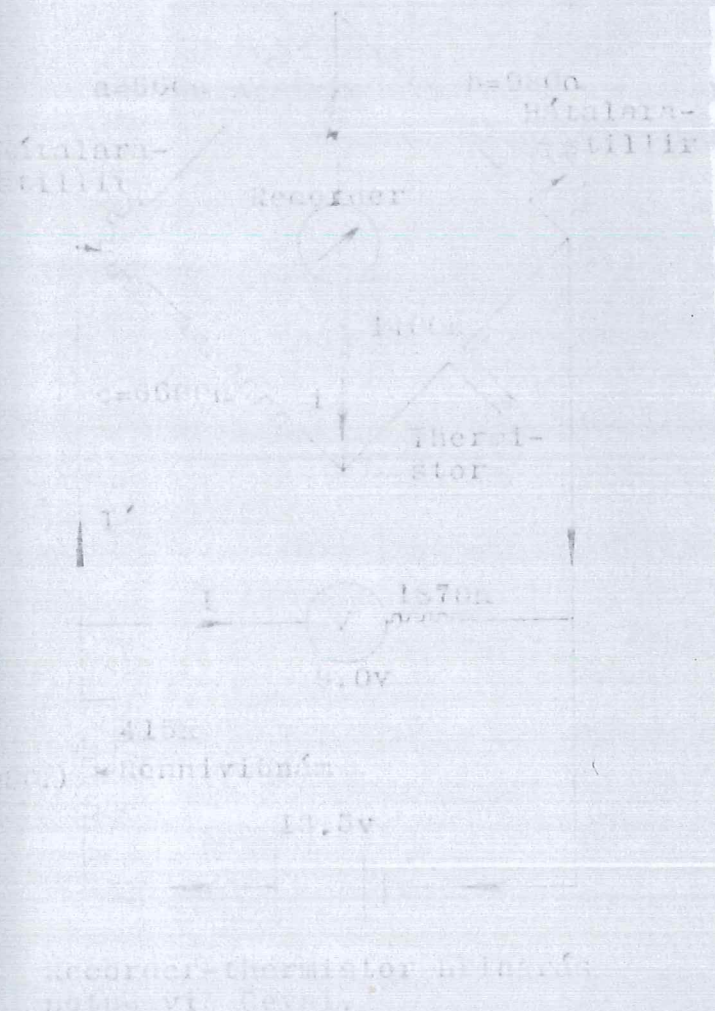
Notaður var við Geysi "teflon" þráður og reyndist hann mjög vel. Þó flögnuðu tvö yztu lögin (úr einhvers konar vefnaði) af honum, en það sakaði eigi þar eð undir þeim var skermir (net úr málm). Því næst er þunnt lag úr plasti. Þá er utan um bæði skautin gerfi vefnaður og undir honum vafningar af þunnum teflon rænum.

Þráðurinn í heild er aðeins um 3-4 mm í þvermál og léttur og mátulega stífur.

Þráðurinn var merktur með 1 m millibili með rauðum óuppleysanlegum gúmmílit og einnig voru hnýttir smá seglgarnsstubbar utan um þær merkingar. Var mjög auðvelt að sjá, er seglgarnsendarnir lágu á yfirborði Geysis.

Óhætt mun að hafa 100-150 m af slíkum þræði til þess að geta haft frjálsar hendur um hvar tækjum er komið fyrir við Geysi. Þráðurinn var þunnt húðaður með silicone-gúmmí til frekari öryggis.

Í fyrstu var athugað hvaða viðnám thermistorinn hafði á bilinu 80°-130°C (sjá línu-rit, er fylgir meðlögðum plöggum). Því næst voru reiknuð út viðnámín a, b og c (sjá meðfylgjandi teikningu, að undanskildu voltmæli, renniviðnámi og rofa og 9 V rafhlaða í stað 13.5V) fyrir þær breytingar á straumi í gegnum recorder (þ.e. 0-1mA), sem samsvarar breytingum á viðnámi thermistors (þ.e. um 9800-2200 Ω fyrir thermistor nr. 1). Síðan var viðnámsbrúin smíðuð hjá viðtækjavinnustofu Eggerts Benónýssonar og var það allseinlegt



verk en tókst þó vel.

Er nota skyldi tækin við Geysi, þótti öruggara að hliðtengja voltmæli við stærri rafhlöðu og hafa jafnframt rennivíðnám í rásinni (sjá mynd) til þess að hægt væri að halda spennunni yfir brúna 9 volt.

Mælisvið hringrásar nr. 1 reyndist $78-129^{\circ}\text{C}$. Mælisvið hringrásar nr. 2, þ.e. þeirrar, sem notuð var að Geysi (notaður var thermistor nr. 2) reyndist vera $77-130^{\circ}\text{C}$.

Rofinn, sem settur var í síðari hringrásina, reyndist óþarfur, ef tveir menn gerðu mælingarnar, en nota átti hann einnig til þess að gefa merki inn á recorderspóluna.

Samanburður víðnámsmælis við kvikasilfurmæli

Samanburðarmælirinn er frá "Fisher Scientific Co." U.S.A. og nær frá 420° í 151°C , markaður með 1°C millibili.

Mælir þessi var borinn saman við nokkra standard mæla, sem náðu yfir aðeins hluta mælisviðs hans, og var ályktað af þeim samanburði, að mælir þessi myndi bezst reynast, þar eð einnig þurfti að hafa standard mælana á kafi, en þennan mæli aðeins 76 mm í vökvanum.

Merkt var inn á recorder spóluna nákvæmlega, er kvikasilfursúlan var á hverju gráðustriki (lesið af með stækkunargleri).

Línurit, er gefa samanburð á hita og lesningu á recorder, fylgja hjálögðum plögum.

Skekka við samanburðinn mun sennilega $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

Viðbragðsstuðull mælitækjanna

Aðferð

Farið var eftir aðferð, sem lýst er í "Notes on the development of a thermistor temperature profile recorder", eftir E.R. Anderson o. fl., Kaliforníu, ljósprentuð skýrsla á jarðhitadeildinni.

Thermistor var settur í um 75°C heitt vatn í hitabrúsa, sem í var og glycerene í neðra lagi og um 92°C heitt. Er thermistorinn hafði náð föstum hita í vatninu, var hann látinn falla ofan í glycerínið og "recorderinn" látinn ganga stöðugt á mesta hraða.

Samkvæmt ofangreindri skýrslu er "response factor" eða viðbragðsstuðull, τ , tækjanna fenginn út frá

$$\frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0 - \theta_1} = 1 - e^{-t/\tau} = R$$

þ.e. þegar $t = \tau$, þá er $R = 0,632$, eða viðbragðsstuðullinn er sá tími, sem það tekur tækin að ná 63,2% af hitamismuninum á milli vatnsins og mælisins.

Niðurstöður

Því var 63,2% útsláttarins á "recorder" fundinn og samsvarandi tími fundinn. Gerðar voru tvær tilraunir og fengust gildin $\tau = 1,9$ og $\tau = 1,8$ sek., þ.e. meðal $\tau = 1,85$ sek.

Samkvæmt línuritum ofangreindrar skýrslu, mun það taka 5.5 sek. fyrir mælitækin að ná 9.5° af 10°C mismun og 8.5 sek. að ná 9.9 af 10°C mismun á milli mælis og vatns. (Það mun hafa tekið um 30 sek. að ná nokkurn veginn füllum mismun).

Skekkjur vegna viðbragðs "thermistors" við mælingar við Geysi

Skekkjur við þær mælingar, sem fóru þannig fram, að mælirinn var dreginn jafnt og þétt upp með mest 0.2 m/sek hraða munu vera, ef gert er ráð fyrir 2°C/sek breytingu á vatninu, um +1,2°C mest.

Skekkjur við þær mælingar, þar sem mælirinn var látinn kyrr í 1/2-2 mín., mætti fá þannig:

Ef tekið er ein af sneggstu breytingunum, fæst með

$$\frac{\theta - \theta_0}{\theta_2 - \theta_0} = 1 - e^{-t/\tau}$$

ef $\theta_0 = 96.2^\circ\text{C}$, $\theta = 106.5^\circ$, $t = 8.2$ sek.
 $\tau = 1.85$ sek. Þá fæst:

$$\theta_2 - \theta = +0.1^\circ\text{C}$$

Heildarskekkjur í hitamælingum í Geysi

Af ofanskráðu mun heildarskekkja við mælingarnar, er mælirinn var dreginn hratt upp, ca $+0.2^{\circ}$ til $+1.3^{\circ}$ og við föstu mælingarnar ca $+0.2^{\circ}$ til $+0.3^{\circ}\text{C}$.

Þar eð mælingar þessar eru einnig mikilvægar hvað staðsetningu varðar, verður að benda á, að möguleiki er á því, að viðnámsmælirinn hafi breyft út af þeirri lóðréttu línu, sem ætlað var til, að hann fylgdi, vegna róts í vatninu og það, að þráðurinn snerti vegginn. Þó má ætla, að hið 1 1/2 kg þunga lóð hafi haldið mælinum nokkuð stöðugum.

YFIRHITUN Í HREINU OG SÁPUGU VATNI

Aðferðir

Vatnið var soðið í 80 cm³ tilraunaglassi, sem sökk var í glycerínbað hitað á rafhelli. Þar eð loftbólur úr siliconeinangrun viðnámshitamælisins og óhreininda á glerinu vildi trufla suðuna, varð að hafa vatnið í glasinu sem minnst (um 3 cm) og aðeins neðsta hluta mælisins niður í vökvanum, rétt við botn glassins.

Tilraunir þær, sem gerðar voru, skiptust þannig:

- (1) Tilraunir með óuppleysta blautsápu (ca 1g/l)
- (2) " " a) hreint vatn, sett í sápuð glas
b) sápu og hreinu vatni, sett út í glasið hvert á eftir öðru
c) sápuvatn
- (3) " " hreint vatn
- (4) " " hreint vatn, sem sápa var sett út í og síðan sápuvatn.

Við tilraunir með hreinu vatni var tilraunaglassið þvegið með vatni, brennisteinssýru, kalíumbikromatupplausn og síðan með köldu vatni og þá síðast með acetoni.

Gerðar voru alls um 70-80 lengri og skemmri tilraunir, en slíkt er mögulegt á skömmum tíma með recorder stöðugt í gangi.

Niðurstöður

Eigi voru gerð línurit nema af fáeinum tilraunanna og eru þau gefin í meðfylgjandi plöggum, en það, sem helst kom í ljós, var eftirfarandi:

1) Ef óuppleyst sápa er sett í hreint yfirhitað vatn, virðist vatnið eftir ofurlitla kólnun ná hærra hita en áður, en á meðan sápan er að leysast upp freyðir og bullar í vatninu fremur en gýs og fór venjulega mest af vatninu í burtu áður en sápan leystist fyllilega upp. Þá trufluðu loftbólur þessar tilraunir og þykir eigi vert að leggja mikið upp úr þeim.

Þar eð vatnið sauð alltaf, er óljóst út frá þessum tilraunum við hvaða hita sápuvatnið myndi byrja að sjóða, en það fékkst frekar skýrt við síðari tilraunir.

Mesta yfirhitun var um 5.5°C bæði í hreinu og sápuðu vatni.

Línurit yfir tilr. þessar er að finna með meðfylgjandi plöggum.

2) (a) Hreint 70°C heitt vatn var sett 32 sinnum út í sápuðt glas, sem notað hafði verið við tilr. nr. 1, og gefur eftirfarandi tafla hugmynd um yfirhitunina við misjafna kælingu.

Yfirléitt var eigi um nein gos að ræða og því áherzla lögð á yfirhitunina.

<u>Tilr. nr.</u>	<u>Kæling (áður) $^{\circ}\text{C}$</u>	<u>Yfirhitun $^{\circ}\text{C}$</u> (miðað við 100°C)
1	81.4	2
2	95.3	2
3	81	3.3
4	76.6 og 78	5.6
5	91.9	4.5
6	79.6	4.5
7	81.5	6
8	78	3.5
9	98.3	2.5
10	90.2	3.5
11	93.2	2
12	93.5	2
13	90	2.5
14	84.5 og 92.3	3.5
15	{78}	2
16	{78}	4

<u>Tilr. nr.</u>	<u>Kæling (áður) °C</u>	<u>Yfirhitun °C</u> (miðað við 100°C)
17	81.3	5.7
18	ca 77	6.8
19	ca 77	5
20	ca 77	5.4
21	78	9.2
22	ca 76	9
23	ca 76	8.3
24	91.4	3.5
25	ca 76	2
26	ca 76	0.7
27	94	0.6
28	78	1
29	ca 75	0.6
30	ca 76	0.7
31	79.2	1.5
32	ca 77	6.4

Mjög óljóst virðist, hvort mikil undirkæling valdi mikilli yfirhitun vegna aukins varmaaðrennslis eða það, hvort minnkandi áhrif sápunnar minnki yfirhitunina, ef hið fyrrnefnda gildir.

(b) Ef sápa var sett út í hreint vatn (um 20 ml), vildi hún freyða strax á yfirborðinu og þannig flytja mest allt vatnið burtu úr glasinu og var því bætt 70°C heitu vatni strax á eftir.

Eftirfarandi kom í ljós:

Tilraun nr. 34: Áður en sápa var sett í, var hiti vatnsins 104-107°C og er sápan var sett út í (rúmlega 1 g/l) hækkaði hitinn í 111.4°C jafnt og þétt (á 38 sek), en féll síðan niður í 104°, en þá var vatn sett út í.

Tilraun nr. 35: Hitinn rís úr 85.5° í 105.4°

Tilraun nr. 36: " " " 78° " 105.4°

Tilraun nr. 37: " " "ca 76° " 111.5° gos

Tilraun nr. 38: " " "ca 75° " 106-107.8°

og sveiflast þar á milli.

Tilraun nr. 39: Hitinn rís úr ca 75° fyrst hratt upp í 102° og síðan hægar upp í 110.6°, en fellur síðan.

Tilraun nr. 41: Smágos fékkst, er hitinn steig úr 79.6° í 110.6°.

Tilraun nr. 47 og 48: Sápa var sett í við 103.5°C og síðan vatn og fór hitinn úr ca 76° í 110.4° og fékkst þá dagottgos. Þá var kælt aftur niður í 78° með hreinu vatni og steig hitinn þá í 110.2° strax (á 1 sek.) en reis síðan stöðugt á um 39 sek. upp í 114.9°, en þar var hæsti hiti, sem

náðist í öllum mælingunum. Fékkst gott gos og féll hitinn samstundis í 103° og síðan hægt niður í 101° .

Tilraunir nr. 49-59: Gos fengust við $109.2-110.2^{\circ}$, en kælt var venjulega niður í $74-78^{\circ}$.

Augljóslega gat soðið stöðugt á einum til fleiri punktum og jafnframt fengizt há yfirhitun. Sauð ýmist á yfirborði eða á einstaka punkti neðar.

Gosin voru eigi mæld, en munu hafa verið um 20-30 cm í mesta lagi og fengust yfirleitt við $9-12^{\circ}\text{C}$ yfirhitun.

(c) Sápa var leyst upp í því vatni, sem flaut út úr glasinu við fyrri tilraunir og var stöðugt bætt á glasið aftur eftir því, sem úr því fór, þannig, að um 20 ml. voru í glasinu við hverja tilraun.

Tilraun nr. 60: Sápuvatnið hitnar úr 102° í ca 107° og fæst 1 m gos, féll hitinn þó eigi niður og reis strax aftur upp í 109.3° og fékkst þá annað álíka gos. Féll hitinn síðan niður í 105.2° .

Tilraun nr. 61: Hitinn fór úr 79.5° í 103° með rykkjum og síðan hægt (á ca. 48 sek.) í 108.6 og fékkst gos upp í loft herbergisins. Hitinn lækkaði þó strax í 106.4° og síðan hægar í 105° .

Tilraun nr. 62: Hitinn fór rólega úr 84.5° í 104.5° en þá bullaði vatnið og hitinn féll lítið eitt, en steig síðan skrykkjótt upp í 109° og bullaði þá aftur og féll hitinn í 106.6° og steig síðan mjög hægt án þess að sjóða og gaf gos við ca. 109° og féll þá lítið eitt.

Tilraun nr. 63: Kælt var enn með sápuvatni niður í ca. 91° og steig hitinn síðan mjög rólega með jafnt minnkandi hraða og smágosum (við 106.6° , 107° og 107.4°) upp í 108.6° , féll þá í 107.8 eftir smágos.

Tilraun nr. 64-65: Hitinn fór úr 78° upp í 107.4° og gaf smágos, lækkaði lítið eitt og steig upp í 108.9° og gaus þá aftur góðu gosi. Hitinn féll síðan hægt og nokkuð jafnt í 104.7° en þá var kaldara sápuvatni hellt út í tvisvar og rauk hitinn úr ca 76° í 105.1° á 1 sek., en steig síðan á um 11 sek. upp í 107.3° og gaus þá alveg upp í loft (1.90 cm ofan við glasið).

3) Gerðar voru 3 tilraunir með ca. 70°C kranavatni í vel þvegnu glasi.

Tilraun nr. 1: Er soðið hafði í 21 mín. við $102.3-103.2^{\circ}$, en sjálfritarinn hafði verið settur á hægán gang (þ.e. 1 bil/klst) var hraði hans aukinn og sýndi sjálfritarinn þá strax 104.3° , en sveiflaðist síðan við áframhaldandi suðu á $103.3-103.6^{\circ}$. Kælt var í 89.5° og steig hitunin nokkuð jafnt upp í 106° og gaus þá smávegis, en suða var á yfirborði áður en þeim hita var náð. Féll hitinn við gosið og bullaði í sífellu þar til hitinn var 101.3° . Reis hann þá í ca. 102° og sveiflaðist síðan um þann hita við venjulega suðu, en slíkt virðist einkennandi við tilraunir með hreint vatn.

Tilraun nr. 2: Kælt var úr 101° í 86.6° og reis hitinn fyrst á 3 sek. í 92.5° og síðan hægar í 94.5° þá á 10 sek. í 102.2° , síðan í 103.6 á 10 sek. en smágos myndaðist við 104.5 3 sek. síðar. Féll hitinn við það í 101.3° og sauð síðan við $101.3-101.5^{\circ}$.

Tilraun nr. 3: Kælt var úr 102.4° í 83.5° og reis hitinn síðan jafnt og þétt með vaxandi hraða upp í 110.6° og þá gaus (10-15 cm). Féll hitinn þá í 108.6 en reis strax aftur upp í 111.4° og gaus þá aftur álíka hátt og áður. Hitinn féll nú strax í 105.4° og sveiflaðist síðan á milli þess hita og 107.5° og sauð stöðugt.

Yfirleitt voru gosin í hreinu vatni í mesta lagi 10-15 cm.

4) Soðið var hreint vatn í langan tíma og fór hitinn yfirleitt ekki upp fyrir 103 en var oftast um og neðan við 101° en suðan hætti þó af og til og hækkaði þá hitinn um ca. 0.5° en féll niður aftur, er suða byrjaði aftur. Sápuvatn var sett út í og kældist vatnið í 93.2° , en hækkaði síðan í tveimum stökkum upp í um 102° og fór síðan aldrei hærra en það í 165 sek. en þá komst hitinn í aðeins 102.5° .

Var nú kælt aftur með heldur meira af sápuvatni og reis hitinn úr ca 75° í 108.8 á 2 mín. Þá var rúllan á sjálfritaranum búin og var því lesið á mælisviðlið beint. Komst hitinn upp í ca. 111.5° og gaus þá ca. 1 m. Féll hitinn síðan í 105° .

Því skal bætt við, að í eitt skipti við ofangreindar tilraunir, er um lg/l af óuppleystri sápu var sett út í hreint vatn, sem sauð í einum punkti á glasinu, varð bólu-myndunin örvari í punkti þessum. Er meiri sápa var sett í vatnið, stöðvaðist bólu-myndunin í punkti þessum með öllu, en hófst með rólegra móti á öðrum stað neðar á glasinu. Um tvennt gæti verið að ræða. Sápan jók fyrst bólu-myndunina (stenzt fræðilega séð) en (a) leysti að lokum upp óhreininði þau, sem ef til vill orsökuðu bólukjarnamyndunina eða (b) ef bólu-myndandi punkturinn hefir verið ávöl hola eða skráma með lofti eða gasi, mynduðust bólur þar til gasið var á brott og vatn fyllti skrámana. Ef skráman hefði verið með skarprí lögg hefði vatn aldrei komiðt alveg niður í hana og bólur stöðugt myndast, þ.e. gufa komið í stað gassins í skrámunni (sjá hér síðar).

