

Særtrykk av Norsk Geografisk Tidsskrift, Bind X, Hefte 1, 1944

ANDERS K. ORVIN
LITT OM KILDER
PÅ SVALBARD

A. W. BRØGGERS BOKTRYKKERI A/S - OSLO

NORGES SVALBARD- OG ISHAVS-UNDERSØKELSER

Observatoriegaten 1, Oslo

MEDDELELSER:

- Nr. 1. PETERSEN, K., *Isforholdene i Nordishavet i 1881 og 1882*. Optrykk av avis-artikler. Med en innledn. av A. Hoel. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 1, h. 4. 1926. Kr. 1,00. [Utsolgt.]
- „ 2. HOEL, A., *Om ordningen av de territoriale krav på Svalbard*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 2, h. 1. 1928. Kr. 1,60. [Utsolgt.]
- „ 3. HOEL, A., *Suverenitetsspørsmålene i polartraktene*. — Særtr. av Nordmands-Forbundet, årg. 21, h. 4 & 5. 1928. Kr. 1,00. [Utsolgt.]
- „ 4. BROCH, O. J., E. FJELD og A. HØYGAARD, *På ski over den sydlige del av Spitsbergen*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 2, h. 3—4. 1928. Kr. 1,00.
- „ 5. TANDBERG, ROLF S., *Med hundespenn på eftersøking efter „Italia“-folkene*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr. b. 2, h. 3—4. 1928. Kr. 2,20.
- „ 6. KJÆR, R., *Farvannsbeskrivelse over kysten av Bjørnøya*. 1929. Kr. 1,60.
- „ 7. NORGES SVALBARD- OG ISHAVS-UNDERSØKELSER, *Jan Mayen. En oversikt over øens natur, historie og bygning*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 2, h. 7. 1929. Kr. 1,60. [Utsolgt.]
- „ 8. I. LID, JOHANNES, *Mariskardet på Svalbard*. II. ISACHSEN, FRIDTJOV, *Tidligere utforskning av området mellem Isfjorden og Wijdebay på Svalbard*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 2, h. 7. 1929. Kr. 1,60.
- „ 9. LYNGE, B., *Moskusoksen i Øst-Grønland*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 3, h. 1. 1930. Kr. 1,60. [Utsolgt.]
- „ 10. NORGES SVALBARD- OG ISHAVS-UNDERSØKELSER, *Dagbok ført av Adolf Brandal under en overvintring på Øst-Grønland 1908—1909*. 1930. Kr. 3,40. [Utsolgt.]
- „ 11. ORVIN, A. K., *Ekspedisjonen til Øst-Grønland med „Veslekari“ sommeren 1929*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 3, h. 2—3. 1930. Kr. 2,80.
- „ 12. ISACHSEN, G., *I. Norske Undersøkelser ved Sydpollaret 1929—31. II. „Norvegia“-ekspedisjonen 1930—31*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 3, h. 5—8. 1931. Kr. 1,60.
- „ 13. *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjoner sommeren 1930*. I. ORVIN, A. K., *Ekspedisjonen til Jan Mayen og Øst-Grønland*. II. KJÆR, R., *Ekspedisjonen til Svalbard-farvannene*. III. FREBOLD, H., *Ekspedisjonen til Spitsbergen*. IV. HORN, G., *Ekspedisjonen til Frans Josefs Land*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 3, h. 5—8. 1931. Kr. 2,20.
- „ 14. I. HØEG, O. A., *The Fossil Wood from the Tertiary at Myggbukta, East Greenland*. II. ORVIN, A. K., *A Fossil River Bed in East Greenland*. — Særtr. av Norsk Geol. Tidsskr., b. 12. 1931. Kr. 3,60.
- „ 15. VOGT, T., *Landets senkning i nutiden på Spitsbergen og Øst-Grønland*. — Særtr. av Norsk Geol. Tidsskr., b. 12. 1931. Kr. 1,00.
- „ 16. HØEG, O. A., *Blütenbiologische Beobachtungen aus Spitzbergen*. 1932. Kr. 1,60.
- „ 17. HØEG, O. A., *Notes on Some Arctic Fossil Wood, With a Redescription of Cupressinoxylon Polyommatum, Cramer*. 1932. Kr. 1,60.
- „ 18. ISACHSEN, G. OG F. ISACHSEN, *Norske fangstmenns og fiskeres ferder til Grønland 1922—1931*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 4, h. 1—3. 1932. Kr. 2,80.
- „ 19. ISACHSEN, G. OG F. ISACHSEN, *Hvor langt mot nord kom de norrøne grønlendinger på sine fangstferder i ubygdene*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 4, h. 1—3. 1932. Kr. 1,00.