Ályktanir um yfirhitun o. fl.

- 1) Er óuppleyst sápa var sett út í vatn, er sauð mest á yfirborðinu, myndaðist froða og lyftist vatn með henni upp úr glasinu. Hin óljósa hækkun hitans við þetta í því vatni, sem eftir var, hlýtur að stafa af því, að varmayfirfærilsan helzt, til að byrja með, sú sama og fer sá varmi í minni massa af vatni. Eins er kólnunin við yfirborðið eigi eins mikil og áður.

Ef gos hefði átt að myndast við það að sápa var sett í hið sjóðandi vatn, hefði þurft fyrst að stöðva í það minnsta yfirborðssuðuna, sem ávallt hlýtur að vera auðveld, þ.e. bólurnar hafa þar meiri ráðrúm. Sennilega getur sápan engan veginn stöðvað suðu í yfirhituðu vatni, nema ef sápan leysir suðumyndandi kjarna upp. Því mætti ætla, að helzt þyrfti sápan að vera komin í vatnið áður en suða myndast og gæti hún þá haft þau áhrif, sem síðar verða rædd, en byggjast á því, að sápan leitast á yfirborð vökva og gufu eða gass. Ef gufubólur eru fyrir hendi, er þar augljós undankoma fyrir sápunu.

2) (a) Það eina, sem álykta má af þessum tilraunum, er það, að ef kæling vatnsins hefir eigi haft áhrif á yfirhitunina, sem á eftir fylgdi, yfirhitnar sápuupplausn mest við eitthvað ákveðið hlutfallsmagn, þó er það ólíklegt. Aftur á móti ef litið er á niðurstöður frá tilr. nr. 1-24, kemur greinilega í ljós, að því lægri sem kælingin er, því meir yfirhitnar vatnið, og er það skiljanlegra vegna aukins varmaflutnings.

(b) Órugglega náðist meiri yfirhitun með sápu í vatninu, en hreinu vatni, jafnvel þótt vatnið syði á einstaka stað. Þetta hlýtur að stafa af því, að sápan leysir upp óhreinindi, sem suða myndaðist á, áður en sápan var sett út í. Auðveldlega mátti fá dágóð gos með því að setja sápu í vatnið (ef upplausnin var orðin of þynnt) og kæla upplausnina síðan með hreinu vatni. Fékkst þannig auðveldlega 10°C yfirhitun og einnig mesta yfirhitun allra tilraunanna, þ.e. 15°C . Eigi voru þó gosin nærri jafn völdug og við síðari tilraunir með uppleysta sápu. Skýringin gæti ef til vill legið í því, að þegar sápan er sett í sjóðandi, hreint vatn, safnist sápan utan á bóluarnar, sem þegar hafa myndast í hreinu vatni (og er upphaf þeirra og byrjunarvöxtur eigi það sama og bólu myndun í sápuvatni) og myndi löður eins og nefnt var áður. Þegar hreint vatn er nú sett út í slíka blöndu af sápuupplausn, sápu og hreinu vatni, koma fram áhrif og afleiðingar gosa í hreinu vatni og sápuvatni samtímis.

Því meiri sem kælingin var því meiri yfirhitun náðist yfirleitt.

Eftirtekarvert er hve mishratt hitinn jókst eftir kælingu og væri mikils virði að athuga nánar hvað gerðist við slíka breytingu á hitahækkuninni. Má vera, að ástæðan sé tregða í hringstraumunum í vatninu til að byrja með, sem svo lagist allt í einu. Einnig sezt kalda vatnið neðst í glasið og hitnar snögg, en fer svo á kreik.

Hitinn á vatninu féll ævinlega niður í $101-104^{\circ}$ eftir gos, en vatnið féll að einhverju leyti aftur niður í glasið. Átla mátti, að slíkt stafaði af eyðslu á innibýrgðri orku,

en þó er augljóst, að orka sú, sem fer í að lyfta vatninu um 20-30 cm, er eigi nema lítið brot af yfirhitunarorkunni. Mest af orkunni tapast við kælingu í loftinu (samanber gosvatnið úr Geysi) vegna hins mikla yfirborðs vatnsins í súlunni.

(c) 1-2 m gos fengust ef notað var sápuvatn allan tímann (aðeins um 20 ml), og gaus venjulega við um 107-109° og féll hitinn ýmist lítið sem ekkert og fékkst þá annað gos eftir að hitinn steig aftur, eða að hitinn féll í ca. 105-107°, en stöðug suða kom aldrei fram á eftir eins og í hreinu vatni.

Í þessum tilraunum fór mestallt sápuvatnið burtu en sterkasti hluti upplausnarinnar varð eftir. Hér kom fram, að meiri kæling gefur möguleika á betra gosi en eigi nauðsynlega meiri yfirhitun.

3) Tilraunir þessar sýndu, að hægt væri að ná yfir 11° yfirhitun í óeimuðu kranavatni, en eigi eins auðveldlega og með sápuvatni. Þá voru gosin mjög máttlaus og yfirleitt sauð og bullaði í vatninu eftir gos og jafnvel rétt áður.

Það litla, sem af þessu má ráða, er það, að í slíku vatni eru möguleikarnir fyrir suðu mjög miklir, en yfirhitun getur þó átt sér stað í þeim hluta vatnsins, er eigi sýður, sem var venjulega næst botni glassins, þ.e. miðað við sápuvatn, geta hvers konar óhreinindi valdið suðu við yfirborð vatnsins og innan á glasinu, en sápuvatnið eyðileggur mörg þessi suðumyndandi efni með því hreinlega að leysa þau upp ef mögulegt.

Þetta atriði er aðeins rætt hér til þess að benda á erfiðleika við að sannreyna hvort yfirhitun sé meiri í hreinu vatni en sápuðu eða öfugt. Ef vatnið og glasið er algjörlega hreint ætti að nást allt að því 50°C yfirhitun og jafnvel enn hærri.

Það þyrfti ótal tilraunir til þess að sýna fram á hver hæsta yfirhitun í sápuvatni muni vera, en sú tala mundi með samanburði við hliðstæða tölu fyrir hreint vatn gefa svar við því hvort undir sömu kringumstæðum sápa hækkaði yfirhitunarmöguleika hreins vatns eður ei. Í tilraunaglassi ættu möguleikarnir fyrir hærri hita að vera meiri í sápu-

vatni en hreinu vatni. Þetta þarf eigi að gilda í Geysi og telur höfundur meiri möguleika á, að sápa auðveldi suðumyndun í Geysi (sjá síðar), enda er um aðrar aðstæður að ræða.

4) Þessi tilraun sýndi mjög greinilega, að í tilraunaglassi hindrar sápa (í nægu magni, sennilega yfir 1g/l blautsápa) suðu. Eigi var gosið kröftugra þótt hærri yfirhitun næðist, miðað við tilraunir 2(c), en kælingin fyrir gosið var mjög kröftug (ca. 75°).

Einnig gaf tilraunin til kynna, að hitinn féll eigi hlutfallslega jafn mikið eftir gos og í hreinu vatni, sem gæti orsakast af því, að eftir gos í hreinu vatni hefst stöðug suða, en í sápuvatni eiti.

HITAMÆLINGAR Í GEYSIAðferð

Farið var að Geysi 4. júní 1958 og hann mældur með tækjum þeim, sem lýst er hér að framan, frá 11 stöðum á yfirborði og lóðrétt niður í botn. Því næst var mælirinn kyrrsettur á 9 m dýpi, þar eð hitasveiflur virtust mestar þar (mæla hefði átt á 12 m dýpi, en þar fór vatnið næst suðumarki eins og kom í ljós síðar, er suðumarkslínuritið hafði verið gert).

Uppsetning tækjanna var mjög hentug, enda notið góðrar aðstoðar Ísleifs Jónssonar, vélaverkfræðings. Venjulegt trollsnæri var strengt yfir krosslagðar ca. 1 m langar stangir, sem festar voru saman tvær og tvær með skrúfubolta og komið fyrir báðum megin Geysis. Voru báðir endar festir í kísilskelina utan á skál Geysis með stórum nöglum.

Á báðum krosslögðu spítunum voru blakkir festar og trollsnæri hringstrengt utan um þær. Á streng þennan var svo hnýtt þriðja blökkinn en í gegnum hana rann svo mælivírinn. Var því hægt að færa þá blökk fram og aftur þvert yfir hverinn með því að toga í viðeigandi hluta hringstrengda snærisins.

Fyrri daginn var sjálfritandi mælinum komið fyrir í bifreið Ísleifs nokkrum metrum frá skál hversins, en við síðari mælingarnar í tjaldi ca. 60 m frá hvernum. Sá Ísleifur um að slaka niður og draga upp mælinn og segja nákvæmlega á hvaða dýpi mælt var og höfundur merkti inn á sjálfritarann. Hitamælingarnar á 9 m dýpi hófust kl. 1:30 e.m. 5. júní og stóðu yfir (með ca. 2 klst. hléi um nóttina vegna stöðvunar á sjálfvirká tækinu) þar til Geysir gaus kl. 3:02 ca. 39 mín. eftir að 70 kg af gamalli blautsápu, uppleystri í vatni úr hvernum (jafnmikið vatn og sápa) hafði verið sett út í hverinn.

Við gosið slóst blýsakkan í mælinn og braut hann.

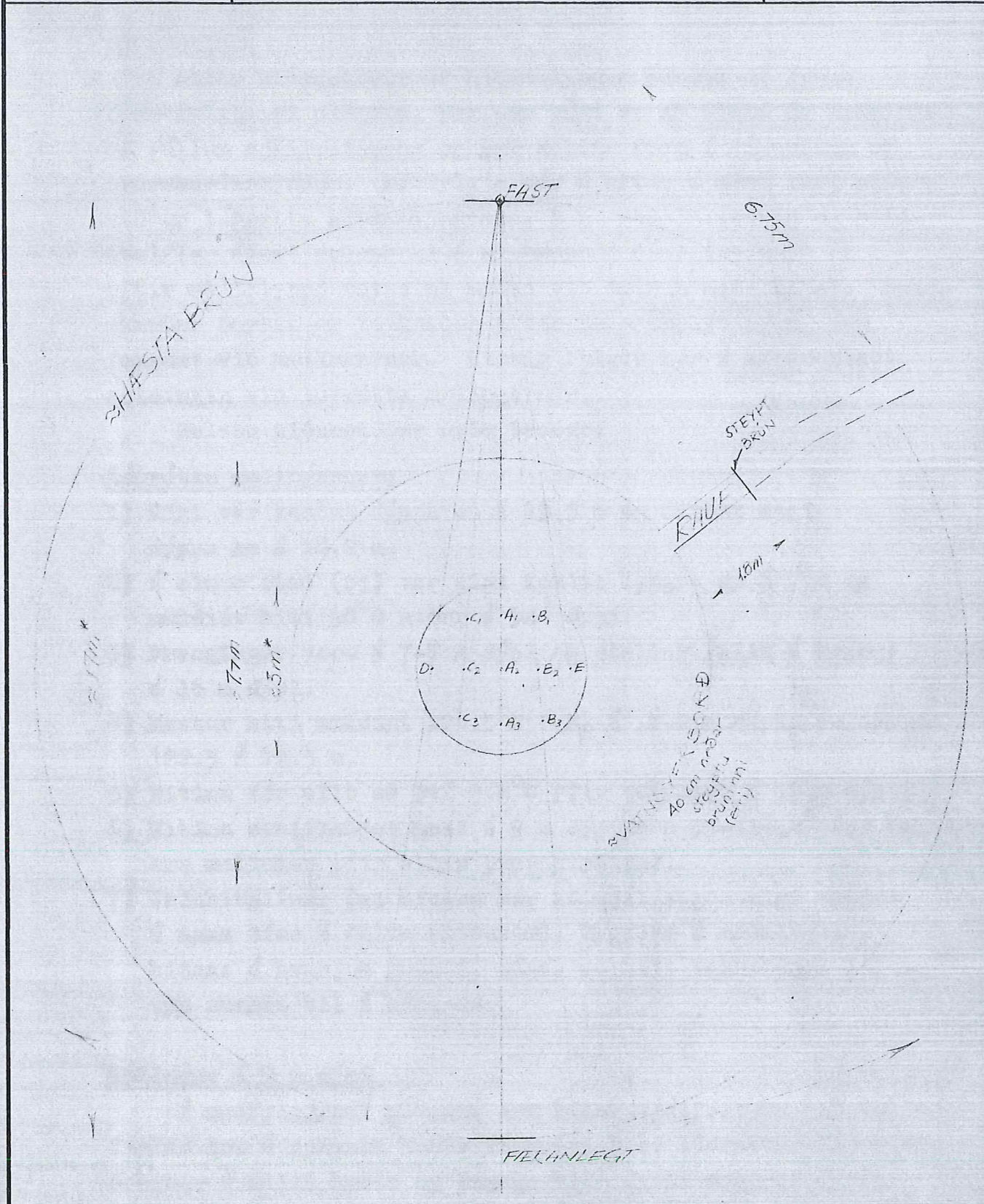
RAFORKUMÁLASTJÓRI

STAÐSETNING VÍÐ
HITAMÆLINGAR 'H'
GEYSI
4/6 - 5/6 '58

JAFNUTAÐENÐ

SV.H.

2/7 '58



M. 1:100

* Eldu mælingar

fyrir seinustu 68 mín. af mælingatímanum, en honum skipt í mínútu millibil.

"Línurit þessi sýna, að:

1) meðaltal meðalhitans lækkar úr 108° í 107°C frá því mælingar hefjast um kl. 1:30 e.m., þar til um kl. 3 e.m., en helzt þannig til um kl. 5:15 e.m., er sjálfritari stöðvast. Nú heldur vísirinn áfram að hreyfast, þótt rúlla tækisins hafi stöðvast og sýndi útslagið að meðaltal meðalhitans helzt sama og áður, ef miðað er við allan stöðvunartímann (5:15-7:10). Eftir það hækkar hiti þessi í tæpar 108° og lækkar í tæpar 107° tvisvar á ca. 5 klst. og um kl. 12:30 e.h. byrjar hann að hækka aftur á sama hátt og áður, en nú er sápa sett út í um kl. 14:23 e.h. og heldur meðaltal meðalhitans áfram að hækka upp í 109° en þá gýs Geysir.

2) Hæstu mælingar (þ.e. t.d. yfir 115°C) voru þessar:

Innan 6 mín. fyrir kl. 1:40	e.m.:	115.8°C
4:33		115.6
7:50		115.4
8:21		116.3
8:27		115.3
8:33		115.3
9:09		117.3
9:27		115.4
9:45		115.0
10:15		115.4
10:33		115.0
10:39		116.2
10:45		115.3
10:57		117.0
13:03		116.2
13:21		115.4
13:27		115.3
14:03		116.5
14:21		115.4
14:23	sápa sett út í	
14:27		115.7
14:33		115.5
14:39		115.2
14:51		115.5
14:57		115.7
15:02		117.0

3) Lágmarkshitinn var til um kl. 8:30 að sveiflast frá um 98° til rúmlega 100° . Eftir það fór hann allt niður í 97° en hækkaði síðan með smá sveiflum upp fyrir 100° og

eftár að sápan var sett út í fórn hann snöggvaxandi upp í 104° , en féll síðan, er gosin hófust, rétt niður fyrir 100° . Hækkun lágmarkshitans rétt fyrir gosið ræður hækkun meðalhitans, sem talað er um hér á undan.

Sápugos í Geysi

Tilgangur tilraunar þessarrar var fyrst og fremst sá, að athuga áhrif sápunnar á hitann á 9 m dýpi og þá einnig að ganga úr skugga um, hvort eigi reyndist betra að leysa sápana upp áður en hún var sett í, en slíkt reyndist greinilega betur í tilraungglasi.

Vegna síðari tilgangsins skal gefin stutt lýsing á sápagosi þessu, en sápan, sem notuð var, hafði verið notuð mjög oft áður og áhrif hennar gefið mislofaða raun. Var einnig notað sama magn og áður eða 70 kg. Fjöldi mynda var tekinn og eru þær meðfylgjandi.

Sápan var leyst upp til helminga í vatni úr Geysi í tveim málmstömpum og hellt út í kl. 14:23 e.h. Sápan leystist eigi alveg öll upp, en var skoluð niður barma skálarinnar og hvarf að lokum sjónar sem bláleitt gruggað vatn, sem seig hægt niður í pípu. Sumt af henni mun eflaust hafa farið út um afrennslisraufina.

Sennilega munu 10-20 mín. hafa liðið, er froða virtist myndast við uppstreymi í miðjum hver (sjá mynd nr. 4 í (M)) en froða hafði myndast áður, er sápan blandaðist vatninu við útsetninguna og einnig við vatnsjaðarinn. Vart mun þetta stafa af gufumyndun í pípunni eða loftbólum þar neðan frá á þessu stigi máls, þótt eigi sé fullljóst, hvort einhver hluti sápunnar nái svo skjótt niður á það dýpi, sem gufubólur ná að myndast. Þó getur róleg suða átt sér stað áður en sápan nær að verka fyllilega. Mun hér talið líklegast, að hreyfingar þær, sem verða á yfirborðinu vegna uppstreymis heita vatnsins, séu nægar til þess að framkalla fróðu þessa.

Hitinn á yfirborðinu var mældur með venjulegum mæli um 5 mín. fyrir gosið (sjá mynd nr. 5 í (M)) og reyndist um 95°C eða um 8°C hærrí en daginn áður. Mun óhætt að

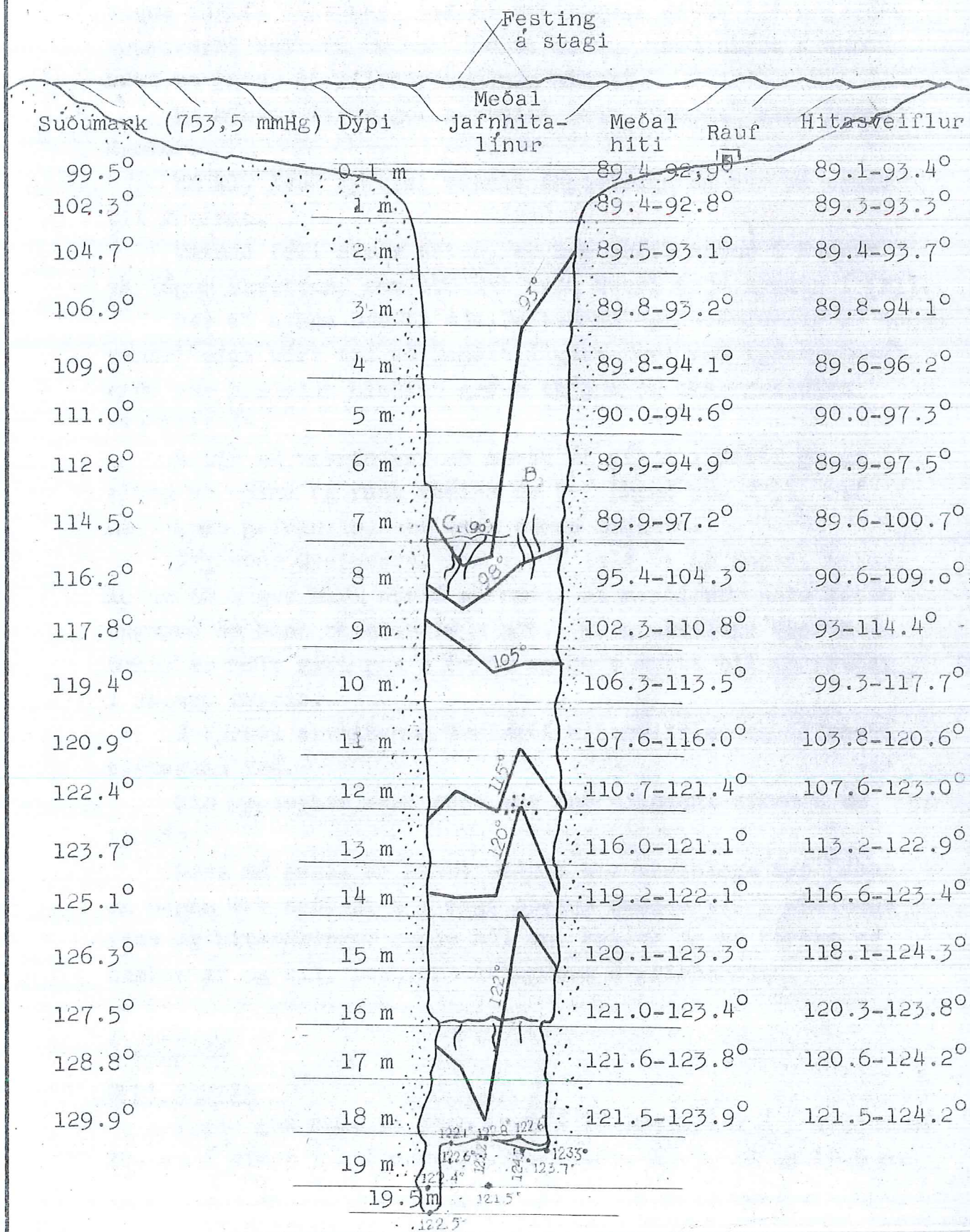
RAFORKUMÁLASTJÓRI

NIDURSTÖÐUR HITAMELINGA VIÐ GEYSI
4.6.1958
Þverskurður ca. N-S

JARÐHITAEILD

2/7 1958

S.V.H.