LITT OM KILDER PÅ SVALBARD

AV

ANDERS K. ORVIN

Grunnen på Svalbard er frosset til et dyp av 100—300 m, minst i lavlandet og inne ved fjellfoten og mest i fjellpartiene. Der foreligger en del målinger av telesonen som viser de omtrentlige tall; men materialet er ennå meget ufullstendig. Ved dypboring på Bjørnøya i 1924 og 1925 blev der funnet tele til omkring 75 meters dyp (Horn og Orvin 1928). Josefine Gruve ved Ny-Ålesund kom under telesonen ved foten av Zeppelinfjellet 130—140 m under overflaten; men i Sofie Gruve, som ligger lengere fra fjellet, var der ennå frosset fjell på 150 meters dyp. Lutkevich (1937) opplyser at russerne ved boring på sletten nær Colesbukta kom gjennom telen allerede på 100 meters dyp, og i Sveagruva opplyser Werenskiold (1922) at fjelltemperaturen først blev 0° 320 m under overflaten og 430 m inn fra stollmunningen.

Under store vann, store breer og fjorder er fjellet ikke frosset. Dette blev først påvist av Werenskiold (1922) ad matematisk vei. Werenskiold gikk ut fra en middeltemperatur på $\div 8^{\circ}$ C, og kom da til at grunnen vilde være frosset omkring 200 m innunder breen fra dennes ytterkanter, så under breer på mere enn 400 meters bredde skulde det midtre parti være ufrosset. Han opplyser at svenskene ved anlegget av kaien ved Sveagruva fant is i fjordbunnen til omkring 100 m fra land.

At grunnen må være ufrosset under større breer blev senere påvist av H. U. Sverdrup (1935) ved målinger av bretemperaturer på Fjortende Julibreen.

Werenskiold har, såvidt senere målinger viser, regnet med noe for lav årstemperatur. Ved Grønfjorden er funnet $\div 7.5^{\circ}$ som gjennomsnitt for 19 år og senere ved Longyearbyen $\div 6.7^{\circ}$ for 8 år. En stor del av den tid det blev målt ved Grønfjorden var en særlig kald periode, så det er sannsynlig at den virkelige gjennomsnittlige årstemperatur for vestlige del av Spitsbergen ligger omkring $\div 7^{\circ}$.

Såvidt jeg vet er det ikke direkte målt lavere temperatur i fjellet enn $\div 5^{\circ}$. Denne koldeste sone synes å ligge 15—20 m under overflaten i sommertiden. Dette resultat kom vi til under boringen ved Ny-Ålesund, og det stemmer også noenlunde med de temperaturer som er direkte målt i fjellet nær gruveåpningene. At fjelltemperaturen ligger såpass over det årlige gjennomsnitt skyldes sannsynligvis at snedekket om vinteren beskytter jorden mot innvirkningen av den laveste temperaturperiode.

Da grunnen under de større breer er utfrosset er det ikke noe påfallende i at breelvene delvis renner til langt ut på høsten, lenge etter at alt dagvannet ellers er frosset bort. Men rarere er det at det på Svalbard er kjent kilder og underjordiske vannløp, som kommer opp i de isfrie områder, og som derfor må passere telesonen.

Om sommeren tiner telen fra overflaten ned til 0.5—1.0 m, unntagelsesvis mere eller mindre. Når frosten kommer om høsten fryser der ny tele fra overflaten, og en tid utover vinteren er det et ufrosset skikt mellom de to telelag (Orvin 1941). Langs dette skikt siver der vann ned fra høyereliggende nivåer, og dette vann kan vel komme ut som midlertidige kilder i lavlandet, hvor der måtte oppstå lekkasje gjennom det øvre telelag; men sådanne kilder kan selvsagt bare føre kaldt vann, og vannsirkulasjonen må opphøre når de to teleskikt fryser sammen. Det er vel også sannsynlig at sådanne kilder vilde skifte utløp fra år til annet, da der nettopp ved utløpet vil dannes tykke kaker av is og stein. På Svalbard er der imidlertid flere eksempler på at kilder, bekker, ja selv elver, passerer gjennom undergrunnen og kommer opp med så varmt vann at de nødvendigvis må ha passert grunnen langt under telesonen. Jeg ser her bort fra de kjente, varme kilder ved Bockfjorden, som holder opp til 28.3° C, og som antas å skyldes vulkanske ettervirkninger. Disse kilder har avsatt vakre bassenger av kalksinter. De er beskrevet nøyaktig av Hoel og Høltedahl (1911 og 1913) og vil derfor ikke bli nærmere omtalt her.