Mestur hiti mældur í botni (18.25 m í B₂) 124.5°C

álykta, að hitinn hafi verið nokkrum gráðum hærri nú vegna áhrifa sápunnar, þar eð greinilega mátti sjá augljóst uppstreymi heitari vatns. Þetta verður vart skýrt á annan hátt en þann, að yfirborðskólnun minnki.

Um mínútu fyrir gos heyrðist (eða "fannst" einn þungur dynkur,

Um kl. 1:02 lyftist vatnið skyndilega og var þá tekið til fótanna.

Vatnið féll strax aftur, en kom brátt aftur í þungum en lágum skvettum, sem stöðugt urðu hærri (sjá myndir í (M)).

Þar eð athga þurfti sjálfritarann og leiðslurnar að honum vannst eigi tími til að komast í gott færi með ljósmyndavél, enda var himininn hlaðinn gráum skýjum og skar gossúlan sig eigi úr.

Eftir að vatnið var að mestu úr pípunni mátti ganga alveg að opinu og rauk aðeins úr því (mynd nr. 23). Því næst komu gufugosin, sem smám saman lækkuðu.

Sigurður Greipsson, sem var á leið út að Geysi, telur, að um 50 m gos hafi verið að ræða, en myndirnar gefa litla hugmynd um hina raunverulegu hæð. Er greinilega vöntun á tæki, er mælt gæti gos í Geysi og hafa mætti til frambúðar í nálægð Geysis.

Í fyrstu skvettunum brotnaði hitamælirinn og slitnaði blýsakkan frá.

Hin uppleysta sápa náði þar með tilgangi sínum á um 39 mín.

Þess má geta, að heita vatnið kom venjulega upp (áður en sápan var sett út í) eigi aðeins sunnan til í skálinni eins og hitamælingar segja til um, heldur og að norðan og austan af og til, samkvæmt athugunum á yfirborðinu.

Ályktanir

Dýpt Geysis

Fyrir gos mældist botn vera á 18.10-18.2 m á 5 stöðum af 10, en á hinum 5 stöðunum 18.25, 18.30, 18.5, 19 og 19.5 m.

Í viðtali við Trausta Einarsson eftir mælingar þessar kom í ljós, að við eldri mælingar var fullri dýpt eigi náð fyrr en eftir gos, er pípan var tóm. Virtist sem einhver "óhreinindini" losnuðu við gosið.

Þar eð eigi var ætlað til, að atriði þetta sé fjölyrt hér skal aðeins beitt á, að sú dýpt, sem hingað til hefir mælt, er 22 m frá yfirborði, sennilega 0.7 m ofar en við mælingarnar 5. júní 1958. Því ættu ofangreind "óhreinindi" að fylla upp í yfir 3 m af pípunni, en höf. leyfir sér að efast um, að slík óhreinindi stafi af náttúrunnar völdum.

Þetta ætti að athuga frekar.

Hitinn í Geysi

Greinilega kom í ljós, að mestur hiti mældist í botni eða 124.5°C jog því er augljóst, að í það minnsta mestur hluti vatnsins (um 3,5 l/sek (11)) kemur inn í botni, þ.e. á 18.25 m, skv. niðurstöðum höf.

Það, að vatnið nái suðumarki og jafnvel að yfirhitna á 12 m dýpi, má eflaust skýra eingöngu út frá rótí á vatninu í pípunni neðan við þrengingarnar, sem fram komu við mælingarnar á 7 m dýpi (sjá og kaflann um rúmmál Geysis og þverskurð). Þó eru enn eigi nægar niðurstöður til þess að hægt sé að reikna áhrif þrengingar pípunnar á hita-sveiflurnar á 8-12 m dýpi og því enn hægt að hugsa sér, að fyrir hendi séu smásprungur á t.d. 12 m og 15 m dýpi. Er hér farið eftir hámarkshita, sem reynist eigi fara jafnt vaxandi eftir dýpt, en það gæti stafað af því, að eigi var mælt samtímis á öllum stöðum. Þá liggur annað órannsakað atriði til grundvallar þessari hygmynd höfundar, en það er myndun dýnkjanna, sem frægir eru. Er mjög freystandi að álíta, að þeir stafi af samþjöppun gufu, er nær að myndast í sprungu á 12 m dýpi og hefir höf. reynslu af slíku við gufubólúathuganir í tilraunaglassi (sjá síðar). Þar eð sápan hefir áhrif á gos og vatnið þarf að yfirhitna þar á undan, er skiljanlegt, að undanfara goss sé leitað í nálægð 12 m dýpisins, en þar kemst vatnið næst suðu og jafnvel 0.6°C yfir.

Að lokum skal á það bent, að frá 12 m dýpi upp að 5 m og einnig niður í botn fjarlægist hæsti hiti vatnsins meir og meir suðumark. Frá 5 m og upp úr nálgast hæsti hiti suðumarkið aftur (sjá mynd hér á undan).

Áhrif sápunnar

Samkvæmt mælingum á 9 m dýpi virðist hitinn nálgast suðumarkið rétt fyrir gos, en mælingar á 12 m dýpi myndu hafa gefið betri raun, þar sem ætla má, að þar hafi suðan hafizt.

Verður því vart annað sagt út frá tilraununum við Geysi um eðli þeirra áhrifa sápunnar, sem mjög skýrt komu fram, en það, að er sápan komst á ákveðið dýpi, þ.e. mjög sennilega 12 m, hafi suða myndast, sem án sápunnar hefir annað hvort eigi náð að myndast, eða að sápan hefir örfað til muna suðu, sem eigi var nema eðlileg, róleg útrás varmans, sem streymdi að suðusvæðinu.

Það að uppleyst sápan náði að hefja gos á svo stuttum tíma (39 mín.) bendir til þess, að á ákveðnu dýpi hafi vatnið verið yfirhitað en eigi, að einmitt á því augnabliki, sem sápan nær þessu ákveðna dýpi, vilji svo til, að nógu heitt vatn rötist upp á þetta dýpi. Bendir það einnig til þess, sem áður var getið, að sprunga sé á 12 m þar, sem yfirhitað vatn renni inn.

Þá mun hækkun yfirborðshitans (ef rétt var mælt) geta beiznt til þess, að gufan frá yfirborðinu færist hægar út í loftið, er sápa er á yfirborðinu.

Mikilvægi mælinga þessarra

Hér með er fullvíst, að um yfirhitun á 12 m er að ræða og því mun gosið myndast í þípunni á því dýpi eða jafnvel í sprungu á því dýpi, sem bezt skýrir dynkina í Geysi.

Þá er einnig augljóst, að hitinn fer vaxandi niður í botn, en fjarlægðist þó suðumark neðan 12 m dýpis.

Augljóst varð, að fá má gos í Geysi með jafnvel lélegri

sápu á skömmum tíma, ef hún er uppleyst áður en hún er sett út í.

Hvað mælitæknina sjálfa viðkemur, reyndist hún hin ákjósanlegasta.

Þarf vart að geta þess, að hvers konar ábyggilegar niðurstöður um athuganir á Geysi sjálfum eru mjög þýðingarmiklar fyrir framtíðarrannsóknir á þjóðarstolti voru, og er vonandi, að niðurstöður þessar verði lagðar þeirra á meðal.

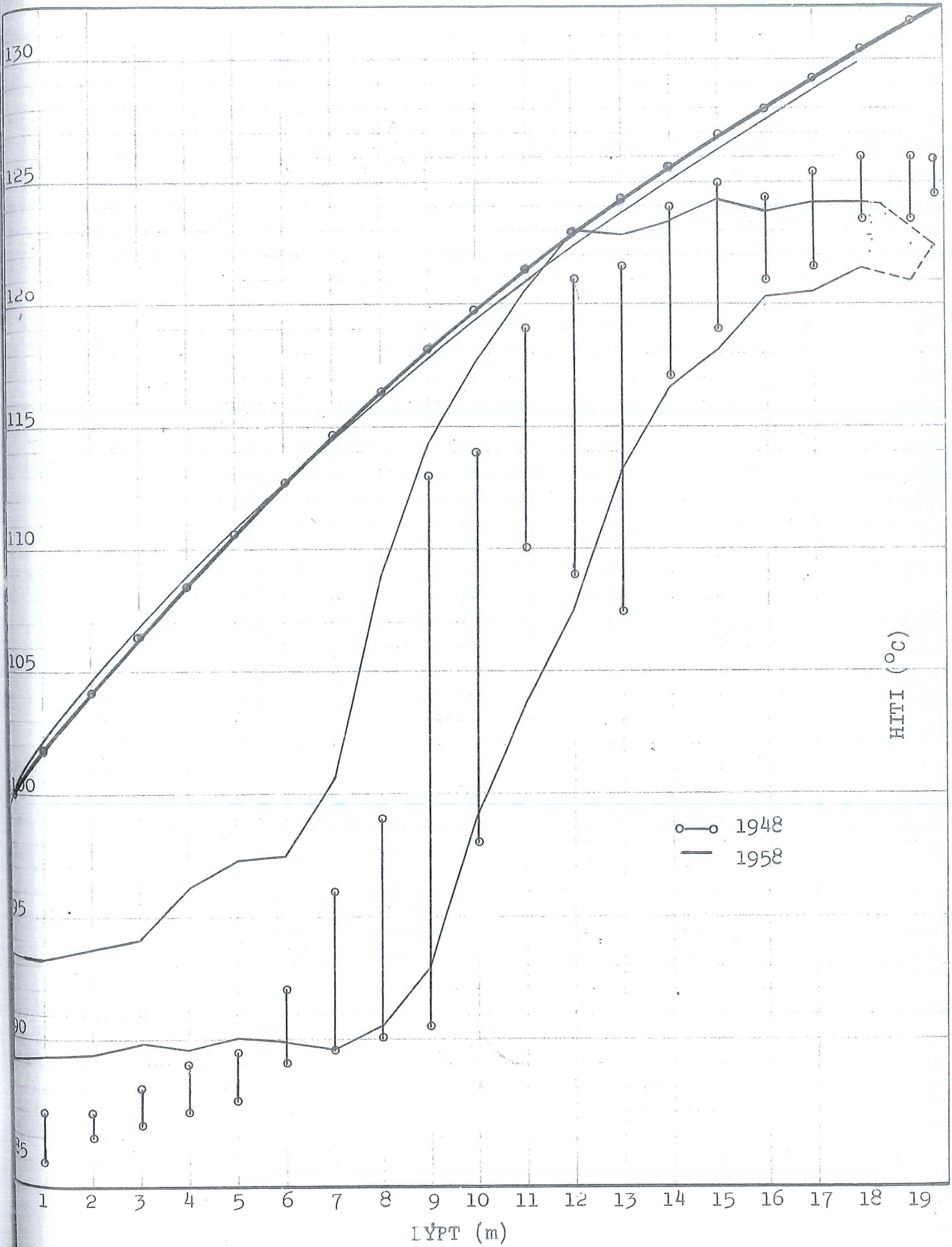
Samanburður við hitamælingar 1948

Meðfylgjandi línurit sýnir niðurstöður hitamælinga Þorbjarnar Sigurgeirssonar, prófessors, 12. ágúst 1948, og framangreindar niðurstöður höfundar 4. júní 1958, Þ.S. notaði sams konar hitamæli og höf. en eigi sjálfritandi tæki og þurfti að lesa hæsta og lágsta útslátt á Wheatstone's-brú. Því miður vannst eigi tími til að bera saman enn eldri mælingar.

Þ.S. mældist hitinn talsvert lægri við yfirborðið niður á 5-6 m dýpi og sveiflaðist neðar en 1958 niður á 14 m dýpi, en þar fyrir neðan mældist Þ.S. hitinn hærri, þ.e. kælingin virðist meiri á yfirborðinu, en aðrennslið heitar.

Eigi skal skorið úr um hvort mismunur þessi stafi af mæliskekkjum, en auðvelt væri að reikna út yfirborðs-kælinguna 1948 ef vindhraði, lofthæð og hiti er þekkt (sjá bls. 34) og þar með finna mismun að- og frárennslishitans (en mestur hluti varmans tapast frá yfirborðinu).

HITASVEIFLUR Í GEYSI 12. ÁG. 1948 OG 4. JÚNÍ 1958



SUDUBÓLUATHUGANIR Í HREINU VATNI OG SÁPUGU

Aðferðir:

A) Í fyrstu var gufu úr suðufloesku hleypt upp í gegnum hreint vatn, en til að byrja með fengust aðeins loftbólur og var athugaður hraði þeirra og stærð. Þá var tækjunum breytt (sjá ljósmynd í meðfylgjandi plöggum) og hert á suðunni þar til gufubólurnar náðu að komast upp úr suðufloeskunni í gegnum gummislöngu og inn í aðra floesku, sem á var stútur, en upp úr henni stóð um ca. 122 cm glerrör (2 cm í þvermál). Flaska þessi og rör voru nærri fyllt með um 70° heitu kranavatni.

Í fyrstu þéttist gufan við stút síðari floeskunnar og urðu af þessu miklir dynkir, er vatnið í glerpípunni féll niður og brotnaði ein flaska við það. Var þá settur klútur undir þá næstu. Er vatnið tók að hitna í pípunni, komust gufubólurnar hærra og hærra upp í hana þar til þær náðu alveg upp á yfirborðið.

Þannig var hrein gufa látin mynda bólur í bæði hreinu og sápuðu vatni og fékkst mjög góður samanburður á bólunum og vökvænum á milli þeirra.

B) Síðar var gamalt sápuvatn soðið í "köldu" floeskunni sjálfri og hegðun bólanna athuguð, er þær stigu upp í þrönga glerpípuna. Hefði verið æskilegt að kvikmynda það, sem þar gerðist, en auðvelt var að koma af stað mjög góðu gosi og gera sér um leið nokkra grein fyrir myndun þess.

Viðnámshitamælir var notaður við tilraunir þessar.

Niðurstöður

A)

(1) Loftbólur lyftast í gegnum 26°C heitt vatn með um 13 m/mín hraða (radius bólanna um 5 mm), en stækkuðu úr um 3 mm við 12°C hita í um 6 mm við 43°C hita.

(2) Við aukinn þrýsting á suðufloeskunni urðu bólurnar (í sápuvatni) eðlilega smærri en einnig færri, en það mun stafa af minnkandi mismun á milli hitagjafans og mettunarhitans, (sem hækkar við hækkun þrýstingsins), skv. (14).

(3) Gufubólur féllu saman við 80-90°C í hreinu vatni, en í sápuvatni við um 95°C. Þetta þarf þó að athuga betur. (Gæti stafað af örari varmayfirfærslu í gegnum sápuvatns filmu bóllanna miðað við hreint vatn).

(4) Blöndunarhraði sápuvatns reyndist um 20 m/klst í sjóðandi vatni.

(5) Hegðun og form gufubólanna eftir að þær náðu inn í glerpípuna var talsvert annað í hreinu vatni en sápuðu. Náðu í báðum tilfellum ein og ein stór bóla upp á yfirborðið, en aðrar tvístruðust og þá sérstaklega í sápuvatni (en slíkt er skiljanlegt, þar eð það stækkar yfirborð sápuvatns himnunnar og minnkar þar með átökin á milli vatns- og sápusameindanna (eða jónanna) í vatnsmassanum).

Í hreinu vatni urðu stóru bóllurnar allt að því 25 cm langar og drógu á eftir sér mikið smærri bólar (um 1-3 mm). Vatnið á milli stóru bóllanna var tætt og féll oft með þungum skellum ofan á næstu bólu neðan við, er efsta bólan sprakk. Einnig virtist vatn renna niður með veggjum pípunnar meðfram bólunni.

Í sápuvatni voru stóru bóllurnar heldur minni, svipaðar í laginu og í hreinu vatni, en skiptar í hólf af sápuvatns himnum, en í neðri enda þeirra voru allmargar áfastar bólar svipaðar hólfum í býflugnabúi. Á milli stóru bóllanna var mikill fjöldi smærri bóla (um og rétt yfir 1 mm), sem mynduðu frauðan léttan vatnsmassa, er aldrei féll niður í bóluna neðan við, en virtist auðlyft upp úr pípunni og gekk lítið eitt upp og niður með vatnssúlunni í heild.

Notað var rúmlega 1 g/l af sápu (uppleyst áður en tilraunin hófst), en meira magn virtist eigi hafa frekari áhrif.

Mjög auðvelt var að gera samanburð með tækjum þessum.

B) Í sápuvatninu gerðist þetta:

Kl. ca. 4:45: Byrjað að hita upp. Vatnssúlan ca. 112 cm
 " 5:17: Loftbólur rísa með 9-10 m/mín hraða við ca 86°C
 " 5:25: Gufubólur myndast í botni. Hiti 91°C rúmum
 1 cm ofar.
 " 5:30: Gufubólur myndast örar. Hiti 95°C rúmum 1 cm ofar
 " 5:35: " " mjög ört. Hiti 100°C " " " "

- Kl. ca. 5:39,5: Stórar gufubólur myndast. Hiti 102° rúmum 1 cm ofar
 " 5:42,5: Skvetta. Hiti lækkar úr $102,5^{\circ}$ í $101,7^{\circ}$
 " 5:46: Bólurnar stakar en stórar.
 " 5:47: Bólur myndast á mælinum (thermistor) en um 2 cm
 flatar bólur myndast á einum punkti á flösku-
 botninum, þar til fer upp úr pípunni. Hitinn
 þá $102,7^{\circ}$.
 " 5:50: Bólurnar komast ca 10 cm upp í pípuna.
 " 5:52: Skvettist upp úr við 103° . Bólurnar komast
 yfir 10 cm upp í pípuna.

Nálægum glugga var lokað kl. 5:51,5 til þess að kælingin yrði
 eigi eins mikil.

- Kl. 5:54: Gos við $103,5^{\circ}$ og lækkaði vatnið úr 123 cm í
 44 cm.

Eftir það myndaðist ein og ein stór bóla, sem tvístraðist
 í neðri enda pípunnar, en tókst við og við að skjótast upp úr.
 Hinn frauði massi, sem áður var talað um, kom nú skýrt í ljós
 og gekk hann upp og niður í stút flöskunnar og komst alllangt
 niður í flöskuna við og við, þar til allt í einu stór bóla
 náði að þrýstast upp í heilu lagi og ýtti upp um leið öllu
 því, sem ofan við var. Fengust þannig hvað eftir annað gos
 alveg upp í loft á herberginu og kastaðist mælirinn við það
 upp úr pípunni.

Þar eð athugaðar hafa verið heimildir um sams konar
 tilraunir og þessar, en með hreinu vatni (Allen og Day) og tími
 var naumur (einnig var hætta á, að suðuflasskan brotnaði við
 tilraunir með hreint vatn) mun hér aðeins minnzt á niður-
 stöður A. og Day.