Temperaturen i andre kilder på Svalbard varierer mellom 0.5° og 15° C. De største går gjennom kalksteinsgrotter, andre følger muligens forkastninger fra større dyp, men flere steder kan man ikke direkte påvise noen ytre grunn til deres beliggenhet.

Det er særlig de store oppkommer som holder flere varmegrader, så det må antagelig skyldes den større vannmengde at temperaturen kan holde sig såpas høy under løpet gjennom telesonen. De små kilder er som oftest meget kolde, så det er derfor vanskelig å avgjøre

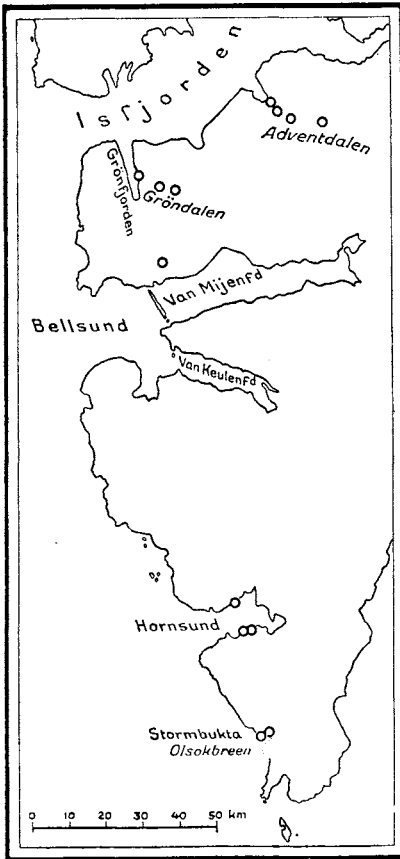


Fig. 1. Beliggenheten av kjente kilder og underjordiske vannløp i sydlige del av Spitsbergen

av temperaturen om de kommer fra større dyp. At små vannmengder avkjøles meget fort har jeg sett ved boringer på Svalbard, idet selv meget varmt, inngående spylvann kommer koldt ut igjen.

Såvidt jeg erindrer kommer alle de kjente oppkommer ut i lavlandet, særlig i nedre del av de slakke skråninger under dalsidene og i bunnen av de store dalfører. Dette er forsåvidt rimelig, da telelaget her er minst og trykket størst.

Når vannet når overflaten i den kolde årstid dannes der ofte store iskaker, som røber kildenes beliggenhet; men svært ofte fryser vannet mellom teleskiktene og sprenger opp svære grushauger, som er synlig lang vei. Disse hauger inneholder da nesten alltid stokker og kaker av is.

I enkelte områder er vannet saltholdig og avsetter kruster av forskjellige salter. Enkelte steder kommer der samtidig ut gass, som delvis lukter som svovelvannstoff, men ved analyse fra en kilde har den vist sig å bestå nesten bare

av rent kvelstoff; eller gassen er brennbar og består hovedsakelig av metan. Årsaken til gassdannelsen er øyensynlig helt forskjellig i disse tilfellene. Noen av de største oppkommer fører ikke gass; men kommer ut akkurat som norske kilder, så det er mere slump om man finner dem. Enkelte danner bare små bassenger med bunn av leirsuppe med jordbunnsis. Noen kildehauger har en viss likhet med slamvulkaner. Slamvulkaner, som står i forbindelse med oljeforekomster fører oftest koldt vann samt CH_4 og CO_2 og har iblandt hele slamutbrudd. De fører ofte salt vann. Der er forsåvidt likhetspunkter mellom disse og enkelte oppkommer på Svalbard.

De kjente kilder på Svalbard er ennå altfor lite undersøkt til at man kan si noe sikkert om opprinnelsen, og det er sikkert ennå mange ukjente kilder. Det har imidlertid vært skrevet svært lite om dem, så det kan kanskje ha sin interesse å gjennomgå dem i korthet.

Jeg skal først nevne litt om de elver og bekker som passerer kalkstein, og som synes å være av samme natur som de underjordiske vannløp i Nordland.

Vest for Djupvatnet på Bjørnøya går Jordbruelva under jorden i kalksteinsfjell fra mellomkarbon en strekning av omkring tre km. Tidligere gikk hele elva gjennom Djupvatnet, men har etterhvert dannet dette underjordiske løp, som med tiden antagelig helt vil komme til å avløse det gamle hovedløp (Horn og Orvin 1928, s. 5). Elva går i telesonens øvre del.

Werenskiold (1920) nevner en elv som kommer ut av kalksteinsfjell fra heklahuk (metamorfosert kambro-silur etc.) ved kysten på nordsiden av Stormbukta mellom Hornsund og Sørkapp. Elva hadde en vannføring av 10 m³ i sekundet. Vannet hadde en temperatur av 4° C og var gråblakt, så Werenskiold mener det må komme fra en bre. Nærmeste bre er Olsokbreen; men da dennes breerene ligger adskillig dypere enn elveutløpet kan vannet neppé komme herfra. Etter kartet å dømme er det mest sannsynlig at vannet går ned under bregryten bak Hilmarfjellet. Dette sted ligger fem kilometer borte, og vannet må da passere under selve Hilmarfjellet. Dette er sannsynlig fordi brevann i almindelighet bare såvidt holder 0° like i nærheten av breene. Da dette vann holder 4° må det ha passert under telegrensen en temmelig lang strekning.

Over indre del av Hornsund går det et mektig, sterkt foldet kalksteinsdrag med bratte styrtinger ut mot fjorden og strøkretning omtrent nord-syd. Det er forøvrig samme kalkstein, som fins på nordsiden av Stormbukta. Under Tsjebysjovfjellet på sydsiden av fjorden så jeg i 1936 to store bekker, hvorav en med dobbelt utløp, komme ut av det storsteinete ras under fjellet. Det er overveiende sannsynlig at disse bekker kommer ut av forskjellige grener i samme grotte-system. Under Sofiakammen på nordsiden av fjorden kommer en noe mindre bekk ut på samme måte. Oppe i fjellenes nakne styrtinger sees ingen bekk eller annet vann gå ned i jorden. Dessverre hadde jeg ikke termometer med ved besøket, men vanntemperaturen var anslagsvis 10—12°. Det er derfor ikke tvil om at alle disse bekker må passere lange grotter under telesonen. Det mest sannsynlige er



Fig. 2. Underjordisk elv som kommer ut av kalksteinsgrotte omkring en kilometer nord for Olsokbreen, Sørkaplandet. Adolf Hoel fot. 8/8 1920.

at vannet går ned langt inne i breområdene i strøkretning. Dette vann var imidlertid klart ved mitt besøk, så det kan ikke uten videre sies å være brevann; men den store vannmengde og breenes beliggenhet i forhold til oppkommene gjør det overveiende sannsynlig at vannet går ned under breene.

Når er disse underjordiske løp dannet? Det synes høyst usannsynlig at vannet skulde ha trengt sig frem disse store distanser i frosset fjell. Sannsynligheten taler for at de er dannet i en tid da det ikke var tele i fjellet. Gunnar Horn (1935), som har foretatt en rekke undersøkelser i grottene i Ranadistriktet, mener at grottene kan være dannet i en tid da hele området lå under is, og at de nuværende grotteinnganger er tilfeldige erosjonssnitt av de opprinnelige grotter, hvis innganger har ligget høyere. Dette er en sannsynlig forklaring, både fordi grunnen under isdekket ikke var frosset, og fordi vann som trengte ned gjennom bredekket hadde god anledning til å bli



Fig. 3. Kilde under Tsjebysjovfjellet på sydsiden av Hornsund.
A. K. Orvin fot. 24/8 1936.

stående under stort trykk og derfor lettere kunde trenge sig frem gjennom små sprekker i det lett oppløselige kalksteinsfjell, så grottenes anlegg kunne begynne.