Þetta gerðist hjá þeim:

Gufubólur, er myndast við botninn þéttast ofar og ofar
 í flöskunni þar til að lokum að þær ná upp í glerpípuna og
 fylla út í hana ("þenjast út við lægri þrýsting" segja A. og
 Day, en búast má við, að aðalástæðan sé hitastig vatnsins í
 pípunni). Fáeinumsek. síðar lyftist vatnið upp úr pípunni
 í meðal skvettum (stöð yfir í 7-8 sek.). Vatnið fellur

Þá niður í flöskuna aftur með höggum, sem geta brotið glerílát. Þetta endubtekur sig síðan með jöfnum millibilum á meðan varmi berst að í nægu magni.

Millibilin á milli skvettanna munu háð varmanum inn og varmatapinu í pípunni, opi hennar og í loftinu við gos.

Seinasta atriðið er mjög mikilvægt fyrir kólnun við gos, því í flestum tilfellum kemur einhver hluti vatnsins til baka.

Mun þessi kólnun skýra hluta þess mismunar á kólnun við gos í hreinu og sápuðu vatni.

Alyktanir

1) Um tvær tegundir af bólum er að ræða bæði í hreinu vatni og sápuðu, þ.e. stórar, stakar bólur og mikið smærri bólur (um og yfir 1 mm).

2) Mikill munur er á þessum tveim tegundum bóla eftir því hvort þær myndast í hreinu vatni eða sápuvatni, t.d. mynda smærri bóllurnar frauðan massa í sápuvatni, en eigi í hreinu vatni.

Sama magn af hreinni gufu myndaði í sápuvatni heldur minni stórar bólur en mikið fleiri smáar en í hreinu vatni.

3) Orsakir goss í sápuvatni, borið saman við skvettur í hreinu vatni, virðast (eftir samanburði á tilraunum (A) og (B) að dæma) liggja grafnar í bóllumynduninni sjálfri í vatninu, þar eð eigi fengust nema skvettur, er hrein gufa var látin mynda bólur í sápuvatni.

Aftur á móti náði hinn frauði massi smábólanna að hjálpa til (að því er virtist með því að sveiflast upp og niður), er stór bóla, sem skyndilega myndaðist og óx í sápuvatninu sjálfu, náði að þrýsta vökvasúlunni hátt í loft upp.

4) Vöxtur og síðar ferðalag stóru bóllanna í sápuvatni verður eigi lýst að fullu fyrr en hægt verður að kvikmynda það, sem gerist, en það mun nokkuð auðvelt með þeim tækjum, sem hér voru notuð.

Bent skal á, að höfundur telur þessar tilraunir mikilvægastar þeirra, er hann gerði, og treystu þær upphaflegu trú hans á því, að skýringin á hinu aldna fyrirbrigði, sáþugosinu, væri að finna í bólmmynduninni sjálfri. Því var síðar niðurstöðum erlendra suðusérfræðinga tekið fegins hendi.

Þar að auki bentu tilraunir þessar á áhrif hins fjaðurmagnaða frauða massa, en hann mun sennilega aðeins hjálpa til við gosin, en tæplega valda þeim, þannig að þegar hann sveiflast niður, mætir suðubóla mótþrýstingi, sem skyndilega er létt af, er massinn sveiflast upp aftur.

Þrýstingsbreytingar þessar gætu jafnvel valdið breytingum að suðumarki á því svæði þar, sem suðan fer fram.

ADRAR ATHUGANIRRúmmál Geysis og þverskurður

Nauðsynlegt er að finna nokkurn veginn rétta tölu fyrir rúmmál Geysis niður á mismunandi dýpi, svo að hægt sé að gera sér grein fyrir því magni af sápu, sem bezta raun gæfi og einnig hve sterk blöndun sápunnar hefir verið hingað til.

Þorbjörn Sigurgeirsson, prófessor, mældi þvermál Geysis 1951 niður á 10 m dýpi, hækkun vatnsins í hvernum eftir gos og rennslið, er pípan var full.

Með því að gera ráð fyrir, að vatnið komi inn á 12 m (en þar mun að mesta lagi renna inn aðeins lítil hluti vatnsins) og, að rennslið sé því jafnt þar til vatnið stendur í 12 m, má finna hlutfallið á milli tveggja þverskurða út frá hækkun vatnsins. Frekari athuganir á rennslis og þverskurðargildum á um 10 m dýpi og með því að gera ráð fyrir jöfnu rennsli á 10-12 m dýpi fékkst viðunandi gildi fyrir víkkun pípunnar á 11. metranum.

Meðfylgjandi mynd gefur niðurstöðurnar.

Athuganir á rennslismælingum prófessors Trausta Einarssonar 1935 benda til þess, að víkkunin sé minni og neðar en hér er talið, en hann mun hafa mælt frá hærra yfirborði. Haldið verður því við ofangreindar tölur, þar eð þær eru nýrri.

Blöndunarhraði fosfórs og sápu í GeysiFosfór

Þorbjörn Sigurgeirsson setti geislavirkan fosfór í Geysi^{nær} tóman 1951.

Samkvæmt niðurstöðum hans fór fosfór innihald vatnsins minnkandi eftir dýpt 4 1/2 klst. eftir að pípan fylltist og bendir það til þess, að meirihluti vatnsins komi inn í pípuana við botninn.

Eigi er vitað nægilega mikið um blöndun fosfórsins svo hægt sé að reikna út blöndunarhraðann, enda munu skilyrðin utan pípunnar önnur en innan hennar.

Mjög óvísindalega mætti ef til vill ætla, að fósfórinn mæti vatnsstraumnum, er vatnið er neðst í pípunni og vitað er, að fosfórinn hefir blandast um 350 m^3 á 15 m dýpi (tíminn

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Þverskurðarmynd af Geysi,
skv. Þorb. Sigurgeirss.
1951

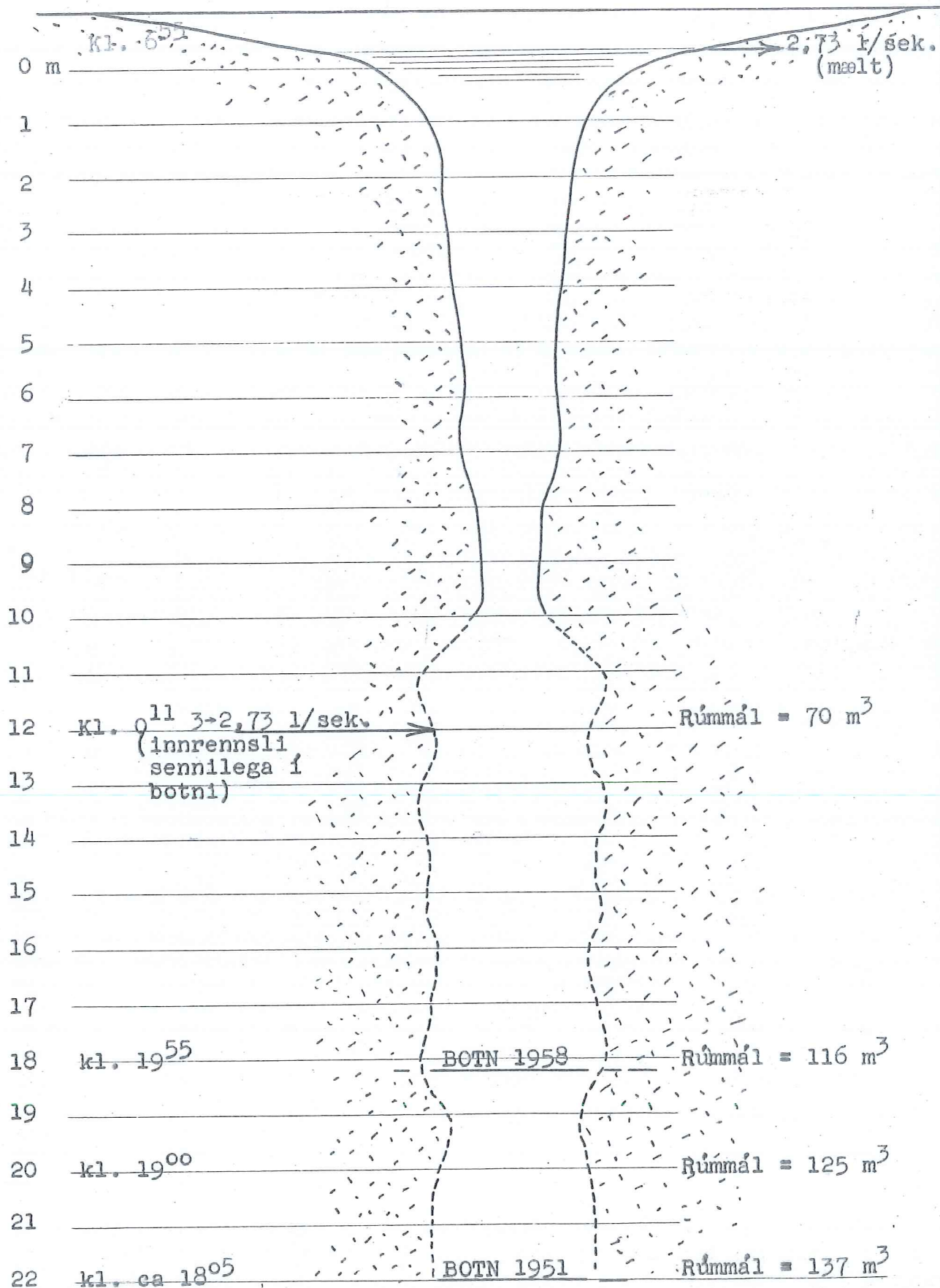
25/7 58 SVH/PJ

Tnr. 101

J-Ým.

Fnr. 4044

Hæsta brún



Ath.: Miðað er við innrennsli í 12 m til að gera útreikn. auðveldari

þekktur).

Samkvæmt því ætti blöndunarhraðinn að vera um $90 \text{ m}^3/\text{klst}$, en eigi man sú tala notuð hér beint.

Sápa

Þær einu niðurstöður, sem við er að styðjast um blöndunarhraða sápu í sjóðandi vatni, fengust, er uppleyst sápa var sett í tilraunapípu og í Geysi sjálfan.

Í tilraunapípunni reyndist lóðréttur blöndunarhraði ca. $20 \text{ m}/\text{klst}$, en í Geysi gaus eftir 40 mín.

Ef gert er ráð fyrir, að sápan þurfi að ná niður á það dýpi, þar sem vatnið er næst suðu, þá væri það á 12 m dýpi. Samkvæmt ofangreindum niðurstöðum ætti fosfór að komast niður á 11 m á 40 mín. og uppleyst sápa í bullandi vatni niður á 13 m á 40 mín.

Gengið verður út frá því hér, að sápan, sem sett var í Geysi 5. júní 1958, hafi komist niður á 12 m á 40 mín. og því þurfi að benda sápu aðeins í þann hluta Geysis, sem er ofan við 12 m dýpi. Gert er ráð fyrir, að notuð sé uppleyst sápa.

Sáputegund og magn í Geysi

Ályktanir af niðurstöðum erlendra sápusérfræðinga benda til þess, að velja þurfi sápu með sem lágstri yfirborðsspennu og einnig þarf sápan að vera auðleyst í vatni.

Í það minnsta þrjár sáputegundir koma til greina og eru tvær þeirra á markaðnum.

- 1) Blautsápa sú, sem notuð hefir verið í Geysi, var gerð úr sænskum tallolíum (ómettaðar, ódýrar sýrur) og innihélt harpíx. Má ætla, að sú blautsápa, sem nú er á markaðnum (krístalsápa) sé hentugri en hún inniheldur um 55% þurrefni og þar af 70% kalíum-oliat og linoleat, þ.e. um 0,38 kg af ómettaðri kalíumsápu í 1 kg af krístalsápu.

Ætla má, að nota þurfi minnst 0.8 g/l af blautsápu, er gefi allt að því 26 dynes/cm yfirborðsspennu.

- 2) Tólg inniheldur venjulega um 36% oleic sýru, 30% stearic sýru og 25% palmitic sýru. Ætti því að vera hægt að framleiða úr íslenzkri tólg, sem mun innihalda sýrurnar í svipuðu magni (sjá efnagreiningu í meðfylgjandi plöggum) sápu, er hefði yfirborðsspennujafnvel neðan við 23 dynes/cm í svo heitu vatni, sem í Geysi er. Magn það, sem nota þyrfti, mun vera 0.5-1.0 g/l. Gunnar Björnsson, efnaverkfræðingur, benti á möguleika á að búa til sérstaka tólgarsápu.
- 3) Þvottalögur ("Synthetic detergents") er hér til á markaðinum (natrium-dodecyl benzol sulfónat, $C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3.Na$) og samkvæmt G.Bj. mun þvottalögur þessi hafa um 26,8 dynes/cm við 30°C hita.

Eigi er gott að áætla nákvæmlega hve mikið setja þyrfti af slíkum legi til þess að gefa beztu raun, en ef farið er eftir öðrum C_{12} gerfíþvottaefnum, ætti að þurfa meira magn af efninu við hærra hitastig en að yfirborðsspennan haldist óbreytt. Aftur á móti sýna línurit fyrir svipuð efni hækandi yfirborðsspennu með hækandi hita (þetta á sér þó venjulega stað með C_{16} gerfíþvottaefni).

Verður áætlað, að um 30 dynes/cm yfirb.sp. muni fást við upplausnir með í mesta lagi 0.5-1 g/l af þvottaefninu.

Hafa verður í huga, að efni þetta fellir eigi út kalsíum, sem gæti verið áhrifaríkt við bóllumyndunina í hvernum.

Ef reiknað er með, að sápan þurfi að komast niður á 12 m dýpi til þess að verka, þarf magn sápunnar að samsvara minnst 70 m^3 . Nú má ætla, að rúmir 8 m^3 renni burtu á meðan sápan er að blandast niður og eins má búast við, að eitthvað af sápu fari niður fyrir suðumyndandi svæðið (og jafnvel inn í hliðarinnrennslissprungu á 12 m dýpi). Verður því að blanda sápu í eigi minna en 80 m^3 ef vel á að vera.

Því ætti að þurfa eftirfarandi magn:

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 1) Blautsápa (krístalsápa): | 65-80 kg |
| 2) Tólgarsápa | 40-80 - |
| 3) Þvottalögur | 40-80 - |

Nákvæmari tölur fást aðeins með raunhæfum tilraunum í Geysi.

Gos getur eflaust átt sér stað áður en ofangreindu takmarki er náð og mun t.d. þvottalögur sérlega fljótur að taka

við sér, þ.e. náð lágri yfirb.sp. við mikla þynningu og á skömmum tíma. Þetta þarf eigi að teljast kostur, þar eð heppilegast væri að fá sápuuna til þess að verka sem skyndilegast.

Telur höfundur, að setja beri það magn af sápu, sem gefur lægstu yfirborðsspennu, í einu lagi og leysa sápuuna upp áður í vatni úr Geysi (sjá aðferð notaða 5. júní 1958).

Það sem athuga verður gaumgæfilega við val á sápu í Geysi, er áhrif hitastigsins á minnsta gildi á yfirborðsspennu og það magn, sem gefur minnstu yfirb.spennu.

Etla má (sjá meðfylgjandi töflu), að blautsápa og tólgarsápa muni halda sínu minnsta gildi á yfirb.spennu og það magn, sem gefur slíkt gildi, mun sennilega óháð hitastigi. Þó er erfitt að segja um slíkt við svo háan hita, sem er í Geysi (90-124°).

Áhrif hitans á þvottaefni ("synthetic detergents") eru rædd hér á undan, en hitinn mun sennilega hafa neikvæðar afleiðingar.

Tafla yfir yfirborðsspennu natríum sápa við mismunandi hita

<u>Fjöldi kolefnissameinda</u>	40°C	60°C
C ₁₂	25.2	37.2
C ₁₄	25.8	37.1
C ₁₆	29.6	28.7
C ₁₈	34.3	31.4

Lauslega áætlað gasmagn í Geysi

Hér er lögð til grundvallar niðurstaða Baldurs Línalds, efnaverkfræðings, en hann tók sýnishorn af yfirborði hvers á hverasvæði Þykkuhværa 26. júní 1951.

Niðurstaða hans var 140 ml af gasi per kg af vatnsgufu (við lofthita).

Til þess að finna vatnsgufumagnið frá yfirborði Geysis eru notaðar aðstæður við Geysi 5. júní 1958 og línurit frá Nýja Sjálandi (byggt á raunhæfum tilraunum). Samkvæmt því er varmatap frá 38.5 m^2 yfirborði 90°C heitu og við 0.3-1.5 m/sek lofthraða (andvara) um 116-174 kcal/sek.

Vindhraðinn er ágizkaður.

Samkvæmt hitamælingum í Geysi 1958 kólnar vatnið úr ca. 124° í ca. 90°C . Ef notuð er rennlistala Sigurjóns Rist frá 17. júní 1956, þ.e. 3,50 l/sek (en tala þessi mun breytast eitthvað eftir hæð vatnsins í hvernum og mun það hafa staðið nokkuð jafnhátt 1956 og 1958). Varmatap í hvernum ætti því að vera $3,50 \times (124-90) \times 0.965 = \underline{115 \text{ kcal/sek}}$ (0.965 er eðlisþ. vatns við 90°C).

Ef reiknað er með því, að varmatapið sé í mesta lagi 115 kcal/sek frá yfirborði Geysis, er gufumagnið, sem loftið tekur í sig, $115/545,5 = \underline{0.21 \text{ kg/sek}}$, þ.e. heildar vatnsrennslíð í Geysi var um 3.60 kg/sek, eða 3.73 l/sek.

Ef gert er ráð fyrir, að mest allt það gas, sem kemur upp með vatninu úr Geysi losni úr því með þessum 0.21 kg/sek af gufu, mun gasmagnið reiknast um 8 ml/l af vatni. B.L. telur þó lægstu raunhæfu töluna muni vera um 10 ml/l af vatni og mun gengið út frá þeirri tölu sem þeirri einu, sem höf. hefir náð í.

Ef 1 l af 90° vatni breytist í $2,43 \text{ m}^3$ eða 2430 l af gufu, gefur sú tala hugmynd um smæð hinna 10 ml í gufunni.

Þar eð niðurstöður þessar eru frekar lauslega áætlaðar, verður tapast hægt að segja til um hvort gasið í Geysi sé nógu mikið til þess að ráða nokkru verulegu um upphaf goss.

Verðjr hér gert ráð fyrir, að þessir 10 ml/l af gasi sé uppleyst í hvernum og geti komið fram við suðumyndun (í hreinu vatni áður en suðumarki er náð, en í sápuvatni um leið og fyrstu bólukjarnarnir fara að myndast). Höf. hallast helst á þá skoðun, að áhrif gass þessa séu aðallega fólgin í aukningu bólu myndandi punkta.

Suðumarkshækkun vegna uppleystra efna í Geysi

Samkvæmt efnagreiningu Svavars Hermannssonar og Baldurs Línalds 1947-50 munu um 1273 mg/l af ýmsum ólífrænum efnasamböndum (eigi var leitað eftir nema helztu málum, en þó mun það, sem á vantar, óverulegt) vera í Geysi.

Finna má suðumarkshækkunina á venjulegan hátt og fæst hún fyrir ofangreint magn um 0.011°C .

Samkvæmt "International Critical Tables" V. hefti, bls. 457, fæst um 0.2°C hækkun fyrir 0.22-0.44 g/l af K_2CO_3 sápu en 0.34-0.55 g/l hækkun fyrir Na_2CO_3 0.32-0.64 g/l í $90-100^{\circ}\text{C}$ heitu vatni.

Augljóst er, að athugunarvert er að finna hið sanna suðumark við aðstæður í Geysi, en búast má við, að mesta hækkun sé við mestu yfirborðsspennu (og við meiri styrkleika eða upp í 5% upplausnarinnar), þar eð þá myndast hinar sterk rafmögnuðu kvoðu sellur. Gera má ráð fyrir, að suðumarkshækkunin geti farið yfir 0.6°C .

Í Geysi þyrfti heitur vatnsmassi, eftir þessu að deama, að komast um 1/2 m hærra ef sápa er í hvernum til þess að suða myndist.

Kalsíumútfelling sápu í Geysi

Kalsíummagnið í Geysi er um 1,8 mg/l og mun um 29 mg/l af kalsíumsápu falla út, ef sápa er sett í hverinn.

Ekki er að efa, að slík binding lítills hluta sápunnar, hluta þeirra agna, sem mest hafa að segja á yfirborði gufubólanna, hlýtur að hjálpa til við kjarnamyndun, þ.e. auðveldar suðumyndun í hvernum, sérstaklega þar, sem kalsíumsápan er óuppleysanleg í vatninu og eins kemur kalsíum í stað natríum (eða kalíum) inn í þann hóp sápunnar, sem vatnið dregur til sín ("hydrophilic") og mun því hinn hluti sápunnar leitast við að draga kalsíumhópinn úr vatninu inn í gufu- (og gas-) bólu.

Athuga mætti mismuninn á venjulegri sápu og gerfipvotta- legi ("synthetic detergent"), en hann fellir eigi út kalsíum.

Kæling á yfirborði vatns með eða án sápu

Atla mætti, að kæling væri elgi sú sama á yfirborði með og án sápu. Var þetta athugað en í of litlu íláti og var munurinn enginn.

Fræðilega séð er varmayfirfærsla sennilega meiri í gegnum sápuhimnu, en hér er aðallega um massafærslu að ræða og er eðlilegra að ætla, að slík færsla verði hægari, þ.e. færslan á gufumassa í gegnum vatnssápu himnuna, þar eð búast má við, að hinar þungu sápusameindir trufla útrás hinna mikið léttari vatnsgufusameinda.

Greinilega hitnaði yfirborð Geysis eftir að sápa var sett í hann, en það getur auðvitað, ^{einnig} orsakast af því, að gufubólur hafi náð að myndast og flutt varmann ofar en áður eða hvortveggja.

Þetta mætti athuga betur með stóru yfirborði.

(Sjá og bls. 34).

"Kísilútfelling" í Geysi

Sett var út í þrjú sýnishorn (af köldu Geysisvatni) misjafnlega mikið af blautsápu og kom eftirfarandi í ljós:

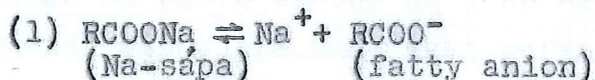
Sett var um 1 g/l af sápu í 10 ml af vatni úr Geysi og fékkst þá út hvít kvoðukennd svífandi útfelling, sem gæti hafa verið kísill (innihald Geysis mun vera um 528 mg/l skv. athugunum 1947). Hvort sápan getur fellt út kísil væri mjög athugandi, þar eð það myndi hafa mikla þýðingu fyrir kjarnasuðumyndun í Geysi.

Sett var í annað glas 0.8 g/l af sömu sápu í Geysisvatn en engin útfelling fékkst. Einnig ef sett var meira en 1 g/l sáust engin merki um útfellingu. Í fyrra tilfellingunni var upplausnin bláleit (eins og í fyrsta glasinu), en í því síðasta gulleit (litur sápunnar).

Samkvæmt D.E. White o. fl. (Silica in hot-spring waters bls. 57) fellur kísill hraðar út við "hærra p^H , hærri hita háa yfirhættun, ef þegar hefir fallið út kvoðukenndur kísill og í snertingu við sum önnur efni (hverahrúður ath. hér)".

ATHUGANIR ERLENDIS Á EDLI OG EIGINLEIKUM SÁPU

Helzta efnabreytingin, sem á sér stað á sápu í vatni, verður vegna hydrolýsu. Fyrst á eftirfarandi sér stað:



en þynntar sápuupplausnir eru allsterkir rafvökvar. Síðan hydrolýsa:



Skv. Ecknall (40) (sjá og fig. 3-1)^(M):

Upp að ákveðnu "concentration" marki myndast "free acid" (0.006N fyrir Na-Laurate) og minnkar "hydrolýsuhraðinn" með vaxandi styrkleika upplausnarinnar.

Ofan við þetta takmark eykst hydrolýsan vegna myndunar "sýru-sápu", þ.e. NaL. HL, þar sem L táknar "laurate", hóp, sem síðar fer út í myndun sameinaðra slíkra hópa frá 3 NaL. HL upp í 5 NaL. HL (meðal) við maximum á línuritinu. Þannig geti sýran HL myndast umfram mettunarstig (eða upplausnarstig) vegna myndunar sýru-sápu-myndunar.

Áhrif styrkleika, hitastigs og samsetning á hydrolýsu

Því hærri sem mólekularþyngdin er, því lægri verður styrkleiki upplausnarinnar við maximum hydrolýsu, sem og eykst jafnframt. Vaxandi metnun eykur og hydrolýsu. K - sápur hydrolýserast meir en Na-sápur.

Hitastig hefir engin sambærileg áhrif á maximum hydrolýsu^{innar} en fyrir neðan það eykst hydrolýsan með hitastigi.

Eftirtektarvert er, hve mikið samræmi er í ofangreindu og því, sem kemur í ljós með yfirborðsspennu og aðra eiginleika sápu við sömu skilyrði, og það, að styrkleiki sápuupplausnar við max. hydrolýsu er á sama sviði og sá, er notaður er við þvott yfirleitt.

Óuppleysanleiki kolvetnisluta sápuinnar

verður meiri því þyngri sem hann er, en minni, því mettaðri sem hann er.

Aftur á móti leysast "pólar" hópar eins og $-\text{COONa}$ og $-\text{COO}^-$ vel (og sennilega jafnvel) upp í vatni, og leitast sá hópurinn við að draga hinn inn í vatnsupplausnina.

Áður en farið verður út í að skýra frekari eiginleika mismunandi sápuupplausna, skal gefin lausleg hugmynd um hvernig sápusérfræðingar (fram til 1950) skilgreina sápu við mismunandi styrkleika.

Eðli sápuupplausnar

Kraft og fl. (1895-99) komust að því að sápuupplausn væri kvoðukennd ("celloidal") þar eð suðumarki vatns var efnislega eigi raskað þó í væri sett tiltölulega mikið magn af sápu.

Mc Bain, sem benti á 1910, að sápuuppl. leiddu vel rafmagn stakk upp á að um "kvoðukennda rafvökva" ("celloidal electrolytes") væri að ræða, þ.e. sölt þar, sem í stað neikvæða jónanna (þ.e. í sápuupplausn ("fatty anions")) væru "ionic micelles", sem væru mjög rafmagnaðar, þ.e. með vaxandi sápu-styrkleika verði eftirfarandi breytingar á sápuuppl.

venjulegir rafvökvar (sönn sölt)+ einfaldir jónar
 kvoðukenndir rafvökvar + " " "
 (hárafmagnaðar "ionic micelles")
 hlutlausar kvoður

Myndun kvoðuefnisins eykst við

- a) lækkun hitastigsins
- b) hækkun mólikúlupýngdar
- c) notkun fleiri en einnar sáputegunda r
- d) " crystalloidal rafvökva

Athuganir, sem stutt hafa hugmyndir Mc Bain eru t.d.

- 1) Þegar sápuuppl. er "colloidal" fer hún eigi í gegnum meðal "ultra"-síu
- 2) Na og K í colloidal uppl. fara að jákvæða skautinu í stað neikvæða
- 3) Breytingar á hitastigi hafa mikil áhrif á seigju sápuuppl.
- 4) Hydrolýsa fer vaxandi þar til einfaldir "fatty" jónar taka að mynda "ionic micelles".

3.

Harkins o. fl. (46) benda á, að hinar sterku tæru sápuuppl. (t.d. 35% K-lauráte uppl.) verði einungis skýrðar með "spontaneous aggregation of soap into micelles" vegna meiri minnkunar á "free energy" en á sér stað, ef sápan færi út í upplausn, sem einstæð mólekúl.

Bygging "micelle"-unnar er eigi augljós, en um kúlulaga (sjá mynd 3-12)^(M) og jafnvel flata byggingu er að ræða (sjá mynd 3-13)^(M)

Hartley (36) taldi, að kraftarnir á milli vatnsmólikúlanna reyndu að útiloka "hydrophobic" (vatnshatandi) hluta sápu-mólikúlsins og veldur^{það} að miklu meira leyti myndun "micell-anna" en samdráttur sápumólik. innbyrðis.

Mismunur á kjöftum þessum gefur hina ákveðnu "free surface" orku sápunnar.

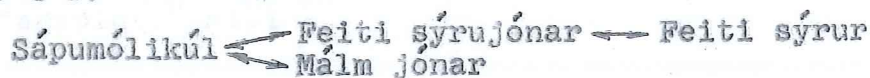
Er nú gengið út frá því sem vísu, að "micelle" myndunin sé samsöfnun neikvæðra jóna og því smærri, sem þeir eru (þ.e. smærri mólik.þungi) því smærri verður hin neikvæða "micell-a" og því minni verður minnkun á "free energy" við samrunann. Hvenær myndun á "lamellar aggregates" (Mc Bain '42: "weakly conducting") á sér stað er eigi vitað, en ætlað er, að það eigi sér stað í sterkari upplausnum en almennt eru notaðar (ef til vill 5%).

Yfirlit (fyrir 0,1-0,3% uppl.)

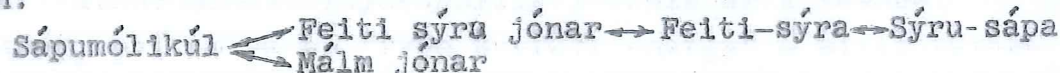
- 1) Myndun "micelle-a" hefst í upplausnum af styrkleika, sem venjulega er notaður til að ná mestum þvottaáhrifum og því hlýtur hvorutveggja að ráðast af hliðstæðum faktorum.
- 2) Sápuuppl., sem notaðar eru, innihalda sennilega:
 - a) "Fatty anions".
 - b) Málms jóna (t.d. Na^+).
 - c) Óuppl. sápumólikúl.
 - d) "Ionic soap micelles" sennilega að byrja að myndast.
 - e) Síru-sápu hópar ("aggregates"), sem líta mætti á sem merki um "micelle" myndun.
- 3) Jafnvægi ofangreindra liða er háð
 - a) Samsetn. sápunnar.
 - b) Hitastigi upplausnarinnar.

Áhrif styrkleika sápuuppl. á eðli hennar

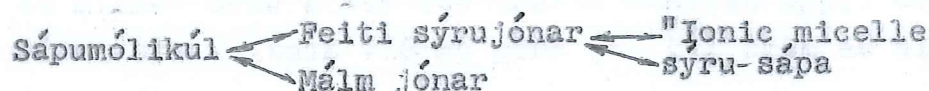
(a) í mjög þynntri upplausn:



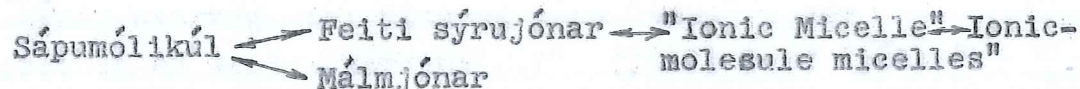
(b) í uppl. þar sem feitizýrur eru aðeins yfir uppleysanlegt magn:



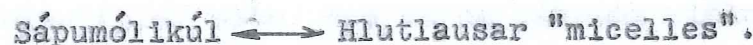
(c) í ca. 0,1-0,3% uppl. (þ.e. þvottauppl.)



(d) í eitthvað sterkari uppl.



(e) í sterkum uppl. (ef til vill 5% eða meir):



Yfirborðsáhrif "óbyggðra" sápuupplausna

Yfirborðsspenna .

Vatn hefir tiltölulega háa yfirb.spennu (miðað við mólik. þunga jafnvel þá hæstu), en tiltölulega litla bleytunar-eiginleika og stafar það af hinum háa sameindarkrafti, og því er "free surface energy" hátt.

Viðloðun ("adsorption")

Talað er um jákvæða viðloðun þegar hlutfallsmagn ("concentration") uppleysta efnisins er hærra á yfirborði uppl. en í uppl. sjálfri.

Hið gagnstæða er kallað neikvæð viðloðun.

Um jákvæða viðloðun er að ræða þegar efnið, sem er á yfirborðinu lækkar annaðhvort "free energy" sjálfs síns eða uppleysarans.

Skv. Gibb 1876 gildir fyrir þynntar uppl. : $\Gamma = - \frac{c}{RT} \cdot \frac{dV}{dc}$

(Sömu líkingu má nota fyrir sterkari uppl. ef "activities" er notað þar í stað "conc"), þar sem Γ = mism. á hlutfallsmagni efnisins á yfirb.

og í uppl. sjálfri

* Átt er við að eigi er í uppl. sölt eins og t.d. Na-sölt og KOH, sem sett eru að jafnaði í þvottaefni til að auka eða bæta við heildareiginleika

$\frac{dy}{dx}$ = breyt. í yfirb.sp. með hlutf.magni í uppl.

R = "gas const"

T = "absolute" hiti

Jákvæða viðloðun

Því minni "vatnsunnandi" ("hydrophilic") efnið er í vatns-upplausninni, því meira er "free surface energy" á milli vatns-mólek. og jóna eða mólek. uppleysta efnisins.

Til þess að minnka orku þessa eða krafta hendist uppl. efnið að yfirborðinu eða leitast við að gera það til þess að minnka ofangreinda krafta.

Mynd 4-2^(M) sýnir hvernig efni eins og sápa "snúa" sér í vatnsupplausn en samkv. Harkins o.fl. (1917) þarf "pólar" endi uppl. efnisins (t.d. sýra) að vera meira, "pólar" en uppleysarinn (t.d. vötn) svo að um jákvæða viðloðun geti verið að ræða.

"Pólar" hópar eða endar sameinda eru t.d. í sápu: COOH, OH = eða -COONa.

Yfirb.sp. (áfrh.) er háð: 1) samsetn., 2) styrkleika og 3) hita-
stigi

Niðurstöður af hinum fjölmörgu athugunum eru vafasamar vegna erfiðleika á að útiloka óhreinindi í sápunni og CO₂ í andrúmsloftinu.

"Static" yfirb.sp. er spennu jafnvægið á snertifleti lofts og vökva.

Dynamic yfirb.sp. er ^{yfirborðsspennan} á hvaða tíma, sem er eftir myndun snertiflatarins og áður en jafnvægi á sér stað.

Þ.e. ákveðinn tími líður þar til jafnvægi er náð við jákvæða viðloðun, og hafa aðstæður svipuð áhrif á tíma þennan sem og á lækun yfirb.sp.

Styrkleiki (sjá línurit 4-3 og 4-8)^(M)

Eftirfarandi má sjá af línuriti 4-3:

<u>Sáputegund</u>	<u>Magn sápu við min. yfirb.sp.</u>	<u>Min. yfirb.sp.</u>
K-oleate (ómettað)	ca. 0,33 g/l	26,2 dynes/cm
Na- - - -	" " "	26,0 "
K- myristate (mettuð)	" 0,44 "	25,1 "
K- laurate " "	" 0,90 "	24,0 "

Na-laurate (mettuð) ca. 1,00 g/l 22,7 dynes/cm
 Na-myristate " " 1,00 " 23,3 " "

NB: lægra magn fyrir K-sápur en lægri yfirb.sp. fyrir Na-sápur (við 20°C).

Af línuriti 4-8^(M) sést, að 3,3-3,8 g/l er það min. sápumagn af algengum sáputeg., er gefur min. yfirborðssp.

25,3-37,65 dynes/cm, en ef valið væri fjárhagslega hentugasta gildið yrði það um 0,8 g/l með yfirborðssp. 34,5 dynes/cm.

Eftirfarandi má álykta af ýmsum niðurstöðum:

- Yfirb.sp. virðst fara í gegnum min, en gerir það sennilega ekki í hreinum uppl.
- Fyrir aukna mólíkúlubýngd minnkar mikið styrkl.magnið, sem þarf til þess að gefa min. yfirb.sp.
- Ómettuð kolvetni gefa hærri yfirb.sp. en mettuð.

Styrkleiki gerfipvottauppl. við min. yfirb.sp.

<u>Efni</u>	<u>Hitastig</u>	<u>Styrkl.</u>	<u>min. Yfirb.sp.</u>
Na-dodecyl súlfat	20°C	1,8	35 ⁻
(lauryl -)	(25	2,16	40)
	40	1,93	35 ⁺
	60	2,4	37
	75	2,7	38,5
Na tetradecyl súlfat:			
(myristyl -)	40	0,416	32,5
	60	0,494	32
	80	0,780	34
Na-Hexadecyl súlfat			
(cetyl -)	40	0,103	34,5
	60	0,138	32
	75	0,145	30
Na-Octadecyl súlfat			
	45	0,052	36,5
	60	0,063	34
	75	0,060	30
Pentadecane-8-sulfat		0,155	30
		0,132	31
Heptadecane súlfat		0,0714	30
Pentadecane-2-sulfat		0,056	38

Hiti

Til þess að sem mest leysist upp af sápunni, þarf hitinn að vera nægur, t.d. eru yfirb. áhrif tólgar (með mettaðar feiti sýrur) meiri við 60°C en við 20°C, vegna uppleysanleikans, stearats og palmitats.

Sápur með ómettuðum sýrum (t.d. linseed olíu) eru uppleysanlegri og því eigi eins háðar hita.

Fyrir alkyl sulföt:

t.d. C₁₂ og C₁₄ sápur: Hækkun hitans hækkar magnið af sápu, sem þarf til þess að ná min. yfirbsp.

C₁₆ C₁₈ sápur: Hækkun hitans hækkar yfirbsp.

Við háan hita: minnkun yfirbsp. er minni við minni mettun mólíkulana og mest hjá stearatsápu.

Við lágan hita gerist það sama hjá C₁₈ sápunum, en nú er minnkun yfirsp. minnst hjá stearatsápu.

Tíminn, sem það tekur að ná jafnvægi á yfirborðinu

Efni með jákv. viðloðun metta oft yfirborðið, sem þær dragast að og fer sá tími, sem það tekur eftir eðli efnisins, t.d. nær Na-oleat fljótlega min. yfirb.sp. (skv. Harkins o. fl.).

Glasstone bendir á, að á mettuðum snertifletinum sé aðeins eitt lag af mólíkúlum ("unimolecular") og að þau standi hornrétt á snertiflötinni og sé snertiflötur hvers mólíkúls óháð lengd mólíkúlsins.

Fyrir "Cationic agents" með C₁₆ næst min. yfirbsp. nærri strax, ef styrkleiki uppl. er 0.001N, en fyrir C₁₂ kolvetni 0.01N. (Adam og Shute '38).

Fyrir Na-lanyl (og cetyl) sulfat (40°C) næst min. yfirbsp. á 2-3 mín. fyrir styrkleika 0.001N (og 0.0001N).

Liðir, sem stjórna hraðanum að ná min. yfirborðssp. í mjög þynntum uppl., eru:

- (1) Tíminn, sem það tekur efnið að komast á yfirb. (vökvi-loft), þar til jafnvægi er náð.

(2) Spennunundur við yfirborðið vegna myndunar á "electric double layer" (gert af fyrstu jónum, sem komast á yfirborðið) veldur erfiðleikum á að ná min. yfirb.sp. í þynntum uppl.

(3) Ef til vill næst lægri yfirbsp. í ljósi (du Noug '33).

Skv. Murrie (35) eru löngu neikvæðu jónarnir þeir hlutar sápuupplausnar, sem gefa henni yfirborðsáhrif, en þeir hlutar eru í mestu magni við lægsta gildi á yfirbsp.

Ýmsar aðrar ath. (Adam '36) benda til þess, að feiti sýran og sýru-sápan séu mjög viðloðandi á yfirb. og þannig sé hydrolýsa mikilvægt atriði á yfirb.

Lítið eitt af lút hækkar aðeins yfirbsp. sápuuppl. en lækkar yfirbsp. gerfi þvottaefna ("anionic synthetic detergents").

Sápuuppl. inniheldur: jóna, sápumólikúl, feiti sýrur, "sýru-sápu" og "micelles" við vissar aðstæður (hægt er að sleppa athugunum um málm-jónana í athugunum á yfirborðsáhrifum skv. Niven, en þó mætti álíta, að Ca-útfelling gæti ef til vill haft einhver áhrif, þegar um suðu í sápuvatni er að ræða; sjá síðar), og af þeim öttu eftirfarandi að loða við (þó misjafnlega mikið) yfirb.: feiti jónar (+), feiti-sýrumólikúl, og hlutlaus og "súr" sápu "micelle".

Í stuttu máli, eftirfarandi hópar eru í uppl.:

(1) (Feiti sýru mólekúl) $-COOH$

(2) (Feiti-jón) $-COO^{\dagger}$

(3) (Hlutlaust mólikúl) $-COONa$

Sýru-sápu"mólikúl "(þ.e. feiti sýrur með "micelles").

Micelle (þ.e. feiti jónar og hlutlaus mólikúl).

Tveir síðustu hóparnir eru sambland af hinum þrem.

Jákvæð viðloðun fyrstu 3 hópanna fer minnkandi niður á við eftir auknu "hydrophilicity" (vatnsást) að dæma, en taka verður

tillit til hlutfallsmagns hinna ýmsu hópa.

Fyrir mjög þynntar uppl:

(1) loðir mest við þótt (2) sé í meira magni, en við hærri styrkleika verða (2) og jafnvel (3) ríkjandi á yfirb. og við min. yfirbsp. er (1) sennilega áhrifalaus á yfirb.

Micelle myndunin verður best skilin á því, að yfirborðs-áhrifa "micell-u gætir minna en samanlögð yfirborðsáhrifa jónanna (+) og mólik., sem "micellan" er búin til úr.

Yfirborðsáhrifa-hlutar "anionic" gerfipvottaefna eru: felti jónar (+), molikúl og "micelles". Þar af hafa þeir fyrstu mestu yfirb.áhrifin.

Froðumyndun

(sjá mynd 5-4) er "gas-in-liquid system", þar sem gasbólur eru dreifðar meira eða minna stöðugar í vökvanum.

Það, að "froðubóla springi eigi á yfirborði vökvans, stafar af (skv. Foulk '20) því, að vökvalag verður á milli froðubólanna og varnar því, að þær sameinist vegna mismunar á samsetningu vökva og bóluhímnunnar.

Mikið fjaðurmagn ásamt lökkun á yfirbsp. hinnar stígjandi bólu leiðir af sér, að froðan helst í talsverða stund.

Skv. Foulk eru skilyrði fyrir froðumyndun lág yfirbsp. og lágur gufuþrýst. Ennfremur:

- (1) Hreinir vökvar mynda ekki froðu.
- (2) Þriðja efnið í vökva-gas kerfi verður að vera til staðar ef froða á að myndast og nærri öll efni mynda froðu en í mjög misjöfnum mæli.
- (3) Skiptir eigi máli hvort efnið loðir við á jákv. eða neikvæðan máta.

Skv. Bartsch (24) eru eftirfarandi atriði mikilvæg:

- (1) Yfirb. áhrif, uppleysanleiki, dreifing og seigja.
- (2) Froðumyndun meiri ef yfirb.áhrif meiri.
- (3) Áhrif uppl.leika, seigju og dreifingu skyggja á áhrif yfirb.spennu í sterkum upplausnum.
- (4) Samsteypa (association) mólíkúla eða kvoðuhluta lækka froðumyndun.
- (5) Há seigja getur aukið stöðugleika froðunnar.
- (6) Blanda af sápum gefur betri froðu en ein sápa sér, nema blöndunin minnki uppleysanleikann.
- (7) Froðumyndunin setur þau skilyrði, að skarpur munur sé á milli hlutfallsmagns efnisins á snertifletinum miðað við það í vökvanum.
- (8) Hlutfallsmagn froðumyndandi efnisins, sé það fast efni, er mestu ráðandi um eiginleika froðukerfisins, þótt staðsetning og eðli fasta efnisins sé mikilvægt atriði.

Stöðugleiki froðunnar nær hámarki við min. yfirbsp.

Max. froðumyndun fæst, þegar sápan og vatnið á snertifletinum eru jöfn að magni.

Skv. Traube og Klein (21) er það hin "molecularly dispersed" hlutár, sem eru skyldir yfirb.áhrifunum. Yfirb.áhrif vaxa með mólíkúlþunga, en uppleysanleiki minnkar og það takmarkar yfirb.áhrifin.

Yfirlit

- (a) Froðumyndun fer minnkandi hjá eftirtöldum olíum: pálmaolíu, pálmakjarnaolíu, tólg, kokoshnetuolíu.
- (b) Froðu stöðugleikinn vex með vaxandi mólíkúlþunga, ef hitinn er nógu hár til þess að efnið leysist nægilega upp. (Na-stearat einna best).
- (c) Ómettaðar einstæðar sápur lélegir froðumyndarar.
- (d) Þegar styrkleiki og pH gildi uppl. er rétt, vex froðustöðugleikinn við vaxandi keðjulengd mólíkúlsins.
- (e) Froðustöðugleikinn er meiri fyrir blöndur af sápum, ef allar eru uppl.legar og (a)-(d) er fullnægt.

Skv. Berkman og Engloff (34):

myndast froða í "heterogénous" vökva-gas himnu (ekki endilega vatn eða yfirb. áhrifaefni) og vex með vaxandi "heterogenity".

Áhrif "Builders" á yfirb.spennu

"Builders" eru Na og K sölt af (veikum) lífr. og (sterkum) ólífr. sýrum og lútar.

Yfirlit:

- (a) Lítið eitt af lútar "builder" eykur yfirb.sp. sápu, en ef sett er út í hlutlaus "builder" minnka fyrrgr. áhrif.
- (b) Auka feiti sýrur færa yfirb.sp. min. til vinstri á línu-ritinu og lækka yfirb.sp. eftir min. er náð.
- (c) Hlutlaus rafvökva "builder" lækkar yfirb.sp. óhydróliseraðrar "anionic" uppl.
- (d) Nota má "anionic" uppl., sem hafa builder í meira magni en sápan.
- (e) Bæta má við rafvökvum (electrolytes) í óhydr. "anionic" sápu til þess að ná fyrr jafnvægi á snertifletti uppl. og lofts.

Það virðist vera styrkleiki + jónsins í "builder", sem ræður lökkun styrkleika fyrir hámarks yfirb.áhrif.

Því lægri sem umræddur "critical" styrkleiki er, þá meiri eru áhrif sama magns af salti.

Skv. Wright o. fl. (39) þá er lökkun á "critical" styrkleika óháð hitastigi.

Hvernig "builders" minnka "critical micelle concentration", og hvernig það er skylt yfirb.áhrifum.

Ef styrkleiki uppl. er minni en "critical" gildi - og heildar yfirborð ósamsteypra efnisagna eða heildar "free surface energy" ekki nægilegt til þess að hefja skyndi-samsteypu, - gæti

"builder" haft þrenns konar áhrif:

- (1) minnkað fráhrindandi krafta á milli agnanna, sem verður að yfirstíga.
- (2) aukið "free surface energy" eða
- (3) hvorutveggja (1) og (2).

Þess má geta að lokum, að erfitt er yfirleitt að aðskilja "hreina" sápu úr þeirri blöndu, sem um er að ræða í venjulegri sápu (ekki þvottalegi), sem inniheldur margar feiti sýrur, olíur ^{með} mjög misgafna eiginleika, ósápanlega hluta, alkóhól og önnur lífræn efni (skv. "American Soap Makers Guide Meerbott - Slainslaus p. 51).

Ályktanir af niðurstöðum sápusérfræðinga

1) Við styrkleika, er nemur 1-3 g af sápu í lítra vatns, hefst myndun hinna svokölluðu "ionic micelles", sem eru kvoðu-kenndir og rafmagnaðir hópar samansettir af neikvæðum feitisyrujónum. Samfara myndun þessarra hópa stöðvast hydrolýsa sápuunnar, yfirborðsspennan nær minnsta gildi og ýmsir aðrir eiginleikar breytast snögglega. Af því má ráða, að á þessu sviði hlýtur sápan að hafa mest áhrif á gos í hverum. Er lítið svo á hér, að lækkun yfirborðsspennunnar hafi hér sennilega mest að segja, en jafnframt megi álíta, að myndun kvoðu-kenndu hópanna hafi auk þess bein áhrif á suðumyndunina, (ef farið er einnig eftir niðurstöðum suðusérfræðinga).

2) Til þess að tryggja sem lægsta yfirborðsspennu fyrir sem minnst sápumagn, er nauðsynlegt að hafa sápu með eftirfarandi eiginleikum:

- a) Auðleysanleika í vatni við sett skilyrði
- b) Háa sameindarþyngd mettaðra sameinda
- c) Betra er að hafa blöndu af sápum með ofangreinda eiginleika og helst kalíumsápur (þó gefa natríum sápur lægri yfirb.sp. en meira þarf af henni).
- d) Sápan mætti hafa aukamagn feitisyra.
- e) Sápa ætti að vera laus við svokallaða "builders" (sölt eða lútur), nema um gerfipvottalög sé að ræða, þá ætti að hafa þá með, (allt að því helming magnsins).

3) Froðumyndun, en hún breytist með yfirborðsspennunni.

4) Gerfipvottalegir hafa fremur lága yfirborðsspennu í þynntari upplausnum en venjulegar sápur og því ætti að athuga notkun þeirra.

Þó gæti verið, þar eð þeir fella eigi kalsíum út eins og venjulegar sápur, að áhrif þvottalagar beri eigi tilætlaðan árangur.

Áhrif kalsíum eru rædd á bls. 35.

Val sápu eftir tegund og að magni er vikið að á bls. 31.

ATHUGANIR Á ERLENDUM HEIMILDUM UM SUÐU
Í VÖKVUM

Heimildir (14):

Hér er miðað við suðumyndun á föstu heitu yfirborði, en það gæti sennilega einungis skýrt að nokkru áhrif þau, sem föst efni, er sett vöru út í vatn við suðumark, hefðu á gos í slíku vatni. Ber því að beina athyglinni að þeim niðurstöðum, sem fjalla frekar almennt um suðu í vatni.

1) Bólur myndast einungis ef vökvinn er yfirhitaður, þ.e. að hiti hans sé hærri en mettnarhitinn, nema ef gas er í vökvanum, þ.e. vökvinn getur gúfað upp inn í gasbólunni þar til heildarþrýstingurinn í bólunni er orðinn stærri en mettnarþrýstingurinn.

2) Ef bólu myndunin hefst á föstu efni, fer hitinn við bólu myndunina eftir gerð fasta efnisins. Mætti hugsa sér, að bólu myndunin sé háð stærð kraftanna, sem verka á milli vökvasameindanna og frum- og sameinda fasta efnisins. Þá ræður mismunur á hita fasta efnisins og mettnarhitna vökvans ($t_1 - t_{\text{sat}}$) bólu mynduninni. Hitafall þetta ætti að vera háð eiginleikum vökvans og yfirborðs fasta efnisins.

3) Viðnám gegn varmayfirferlu minnkar margfalt, ef suðu á sér stað vegna hræringar í vökvanum, er orsakast af gufubólumynduninni.

Hræring þessi eykst við:

- (a) aukningu á tíðni bólu myndunarinnar á hverja yfirborðs-einingu.
- (b) stækkun bólanna.
- (c) hraðaaukningu bólanna.

Tíðni bólu myndunarinnar er háð að nokkru leyti fjölda bólu myndandi punkta, sem fjölga við aukið ($t_1 - t_{\text{sat}}$) og bólu myndunarhraðanum á hverjum punkti, en hraði þessi ákvarðast

að einhverju leyti af varmainsstreyminu og hraða bólanna, sem ýmist falla saman eða komast eitthvað á leið.

Bólumyndunarhraðinn er þó talinn fyrst og fremst háður $(t_1 - T_{\text{sat}})$.

Meðal stærð bólanna er háð hita vökvastraumsins eða $(T_{\text{sat}} - T_m)$, þar sem T_m er meðal hiti vatnsins, þ.e. því hærri, sem T_m er, því betri eru skilyrðin fyrir stærri bólur (þetta kom skýrt í ljós við sáputilraunir höf.). Hraði vökvans er og ákvarðandi um stærð bólanna og því ætti meiri hraði á vökvanum að orsaka smærri bólur (við fast efni).

Bólumyndunarhraðinn mun vaxa í beinu hlutfalli við $(t_1 - T_{\text{sat}})$ og þrýstingsbreytingu, er stafar af hitabreytingu í vökvanum (í jafnvægi við gufu hans) og vex með heildarvökvaþrýstingi upp að 70 kg/cm^2 , en minnkar úr því.

Réttara mun vera að nota $(t_b - T_{\text{sat}})$ í stað $(t_1 - T_{\text{sat}})$, þar sem t_b = yfirb. hiti bólunnar. Samkv. "dimensional reasoning" ætti t_b að lækka við hækkun vökvaþrýstingsins.

Heimildir (13):

Hér er einnig um niðurstöður rannsókna á suðu framkallaða á heitum föstum hlut, en kennisetningar þær, sem nefndar verða, gefa þó ýtarlega grundvallarþekkingu á suðu yfirleitt og er þá tilganginum með skrifum þessu að því leyti náð, að þær niðurstöður þær, er höfundur leggur fram að lokum, verða auðveldar dæmdar út frá þeim forsendum, sem þær eru byggðar á.

Um þrenns konar suðu getur verið að ræða: (sjá Fig. 3 á ljósprentaða blaðintu).

- (1) Kjarnasuðu eða yfirborðssuðu ("nucleate on surface boiling") á sérstökum punktum á yfirborði heita hlutarins. Hitafallið á milli varmagjafans og vökvans er minna en í (2) og (3) og nær varmayfirfærsla hámarki, er suða (1) stöðvast og suða (2) hefst.

- (2) Millistigssuða ("transition boiling"), þar sem engir ákveðnir þúktar "mynda" suðubólurnar. Hitafallið er meira en í (1) en minna en í (3).
- (3) Filmu- eða himnusuða ("film boiling"). Hitafallið er hér mjög hátt.

Einnig getur verið um "volume" suðu að ræða, þar sem varminn myndast í vökvanum sjálfum. Eigi verður hægt að fullyrða, hvort um sé að ræða einhverjar hinna ofangreindu suðumyndana.

Haft skal í huga, að suða í Geysi myndast við það, að á vissu dýpi (sennilega 12 m) er vatnið næst suðumarki og getur því seðið á því dýpi (eða rétt ofan við eða neðan) er skilyrði (sem geta verið ýms) valda því, að því hitastigi, sem vatnið sýður við, er náð, þ.e. heitur vatnsmassi getur komið í þær kringumstaður, að hiti hans sé nægur til þess að suða myndist.

Þar eð Sá varmi, sem um er að ræða að geti flutzt til í óstöðug svæði í Geysi er af þeirri stærðargráðu, að helzt getur verið um kjarnasuðu að ræða. Því verður bent helzt á þær líkingar, sem fram hafa komið í sambandi við slíka suðu og síðan farið yfir sígildar hugmyndir um myndun suðubóla í vökva.

Kjarnasuða

Síðustu líkingar, sem fram hafa komið (1956) byggja á því, að varminn fari frá heita hlutnum í vökvann og síðan í gufubólurnar og, að aðalviðnámið gegn þessari varmayfirfærslu sé "stagnant" hinna utan um gufubólurnar.

Eftirfarandi líkingar eru byggðar á ýmsum "assumptions", en of langt mál yrði að telja það upp hér.

Rohsenow o. fl. (1952-55), sem hafa náð "meðal árangri", komu með líkingu þar sem varmayfirfærslustuðullinn er í öfugu hlutfalli við kvaðratrótina af yfirborðsspennunni, þ.e.

$$h \propto \frac{1}{S^{1/2}}$$

Forster og Luber (birt 1955) hafa komið með líkingar, sem "líta vel út, en eru of nýjar til þess að hægt sé að meta þær að fullu".

Þeir fá vaxtarlíkingu fyrir mjög smáar bólur til að líta út þannig:

$$r + \ln\left(\frac{r-1}{r_1-1}\right) = \frac{\Delta T \cdot C_L \cdot \rho_L \cdot \sqrt{\pi} \cdot \alpha_L \cdot \Theta}{\lambda \rho_V R_0}$$

þar sem $\ln\left(\frac{r-1}{r_1-1}\right)$ er háð yfirborðsspennu og $r = R/R_0$ en R_0 er rad.kjarna gefinn með $R_0 = 2\sigma/pv-p_\infty$ og R er rad. bólunnar við tíma Θ , C_L = eðlisvarmi vökvans, ρ_L = eðlisþ. vökvans, α_L = "thermal diffusivity" ($K_L/\rho_L \cdot C_L$), λ = uppgufunarvarmi, ρ_V = eðlisþ. gufunnar og ΔT = hitafallið frá vökva í gufu.

Nú hefur \ln liðurinn (og þar með yfirb.sp.) mesta þýðingu fyrir bólur lítið stærri en bólukjarninn.

Hiti bólu (sem vex í yfirhituðu vatni) breytist eftir bólustærð eftir líkingunni (tregðu vökvans sleppt).

$$\frac{T_0 - T_V}{T_0 - T_\infty} = 1 - \frac{R_0}{R}$$

En T_0 = hiti yfirhitaðs vökvans

T_V = " inni í bólunni.

T_∞ = mettnarhiti vökvaflatarins við p_∞ , þ.e. bólan missir helming yfirhitans við að stækka tvöfalt.

Einnig komust F. og Z. að því að bóluvöxturinn minnkar með hækkun á þrýstingnum (óháð bólumynduninni) og, að smáar bólur vaxa hratt en stórar bólur hægt, en íhrærunin í vökvanum helst óbreytt. Er það mjög athyglisvert, að margfeldi bóluradíuss og "radial" hraði er óháð tímanum.

F. og Z. fá einnig, að

$$h \propto \frac{1}{\sigma^{1/2}}$$

Zwich (1954) bendir á, að varmi geti einnig flutzt með massa flutningi og því setti "convection" að vera með í líkingu F. og Z.

Fræðileg meðferð á kjarnasuðu

Þar eð erfitt er að nota "dimensional analysis" við athuganir sem þessar, notuðu R., F. og Z. "dimensionless" hópa, en þar eð skipta verður kjarnasuðu í minnst tvö þrep, þ.e. (1) myndun bóla, sem geta vaxið, og (2) vöxtur þessarra bóla, og því dugar síðari aðferðin eigi, ef annað þrepíð hefir breytanlegan lið, sem hitt þrepíð hefir eigi.

Myndun snertiflatar, sem vaxið getur, er mjög algengt og þekkt fyrirbrigði í efnaverkfræði, t.d. við þéttingu, krystallamyndun, frystingu, mölun o. fl. Því á eftirfarandi kennisetning lengri sögu en áður nefndar athuganir, eða frá 1926, er Volmer athugaði kjarnasuðu og leit á hana sem "thermodynamic" jafnvægi og síðan "rate process". Aðrir hafa fylgt Volmer eftir, en sumir farið aðrar leiðir (sjá (13) bls. 39-42). Kennisetning Volmers verður skýrð hér í stórum dráttum.

Classical rate theory

Fyrsta skilyrði fyrir kjarnasuðu í vökva er: Yfirhitun.

Bólur, sem myndast, eru kaldari en vökvinn, og því gengur kjarnasuðan á annan veginn ("irreversible"). Vegna yfirhitunar á hitafalls kraftur sér stað á milli bólunnar og vökvans, en yf.sp. kraftar eru mjög háir vegna smæðar bólunnar ($\epsilon = PR/2$) og bólan leitast við að falla saman og þar með draga úr tilhneigingu bólunnar til að vaxa með því að taka til sín varmann. Þess vegna þarf við skýringar á kjarnasuðu að skýra myndun bólu, sem fellur eigi saman.

Í stórum dráttum: Gert er ráð fyrir, að sumar sameindir hafi orku ("activated energy") mikið stærri en meðal orku annarra sameinda, er gæti verið sambærileg við uppgufunar orkuna.

Síðan er gert ráð fyrir, að utan í þessu orkuháu sameind "festist" venjulegar sameindir (sbr. polymerization). Þetta kallar höf. klasa ("cluster") með X sameindir, sem verki sem ein stór

18.

sameind, sem geti safnað fleiri sameindum á sig, samkvæmt



Klasi getur orðið að gufubólu, ef X er nógu stórt, en getur einnig minnkað.

Út frá athugunum á dreifingu klasa af mismunandi stærðum, er gert ráð fyrir, að alls konar stærðir séu til og að fjöldi einhverrar þeirra fari eftir "erfiðleikum" við vöxt upp í þá stærð með því að eitt og eitt molec. bætist við. Þannig fæst

$$n_x = N_0 e^{-W_x/KT}$$

þar sem N = heildarfjöldi sameindanna (1 cluster = 1 sameind)

n_x = klasi með X sameindum

W_x = nauðsynleg vinna til að mynda cluster með X sameindum.

KT verður hér "translational" orka fyrir meðal vökvasameind.

þ.e. W_x/KT = auka orka "clust"ursins.

Síðan athugaði höfundur W_x , þ.e. vinnu, sem þarf til að breyta X yfirhituðum vökvasameindum í gufuklasa við tvenns konar skilyrði

(a) í vökvanum sjálfum (homogen.)

(b) við yfirborð eða óhreinindi.

Suða í hreinum vökva

(a) Vinnan er: vinna við að ýta vökvasameind frá + vinna við að mynda snertiflöt á milli vökva og gufu.

$$\text{þ.e. } W = -v\Delta p + \epsilon A$$

Út frá líkingu þessari má svo fá:

$$W = \frac{4}{3}\pi R^2 \epsilon \quad \text{eða} \quad W = \frac{16\pi \epsilon^3}{3(p_v - p_L)} \quad \text{eða} \quad W = \frac{16\pi \epsilon^3 v_L^2}{3(KT \ln p_\infty/p_v)}$$

þar sem ϵ = yfirborðsspenna vökvans

p_v = þrýstingurinn í bólunni

p_L = " " á vökvanum

v_L = "effective" rúmmál einnar vökvasameindar.

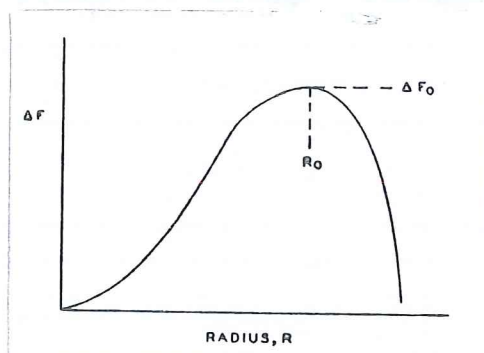
p_∞ = mettnar þrýst. vökvaflatar

19.

Þessi líking gefur eigi "critical" stærð á "klasa".
Því er leitað í "thermodynamic".

Með ath. á breytingu á "free energy" með breytingu á radíus
klasans (hugsaður kúlulaga), fæst:

$$\Delta F = 4\pi\epsilon(R^2 - \frac{2R^3}{3R_0})$$



Gildið R_0 gefur þá stærð á
klasa, sem ef: (a) það missir
sameind, þ.e. R og ΔF lækka,
fellur það saman, en ef (b) ein
sameind batist við, getur "klasi"
vaxið, því við það minnkar og ΔF
og getur það orðið sjáanlegri bólu.

(a) og (b) eru hvortveggja möguleg. Kjarnastærð er álitin
vera frá ca 10 til nokkur hundruð sameindur (fyrir vatn fékkst
1924 146 Å, útreiknað með $p = p_v - p_L = 2\epsilon/R$). Einnig
er "free energy" til kjarnamyndunar:

$$\Delta F_0 = 4/3\pi R_0^2 \epsilon$$

Þar sem eigi er hægt að finna F_0 eða R_0 nákvæmlega, er líking
þessi eigi notuð mikið, en Eyring o. fl. fundu:

$$\text{Rate (myndunarhraði kjarnans)} = C \cdot e^{-\Delta F/kT}$$

(C stendur í hlutfalli við fjölda sameinda og kT/h)

Ef seigja er tekin með og ΔF^{\ddagger} er orkan, sem þarf til að
yfirstíga viðnám, fæst:

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{NkT}{h} e^{-\left[\frac{\Delta F^{\ddagger}}{kT} + \frac{16\pi\epsilon^3 v_w^2}{3(kT)^2 (n^2/p_v)^2}\right]}$$

Þar sem n_0 = fjöldi kjarna

N = sameindir við hita T .

20.

Fisher (48) gefur eftirfarandi:

$$\text{Fracture pressure} = - \left[\frac{16\pi\epsilon^3}{3kT \cdot \ln\left(\frac{N'kT}{h}\right)} \right]^{1/2}$$

sem gildir vel nema ef T er lágt og seigja er mjög há.

Fleiri merkilegar líkingar fyrir myndunarhraða kjarna hafa komið fram og þær komið vel heim við niðurstöður tilrauna. Við frekari athugun á kjarnasuðu mun svo vísindum aukast ásmegin. En hér skal látið staðar numið og bent á hin mikilvægu áhrif yfirborðsspennu á kjarnasuðu, skv. undanfarandi kennisetningu:

- (1) Kjarnamyndunarhraðinn stendur í hlutfalli við $e^{-\epsilon^3}$, þ.e. vex mikið ef ϵ minnkar
- (2) "rupture"þrýstingur stendur í hlutfalli við $\epsilon^{3/2}$ þ.e. — ef ϵ hækkar er erfiðara að rjúfa vökvan.
- (3) Fyrir bólu, sem þegar hafa myndast (á föstu yfirborði) er $h = C \epsilon^{-1/2}$ (h = varmayfirfærslastuðull vökvafilmunnar á milli fasta hlutarins og bólunnar).

Áhrif ϵ hafa eigi verið sönnuð enn með tilraunum, t.d. í líkingu $h = (\text{fasta stærð}) \epsilon^z$, þar sem er $z = + 25$ til 1.275 skv. niðurstöðum

Það sem gæti skeð, þegar efni, er verka á yfirborði eru sett í sjóðandi og hreinan vökva, er þetta:

Efnið gæti leystst upp og síðan flutzt að (a) snertifleti vökva og fasts efnis eða (b) snertifleti vökva og gufu eða (c) haldizt tvístraður í vökvanum.

Þekking á vökva-gufu spennu segir ekkert um spennu á milli annarra snertiflata.

Svífandi agnir, yfirborðsverkandi efna geta verkað sem kjarnamyndandi.

Einnig er munur á "static" og "dynamic" yfirborðsspennu.

Álíta má, að yfirborðsverkandi efni auki varmayfirfærslu.

(b) Kjarnasuða við vegg eða óhreinindi

Venjulega er í vökvanum rykkorn, við- og samloðandi gas og aðkomandi jónar.

Kennisetningar fyrir suðu, sem þessarri, eru þær sömu og fyrir suðu í hreinum vökva, að undanskildum tveim atriðum Vinnan við bólu myndunina og fjöldi bólu myndandi staða er sennilega breytt af hinum aðkomandi efnum.

Kom í ljós, að vinna við að framl. bólu er sú sama og í hreinum vökva, margfaldað með stuðli, sem er háður því að hve miklu leyti gufan og vökvinn vætir fasta hlutinn, þ.e. því meir sem gufan vætir fasta hlutinn, miðað við vökvann, því minni vinnu þarf til þess að mynda bóluna.

Bólumyndunarhraðinn í óhreinnum vökva

$$= \text{bólumyndunarhraðinn í hreinum vökva} \times (\text{Hlutfallið á milli bólu, staða í óhreinnum á móti hreinum vökva}) \times e^{-\phi}$$

Skýring á því hvers vegna oddhvassar sprungur eða holur í föstum hlut geta auðveldað bólumyndun, er sú, að vökvinn kemst eigi í slíkar sprungur ef gas er fyrir hendi (og síðar gufa) neðst í sprungunni, en slíkt þýðir byrjunar "cluster", sem mundi vera brotið niður af hinni háu yfirb.sp., er það var á byrjunarstigi, þ.e. örsmátt. Ef holurnar eru ávalar í bobninn getur vökvinn komist í þær, þar eð yfirb.sp. verður eigi á slíkum stað og því stöðvast bólumyndun, er gasið er horfið úr holunni.

Eftirtektarvert er, að athuganir hafa verið gerðar á bólu myndun í yfirhituðum vökva vegna áhrifa geislaverkunar. Glaser gefur líkingu, sem felur í sér nauðsynleg skilyrði fyrir bólu myndun með geislaverkun, þar sem mismunur á mettuðarþrýstingi og heildarþrýstingi er í beinu hlutfalli við yfirborðsspennu í $4/3$ veldi og gefur sú líking allgóðar niðurstöður miðað við tilraunir. Samt hafa geislarnir eigi mikil áhrif á suðumyndun í vatni. Hin þekhta Laplace líking

$$(p_g + p_v) - p_L = 2\sigma/R$$

Þar sem p_g = eiginþrýstingur gassins í bóluþjarnanum, p_v = gufuþrýstingur vökvans og p_L = heildarþrýstingur á vökvann, ϵ = yfirb.sp. og R = rad. bóluþnar, gefur til kynna, að gas²-(sem gæti verið í föstum hlutum í vökvannum, eða uppleyst í vatninu, en færðist úr uppl. vegna aukins hita(eða fyrir áhrifa sápunnar skv. McBain))-bólur þurfa minni yfirhitun í vökvannum en kjarni í hreinum vökva.

Eftirtekjarvert er, að kjarnamyndunin hlýtur að minnka smám saman eftir því sem líður á suðuna og því hlýtur slík kjarnamyndun að vera óstöðug. Í öðru lagi "sýður" vökvi með gasi og gufu í bóluþnum fyrir neðan það suðumark, sem þrýstingurinn gefur til kynna.

"Critical"hitastigsmunur

Ákveðinn hitamismunur verður á milli fasts varmagjafa og vökvans í kring og er hægt að finna nokkurn veginn hæsta gildi hans ("critical value"), en það mun meðal annars óháð "surface active agents" nema því aðeins, að þeir örfi kjarnamyndun, en við það setti hitamismunurinn að lækka.

Ef athugaður eru breytingar á bóluþmyndunarhraðanum með hitamismuninum fæst, að sá fyrrnefndi eykst með hitamism. (á milli varmagjafans og vökvans í kring), þar til við hámark hans, að bóluþmyndunin verður óendanlega hröð. Hér verður að minna á, að yfirhitun í vatni vegna flutnings þess að svæði með lægri þrýstingi, er eigi hliðstætt ofangreindum skilyrðum, en þó má fá skýrari hugmynd um áhrif hitamism. á bóluþmyndunarhraðann.

Þá skal þess getið, að ofangreindar kennisetningar koma eigi fullkomlega að notum, er um vatn er að ræða, þar eð það myndar "aggregate" í vökvaforminu.

Það sem athuganir þessar gefa til kynna, er, að hægasta bóluþmyndunin og því hæsti "critical" hitamunur á sér stað, þegar hreinn vökvi er hitaður innbyrðis án snertingar við nokkurn fastan hlut.

Veggir, ryk, gas o. fl., sem leggur til yfirborð, getur verkað sem hvati. Ef neikvæður hvati, sem fyrirbyggir suðu, er settur í hreinan vökva, sýður eigi fyrr en hreini hluti vökvans nær því hitastigi, þar^{er} sem óendanleg bólu myndun á sér stað. Hitamunurinn er óháður íhrærun.

"Critical" hitamunur fyrir vatn (við 1 atm) mun í flestum tilfellum hafa mælt 25-28°C (eða frá 22°C í 50°C), (sjá þó Studies of Boiling o.s.frv. bls. 405 og Advanced chem. eng. Vol. I, bls. 66). Ósamræmi í mælingum stafar mjög oft af ónákvæmum mælingum.

Samkvæmt Cichelli og Bonilla breytist yfirhitinn úr um 22°C í um 30°C við breytingu á þrýstingi frá 43 í 0 atm. og er um 47°C við 1 atm. Skv. Adams breytist hitamunurinn frá um 8°C í um 18°C eftir varmayfirfærslu.

Áhrif óhreininda á suðu er misjöfn, t.d. hafa uppleyst efni, að undanskildum "surface-active agents" lítil áhrif á suðu en aftur á móti hafa "svífandi" ("suspended") efni mikið meira að segja. Því miður eru eigi gefnar neinar tölur fyrir "surface-active agents".

Bent er á, að hin "svífandi" efni valda minnkun á teygjanleika vökvans með því að valda broti eða óskipulagi í byggingu vökvans.

Vöxtur bólanna

Hér skal farið yfir kennisetningar Zwick (54) og Plesset (1952 og '54), en árangur þeirra kemur vel heim við þar fáu niðurstöður, sem til eru um gufubólur í yfirhituðu vatni.

Ef "metastable" kjarni af "critical" stærð R_0 nær að bæta við sig sameind, getur skyndivöxtur hafizt og, er R vex, minnka yfirb.kraftarnir samkv. $2\epsilon/R$ og getur bólan þá vaxið þess vegna óhindrað þar til bólan springur.

Til þess að bólan geti vaxið, þarf gufa að fara frá yfirh. vökvanum inn í bóluna. Þetta kælir vökvann umhverfis bóluna

vegna þess að hann missir uppgufunarvarma, en kælingin býðir minnkandi gufumyndun. Hægt er að sýna fram á, að rásradius bóllunnar vex með kvaðratrótinni af tímanum.

Erfitt er að lýsa því, sem gerist, með stærðfræði vegna þess, að um massaflutning og varmaflutning er að ræða og þá einnig er þetta "dynamic process".

Gert er ráð fyrir, að varmaviðnámið sé í þunnri himnu utan um bólluna, sem sé hnöttótt og snúist ekki og sleppt er hreyfingu vökvans í stefnu tangent við bólluna.

Lokaniðurstöðurnar eru:

Rásradius bóllunnar á hverjum tíma er

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{2E}{R \rho_L} = \frac{P_v - P_\infty}{\rho_L}$$

Ef hugsað er um vöxt bóllunnar í fjórum samfallandi tímabilum.

1) R_0 vex í $(1 + \frac{1}{H})R_0$. Vöxturinn fer þá eftir

$$R = R_0 \left(1 + e^{H(\theta - \theta_0)} \right).$$

θ_0 = tíminn frá því kjarninn er óstöðugur

$1/H$ = "active part of the period" er R_0 vex í $2R_0$.

Fyrir vatn við 1 atm. og 106.1°C er $1/H = 1.5 \times 10^{-6}$ sek.

2) "Early phase": sett fram sem óendanlegar raðir

3) "Intermediate phase" " " " " "

4) "asymptotic phase"

Fyrir þetta tímabil nálgast hiti bóllunnar suðumark vökvans

$$\text{og } R = 2 \left(\frac{3\theta}{\pi \alpha_L} \right)^{1/2} \left(\frac{k(T_L - T_v)}{\lambda \rho_v} \right)$$

Að lokum fæst:

$$\lambda \rho_v dv = k_L (4\pi R^2) \frac{(T_L - T_v) d\theta}{(\pi \alpha_L \theta/3)^{1/2}}$$

(Varmi til bóllunnar = Varmi í gegnum filmuna)

$$\text{Þykkt filmunnar} = \sqrt{\pi \alpha_L t} / 3$$

α_L = "thermal diffusivity" = $K_L / \rho_L C_L$; C_L = eðlisvarmi vökvans
 K_L = varmaleiðni vökvans.

Sem dæmi tekur það aðeins 0.0004 sek. fyrir radius bólu að vaxa úr 0.01 mm í 0.07 mm í 103°C heitu vatni við 1 atm. og breytist hiti bólunnar úr 103°C í 100.5°C.

Annað dæmi: radius bólu vex í 104.5°C heitu vatni úr 0.04 mm í 1 mm á 0.013 sek.

Bólurnar hegða sér þannig:

$R < 1$ mm: uppdrif lítið

$R > 1$ mm: bólurnar lyftast upp

$R \leq 3$ mm: " hnöttóttar (athuganir með loftbólur)

$R = 3-5$ mm: " sporöskjulaga

$R > 5$ mm: " "regnhlífarlaga"

Minnstu bólurnar lyftast beint upp ef ótruflað en þær, sem hafa Reynoldstölu 300-3000 lyftast upp eftir gormlaga braut. Þær stærstu lyftast með vaggandi hreyfingu.

Frekari athugun á vexti "stórri" bóla (upp í 3,6 mm) voru gerðar 1949, en niðurstöður eru ókunnar.

Suða undirkælds vatns, (13) 2. bindi

Stærð gufubóla og "lífstími" fer mjög hratt minnkandi með minnkandi hitastigi "kalda" vatnsins í kring, en fjöldi þeirra mun líklega aukast, en eigi eru menn sammála um það.

Skyndimyndun og samfall hinna örsmáu bóla í undirköldu vatninu kemur miklu róti á vatnið á suðumyndandi svæðinu.

"Bumping" er snögg suða, sem valdið getur allkröftugu gosi í tilraunaglassi. Vísindalegar athuganir á "bumping" hafa varpað nýju ljósi á suðu, en hafa eigi haft nema fræðilega

Þýðingu, þar eð "bumping" á sér eigi stað í tækjum af fullri stærð í iðnaði.

Margar aðferðir hafa verið fundnar upp til þess að varna "bumping", en eigi fyrr en nú nýlega hafa mælingar á fyrirbrygði þessu verið framkvæmdar.

Eftirfarandi skýringar á fyrirbrygði þessu eru gefnar hér á eftir til frekari kynningar á suðu yfirleitt.

Kennisetningar um "bumping"

1) Glasstone 1945

Yfirhitun og "bumping" stafar af háum þrýstingi í smáum bóllum, skv. $p = 2 / r$.

Ef hreinn vökvi er soðinn í hreinu og sléttu ílát, þar sem bóllumyndun er erfið, eru bóllurnar nærri því á stærð við sameindir og nauðsynlegur þrýstingur til þess að mynda bóllurnar er mjög hár. Til þess að ná að mynda svo háan gufuþrýsting, þarf hitastig vökvans að hækka nógu mikið til þess að mynda hinar örsmáu bóllur. Er nú bóllurnar vaxa, verður þrýstingurinn innan þeirra óeðlilega hár vegna minnkandi áhrifa yfirborðs-spennunnar og snögg útpensla eða "bumping" á sér stað.

2) Hickman (1951-54)

"Bumping" vökva telur hann þann vökva, sem hefir "torpid" yfirborð, en það er yfirborð með mjög þunnu lagi af óhreinindum, sem leita á yfirborðið.

Heldur hann því t.d. fram, að "eitthvað" hafi í litlu magni úr gleri ílátsins sett á yfirborðið í tilraunaílati eftir 16 klst. geymslu og valdið stórfelldum gosum, sem jafnvel brutu ílátinu.

Ef eigi væri um að ræða fjölda sannanna um skiptingu í yfirborði sjóðandi vökva, þar sem hluti vökvans sýður, en hinn ekki, væri hægt að ganga fram hjá skýringu þessari. Þó hefir þetta "torpid" efni eigi fundzt enn.

3) Kjarnamyndunarhugmyndin

Ef vökvinn er hreinn og í hreinu íláti, getur töluverð yfirhitun átt sér stað og gæti þá suða farið fram þannig: í fyrstu yfirhitnaði vökvinn rólega án suðu, síðan, er kjarnamyndunin er orðin ör, verður sprenging og þá félli hitinn við það, að yfirhitinn fer í gufuframleiðslu. Síðan gæti hringrásin endurtekið sig.

Ef þetta er rétt ættu flest óhreinindi að hvetja kjarnamyndun.

Glaser tók eftir, að yfirhitun (sérstakra vökva) var gerð að engu af mjög geislavirkum hlutum.

Reiknaði hann, út frá "skothríð" geimgeisla á tilraunataeki sitt (1 "skot" á 30 mín.), að stórir suðukatlar yrðu fyrir skothríð stanzlaust. Önnur skýring á því, að "bumping" á sér eigi stað í svo stórum tækjum er auðvitað sú, að erfitt er að fá þau nógu hrein.

Mælingar á "bumping" hafa leitt í ljós (þótt fáar hafi verið gerðar), að (í tréspíritusi) verði gosin kröftugri ef þrýstingurinn er lágri, eins ef glerílátið er slétt, en geislar frá radíum hafa þar engin áhrif á.

Tvö fyrstu áhrifin skýrast út frá hugmynd (3) en það síðasta gæti stafað af því, að tréspíritus skiptist eigi auðveldlega í jóna. Frekari athuganir eru nauðsynlegar.

Ályktanir af niðurstöðum suðusérfræðinga

Sápa ætti að hafa eftirfarandi áhrif í yfirhituðu vatni:

- 1) Minnkað vinnuna, sem þarf til þess að mynda bólukjarnann ($vinnan \propto \epsilon^3$).
- 2) Varmayfirfærslan í gegnum bóluvegginn vex (fræðilega séð: $h \propto \epsilon^{-1/2}$).
- 3) Getur verkað sem kjarnamyndari eða suðuhvati.
- 4) Aukið bólumyndunarhraðann (sem er $\propto e^{-\epsilon^3}$).
- 5) Minnkað brýstinginn, sem sprengir bóluna (sem er $\propto \epsilon^{3/2}$).
- 6) Lækkað þá yfirhitun, sem þarf til þess, að vatnið sjóði.
- 7) Orsakað skyndisuðu, sem og hver önnur óhreinindi, en þá yrði sápan að vera í öðru formi en uppleystu, t.d. fellð út af kalsíum.

Nú hefir lækkun yfirborðsspennunnar mest að segja, þegar bólurnar eru smáar, og bendir það einnig á það, að sápan hafi mest áhrif í upphafi bólumyndunarinnar.

Af ofangreindu má því ráða, þótt mikið af því séu fræðilegar niðurstöður, að sápan ætti, við ákveðið yfirhitunarstig, að orsaka skyndisuðu. Kalsíumútfelling og gas í Geysi ætti að hjálpa til. Aðaláhrif sápunnar sjálfrar eru því sennilegast:

- 1) Auðveldari bólukjarnamyndun.
- 2) Aukinn bólumyndunarhraði.

Einnig, ef svokallað "bumping" (skyndisuða) er framkallandi með sápu, væri um mjög ákveðna og skammtilega freystandi skýringu að ræða. Þótt sú skýring sé hugsanleg, verður hér lögð áhersla á hinar tvær ofangreindar skýringar, en sá vari hafður á, að um samverkanir á öllum þeim áhrifum, sem á undan getur, sé að ræða.

Heildarskýringu er að finna hér á eftir.

Athuganir á niðurstöðum erlendis varðandi skýringu
á sápuðosi í hverum

Hér skal aðeins (vegna tímaskorts og rúms) bent á helztu niðurstöður, sem fram hafa komið erlendis, og leitast við að skýra þær á sem sanngjarnastan hátt.

1) K.J. Haynes ("official photographer of Yellowstone National Park") hélt því fram, að aðeins hverir með þröngan "háls" og við suðumark gæfu góða raun, er sápa er sett í. Þá væri og nóg að hræra í hvernum með sveru priki til þess að framkalla gos (þetta var staðfest af Allen og Day).

Fyrsta skilyrði að vatn væri við suðu (eða helzt yfirhitað) er hér fullnægt. Í öðru lagi er eðlilegt að þröngur háls eða íhrærun auki "convection" strauma það mikið, að nógu heitt vatn komist upp að því svæði, þar sem það nær að sjóða nógu ört til þess að gos verði af.

2) Hugmynd Allen og Day um, að yfirborðsspennulökkunin við að setja sápu í hverni valdi minnkun kraftanna, er haldi á móti útpenslu gufunnar, er aðeins orðuð öðruvísi en fræðileg skýring annarra sápusérfræðinga, er segja, að minni orka fari í það að mynda fyrstu bólukjarnana í sápuvatni en í hreinu vatni. Þar að auki er bólumyndunarhraðinn aukinn við lægri yfirborðsspennu.

3) A. og D. tóku eftir því, að stórar bólur, er rísa upp á yfirborðið, brotna í mjög smáar bólur, ef sápa er notuð.

Ef sápa væri eigi notuð, myndu bóllurnar hjaðna á yfirborðinu, en ef sápa er notuð, er eðlilegt að rétt við yfirborðið springi sápubólan og myndi þá margar smærri bólur, þar eð við það minnka þeir kraftar, sem hrint hafa sápusameindunum á slíkt yfirborð, sem bóluna myndar, þar eð yfirborðið vex þar með. Líklega munu slíkar smábólur myndast (úr stórrri bólu) eftir aðstaðum, þ.e. sumar stórar bólur gætu komist upp, en aðrar tvístrazt.

4) Niðurstaða A. og D. er sú, að yfirborðsspennumismunurinn valdi svo lítilli lækkun á krafti þeim, sem þrýstir á móti

gufumynduninni, að um röskun á viðkvæmu jafnvægi sé að ræða, það sem þeir kalla "trigger action".

Niðurstaðan er eigi ljós, en heldur sig við þá tregðu, sem sápan ætti að afmá og síðan leystist viss orka úr læðingi.

Hér er einu mikilvægu atriði eigi gefinn gaumur, þ.e. tími sá, sem það tekur orkuna eða varmann að leysast úr læðingi, er ákvarðandi um áhrif varmans, sem er sá að breyta vatni í gufu.

Ef fræðilegar skýringar eru raunhæfar, á slíkur varmi að breyta vatni í gufu á skemmri tíma í sápuvatni en hreinu.

En því eiga gos sér stað í hreinu vatni. Þetta á sér stað við önnur skilyrði en í sápuvatni og verður að ganga út frá því ljósu, hvort borið er saman jafnhá gos við misjafnar aðstæður eða mishá gos við sömu aðstæður. En um jafnhá gos við algjörlega sömu aðstæður er eigi að ræða, samkvæmt skilningi höfundar þessarar skýrslu.

Til þess að fá jafnkröftug gos án sápu og með sápu, þyrfti varminn að flytjast inn á suðusvæðið með meiri hraða í hreinu vatni en sápuðu.

5) Niðurstöður um að hiti lækkar meira við sápuagos en gos í hreinu vatni benda eindregið í þá átt, að meiri varmi nái að losna við sápuagos á svipuðum tíma, þ.e. (sbr. (4)) að varminn losni með meiri hraða í sápuðu vatni en hreinu.

6) J.C. Graham (1893) fær eigi séð annað, en að "seigja upplausnarinnar hljóti að halda gufu í hvernum og að sprengjuútrás hljóti að fylgja á eftir í yfirhítuðum hverum" (sbr. "bumping" í lútarupplausnum). "Bumping" er skýrt á öðrum stað í skýrslu þessari og verður því eigi rætt hér þótt freistandi sé.

Seigja í hinn eiginlegu merkingu ("viscosity") verður þó eigi kennt hér um.

7) Við suðu á eimuðu vatni í tækjum svipuðum þeim tækjum, er höf. notað við suðubólúathuganir (aðferð (B)) brotnuðu bóllurnar eigi, er þær komu í þröngu glerpípuna, en fylltu út í hana og lyftu vatninu í meðal skvettum, en við það féll

vatnið harkalega niður aftur (og braut jafnvel suðuflöskuna).

Hér kemur skýrt fram, að vatnið á milli gufubólanna er bólulaus massi og gagnólíkur hinum frauða massa, sem myndast við sáputilraunir og skýrt er frá í niðurstöðum höfundar.

8) A. og D. fengu smærri og fleiri bólur í sáputilraunum rétt fyrir gos en í tilraunum með eimað vatn, sem kemur heim við fræðilegar atganganir.

9) Skoðanir Allen og Day átyðja niðurstöður höfundar í því, að yfirborðsspennulækkunin sé aðalorsök áhrifa sápunnar. En þeir enda skýringar sínar í upphafi gossins (eins og oftast vill verða) og gefa ekki til kynna hvernig yfirborðsspennan verkar á því augnabliki, sem gos myndast. Þeir gefa því einum helzta sápusérfræðingi þeirra tíma, prófessor McBain orðið og ber nú að gæta meiri varkárni.

10) J.W. McBain (prófessor við Stanford háskóla) telur sápu hafa áhrif á vatnið á tvennan hátt:

I) Lækkun yfirborðsspennu (ef áhrifa sápunnar gætir fullkomlega) gæti orðið allt að því 60%.

II) Loft helzt mikið auðveldar uppleyst í vatninu (ef sápa er í því) og losnar eigi auðveldlega við suðu, en losnar þó úr gufubólum (sem það kemst inn í við bóðumyndunina), er þær þéttast.

Þetta innilokaða loft getur lækkað "effective" suðumark um allt að því 0.9° og gæti vel skýrt stöðugleika löðursins og gos.

"Hreinn vökvi (solvent) myndar fáar stórar bólur um leið og bólur eru myndaðar, þar sem það er aðeins varmayfirfærslan, sem getur tekið fyrir áframhaldandi vöxt bólunnar. Í sérhverri upplausn er vöxtur bólunnar stöðvaður vegna uppgufunar inn í bóluna og þar með skilja eftir sterkari upplausn eða í þessu tilfelli jafnvel filmu utan um bóluna ...

"Filman í þessu tilfelli gerir allt í senn:

a) lækkar yfirborðssp., þar með sér fyrir bóðumyndun.

4.

b) myndar kjarna af hydrolyseraðri eða óuppleysanlegri sápu, sem uppleystar loftteg. "adsorber"ast á og mynda kjarna, sem bólur myndast á á mörgum stöðum.

c) takmarkar vöxt bóla, sem þegar hefir takmarkast af fjölda "keppinauta", þ.e. annarra bóla.

d) bóllurnar innihalda mestmegnis af því gasi, sem var uppleyst í vatninu og lækkar þannig "effective" suðumark, sem svarar "eigin þrýsting" gassins (ekki þó fyrr en bóllurnar eru myndaðar) og síðan skila bóllurnar mestu magni gassins aftur, - í það minnsta við módeltilraunir, - til upplausnarinnar til endurtekningar hringrásarinnar."

Eigi er að efa, þótt þetta sé skrifað 1935, að McBain veit hvað hann er að fara hvað sápu við kemur. Ef gengið er út frá því sem vísu, að loft haldist í vatninu meir en ella ef sápa er í því, en safnist svo í bóllurnar, sem sápan hjálpar til að mynda, og enn fremur, að vegna loftsins lækki suðumarkið, liggur beint við að ætla, að stækkun bóllunnar verði örari, sem samsvarar lækkun suðumarksins um 0.9°C , en það kemur heim við niðurstöður nútíma fræðimanna, þar sem hlutfallið að bóluvextinum með og án lofts yrði

$$\frac{\text{Bóluvöxtur (með lofti)}}{\text{" (án lofts)}} = (1 + 0.9/\Delta T)^{1/2}$$

þar sem ΔT = yfirhitunin án lofts (Sjá líkingu 111-D-1 bls. 478 (14)). Þótt samband þetta sé eigi alveg rétt, gefur það þá bendingu, að því hærrí sem yfirhitun er, því minna hefir gas í vatninu að segja og þá öfugt.

Nú er hér byggt upp á þeirri forsendu að gas sé fyrir hendi og mun Þorkell Þorkelsson hafa farið út á þá braut.

Samkvæmt athugun á niðurstöðum Baldurs Línðals, efna-
verkfræðings, og útreikningi höfundar, mun gas í Geysi (það, sem kemur með gufu upp frá yfirborði hversins) vera um 10 ml/l vatns.

Verður ályktað, án þess að farið sé út í útreikninga á suðumarkslækkun fyrir svo lítið magn, að skýra beri gos í Geysi án þess að grípa til svo freistandi rökfærslu, sem gas í vatninu leiðir oss út í. Líta má þó þannig á, að það gas, sem fyrir hendi er, hjálpi til við bólu myndunina, en valdi t.d. eigi auknum bólu myndunarhraða heldur fremur fjölgun bólu myndandi punkta og þar með sé einn liður í heildarskýringunni.

HEILDARNIDURSTÖÐUR

Hér verður dregið saman í mjög stórum dráttum það, sem athuganir höf. hafa leitt í ljós, og síðan skýró gos í Geysi.

- I. Yfirhitun er nauðsynleg gosi í Geysi* og á hún sér stað í 12 m dýpi í pípunni sjálfri vegna uppstreymis á heitu vatni og jafnvel úr sprungu á því dýpi, þar sem yfirheitt vatn streymir inn.
- II. Sápuvatn sýður auðveldar, hraðar og ef til vill í fleiri punktum en hreint vatn. Skýringin á því er aðallega yfirborðsspennulækkunin, sem sápan veldur. Yfirhitun í sápuvatni ætti að vera lægri en í hreinu vatni.
- III. Allar hérlandis fáanlegar innlendar og erlendar heimildir (jafnvel fram til janúar 1958) um sápu og suðu í vatni, styðja niðurstöður þessar.

*Eigi er gert ráð fyrir, að gas hefji gosið, en hjálpi fremur til við það.

SKÝRING Á GOSI Í GEYSI

Haft verður í huga, að gos byrjar með skyndisúðu og suða eigi sér aðeins stað ef vatnið er yfirhitað (nema nægt gas sé í vatninu, en því er eigi gert ráð fyrir hér).

Í Geysi kólnar vatnið (um 3,5 l/sek) úr um 124,5°C í um 90°C, mest vegna yfirborðskælingu, þ.e. loftið tekur til sín um 90° heita vatnsgufu.

Geysis-pípan þrengist á um 7 m dýpi en snöggvíkkar sennilega um 10 m. Þetta orsakar mikið rót á vatninu, er veldur því, að heitara vatn kemst það ofarlega áður en það nær að kólna, að það nær suðumarki á um 12 m dýpi og jafnvel yfirhitnar. Einnig er möguleiki á því, að yfirheitt vatn komist inn um sprungu á um 12 m dýpi.

Undir venjulegum kringumstæðum næst eigi það há yfirhitun, að hið tiltölulega hreina vatn í Geysi nái að sjóða nógu ört til þess að hefja gos. Því leitar

sá varmi, sem inn á yfirhitaða svæðið streymir á eðlilegan hátt burtu með rólegri, hægri suðu í einstaka punkti.

Ef varmatapið af yfirhitaða svæðinu (sem væri eigi alltaf yfirhitað, ef hin óróa hræring í vatninu lyfti aðeins af og til nógu heitumvatnsmassa upp á svæðið, en alltaf ef yfirhitað vatn kemur inn á svæðið úr sprungu í vegg pípunnar) er skyndilega minnkað, þ.e. með því að minnka yfirborðskælingu, t.d. með því að hylja hverinn eða setja á hann einhverskonar olíu, og einnig ef lofthiti hakkaði, gæti nógu heitt vatn komiðt upp í það svæði, þar sem það sýður. Ef yfirborðið væri lækkað eða loft-hæð lækkaði, myndi suðumarkið færast neðar í hverinn.

Þannig fást gos án sápu.

Áhrif sápunnar eru á allt annan veg.

Er sápan blandast við hveravatnið og kemst að lokum á það svæði, sem yfirhitað er, hefir sápan möguleika á því, ef í nægu magni (venjulega um 1 g/l), að auðvelda myndun hinna fyrstu bólukjarna þar eð minni vinna fer í það vegna minnkunar á yfirborðsspennurnar. Einnig eykst bólu myndunarhraðinn af sömu ástæðu og auk þess notast það gas, sem fyrir hendi er til þess að fjölga bólu myndandi punktum utan á bólukjörnunum, sem sápan sjálf hefir hrundið af stað. Þar við bætast ýmis aukaáhrif, sem líklega munu hjálpa til við að gera suðuna auðveldari og örari, t.d. ætti kolsíumútfelling sápunnar og hinir kvoðukenndu agnir sápunnar sjálfrar að hvetja suðumyndun.

Er mjög örri suðu hefir verið hrundið af stað hefir gosið hafist og skýrast svo áframhaldandi gos af því, að þrýstingi er létt af heitu vatninu neðar í pípunni og við það sýður það.

Bólur þær, sem myndast (ef farið er eftir gosum í tilraunatakjum) eru sumar stórar en á milli þeirra er vatnið alsett aragrúa af örsmáum bólum, sem sinn þátt eiga í hinni skyndilegu útrás stóru bólanna.

FRAMTÍÐARSPURSMÁL

1. Gera þarf tilraunir með ýmsar sáputegundir í mismunandi magni (sjá uppástungur hér að framan) og þm leið athuga áhrif kalsíumútfellingar (og jafnvel kísilútfellingar).
2. Mæla þarf hitabreytingar á 12 m dýpi á svipaðan hátt og lýst er hér að framan.
3. Mæla nákvæmlega dýpt og þvermál Geysis.
4. Rannsaka ætti upptök dynkjanna, ef fyrri skýringar dæmast rangar.
5. Athuga möguleika á dælingu á sápuupplausn í Geysi.
6. Koma upp tæki, sem mælt gæti hæð gosanna.
7. Ganga úr skugga um, að almenn skoðun manna, að Geysir sé hættur að gjósa, verði afsönnuð með áframhaldandi tilraunum í Geysi sjálfum.

Ef gerðar yrðu frekari sápu- og suðuathuganir á tilraunastofu, ætti að gera það undir þeim skilyrðum, sem ríkja á um 12 m dýpi í Geysi.

VIÐURKENNINGARORÐ

Hér með vottar höfundur þakklæti sitt eftirfarandi aðilum:

Trausta Einarssyni, prófessor, og Gunnari Böðvarssyni, yfirverkfræðingi, fyrir það traust, er þeir sýndu, er þeir fólu þetta sérstæða athugunarefni mér í hendur, og T.E. fyrir að kynna mér viðfangsefnið og fyrir fjölmargar mikilvægar upplýsingar.

Raforkumálastjóra fyrir að veita skilyrði til athugana þessarra og skrifa og starfsfólki raforkumálaskrifstofunnar fyrir vélritun, teikningar og ljósprentun alla.

Þorbirni Sigurgeirssyni, prófessor, fyrir lán á "recorder" og fyrir ýmsar haldgóðar upplýsingar.

Magnúsi Magnússyni, eðlisfræðingi, fyrir mjög svo hjálplegar upplýsingar um heimildir o. fl.

Ísleifi Jónssyni fyrir þrýðilega aðstoð við Geysi.

Hallgrími Björnssyni, efnaverkfræðingi, fyrir ýmsar sápu- tegundir og upplýsingar um sápu.

Baldri Líndal, efnaverkfræðingi, fyrir ýmsar upplýsingar varðandi gas í hverum.

Jóhanni Jakobssyni, efnaverkfræðingi, fyrir lán á tilraunatakjum og heimildarritum.

Sigurjóni Rist, vatnamælingamanni, fyrir upplýsingar varðandi vatnsrennsli í Geysi.

Gunnari Björnssyni, efnaverkfræðingi, fyrir ýmsar upplýsingar um gerfipvottaefni o. fl.

Guðmundi Pálmasyni, eðlisfræðingi, fyrir ýmsar upplýsingar varðandi mælitækin.

Eggerti Benonýssyni, útvarpsvirgja, og aðstoðarmanns, fyrir byggingu mælitækja.

Sty. V. Hallgrímsson

Heimildir

1. Hot springs of the Yellowstone National Park,
E.T. Allen & Arthur L. Day. 1935.
2. Über die neuen Eruptionen des Geysir in Haukadalur, 1937,
(V.f.). Greinar I.2., T.E.
3. Bemerkungen über die erneuerte aktivität des grossen
Geysir in Haukadalur, S.L. Tuxen. Vísindafél. Íslendinga
(XXIII), 1938.
4. Antwort auf S.L. Tuxens Kritik, T.E. 1940.
5. Geothermal Activity in Iceland & Geyser Action, Þorkell
Þorkelsson, 1940.
6. Studien über heisse Quellen und Tektonik in Island,
Richard A. Sonder, 1941.
7. Gos Geysis í Haukadal, Trausti Einarsson. Náttúrufr. 1949.
8. Hitamælingar í Geysi, Þorbjörn Sigurgeirsson. Náttúrufr. '49.
9. Volcanic Geology, Hot Springs & Geysers of Iceland,
Tom. F.W. Barth, 1950.
10. Athuganir á áhrifum sápu í sambandi við gos í hverum,
1955-56 (Magnús Magnússon).
11. Mælingar á rennsli úr Geysi, Sigurjón Rist, 1956.
12. The Fundamental of Detergency, W.W. Niven Jr. U.S.A.
13. Advances in Chem. Eng. vol. 1 og 2, T.B. Drew & J.W.
Hoopers Jr.
14. "Studies in Boiling Heat Transfer", Final Report, Marz 1951,
U.S. Atomic Energy Commission. COO-24.

Heimildir, sem athuga ætti:

Freundlich: "Colloid and Cappilary Chemistry", bls. 533.

McBain o. fl. "Z. physikal chem." vol. 76, bls. 182 og 183.

Steinbach: "Surface & Interfacial tension", 21, 582.

Frenkel: "Kinetic Theory of Liquids".

Poynting o. fl.: Properties of matter.