Det er overveiende sannsynlig at disse kalksteinsgrotter på Spitsbergen også er dannet under siste store nedisning, da landet var helt isdekket. Vannet antas å følge store grottesystemer, som ennå er utilgjengelige, fordi inngangene ligger under is, og fordi grottene antagelig ennå delvis står fulle av vann, iallfall under sommertiden. Utmeislingen og oppløsningen fortsetter hvert år. Når grottene munner ut på land nær sjøen, er det antagelig fordi de allerede er dannet under en høyere havstand, da grunnen her ikke var isdekket, men lå under sjøen. I Norge er breene borte og grottene ferdigdannet, når bortsees fra den bekkeerosjon som foregår i dem nu.

Det er ikke så mange oppkommer av denne type som er kjent på Svalbard, og enkelte kan være tvilsomme. På sydsiden av tertiærfeltet ved Kongsfjorden ligger Zeppelinfjellet, som hovedsakelig er oppbygget av kalkbergarter. Ved foten av fjellet ligger Tvillingvatnet, hvorfra der renner vann lenge utover høsten uten at der sees tilløp i dagen. Vannet er rent og godt og blev benyttet til drikkevann ved anlegget.

Ved boring like ved Tvillingvatnet i 1928 skar vi en vannåre omkring 18 m under overflaten. Vannet blev slynget opp med brun sand og stod under så stort trykk at det rant ut av borhullet over tjernets nivå. Foran Lovénbreane skal finnes et oppkomme, men dette er muligens bare vann som renner under breen utover høsten. Under arbeidet i Esther Gruve i 1929 kom det et stort og plutselig vanninnbrud som satte gruva under vann. Høyt oppe på nordsiden av skaret syd for toppen av Zeppelinfjellet ligger et bredemt tjern uten synlig avløp. Det ligger meget nær å tro at det er vann herfra som følger grotte-systemer gjennom kalksteinen i Zeppelinfjellet, som forøvrig også er gjennomvannet av en stor forkastning, og at det er dette vann som trenger sig opp gjennom det frossne fjell og grusdekke på nordsiden av fjellet (Orvin 1934).

Vannet fra Esther Gruve blev analysert av Erling Botolfsen. Prøven inneholdt lite sedimenter. Det avpipetterte vann var uten lukt og smak, i tykkere lag noe opaliserende. Analysen ga følgende resultat:

Inndampningsrest	0.2306 g	pr. liter
Gløderest	0.2066	—
Glødetap	0.0240	—
Kaliumpermanganatforbruk	4.6	mgr.

Kationer		Anioner			
Fe + Al	0.0040 g	pr. liter	SiO ₃	0.0066 g	pr. liter
Ca	0.0096	—	Cl	0.0248	—
Mg	0.0474	—	SO ₄	0.0650	—
Na	0.0161	—	CO ₃	0.0660	—
K	spor	—	CO ₂	0.0132	—

Salpetersyre, salpetersyring, svovelvannstoff kunde ikke påvises. Ammoniak var til stede i små mengder.

Etter de funne mengder kan vannet tenkes å inneholde:

NaCl	0.041 g	pr. liter
MgSO ₄	0.082	—
MgCO ₃	0.067	—
CaCO ₃	0.024	—
FeCO ₃	0.008	—
SiO ₂	0.005	—
Sum	0.227 g	pr. liter

Til sammenligning kan nevnes at almindelig brønnvann, som benyttes til drikkevann, gir en inndampningsrest på 0.04—0.3 g pr. liter, mest kalsium, magnesium, alkalier, kullsyre, svovelsyre og noe kiselsyre og jern.

Denne analyse viser således at det ikke er vann som er kommet fra dypet, eller har vært lenge i undergrunnen, da ellers saltinnholdet hadde vært betydelig større. Man kan derfor betrakte det som en bekreftelse på at det er dagvann som er gått ned bak Zeppelifjellet og bare har sirkulert kortere tid i fjellet. Det er ganske sikkert samme vann som kommer opp i dagen på begge sider av nevnte grave. Det plutselige vanninnbrudd viser at der har vært forholdsvis store kanaler og spalter som vannet har fulgt.

Jeg skal så nevne noen kilder som fører mindre vann, og som har forskjellig temperatur. Disse kilder fører delvis gass, noen lukter av svovelvannstoff, noen holder kvelstoff, andre metan.

Werenskiold (1920) nevner noen kilder like nord for Olsokbreens front på Sørkaplandet. I den største, som ga omkring 9000 l vann i minuttet, var temperaturen 10° C, og vannet boblet som selters av fremtredende gass, som luktet som svovelvannstoff. Noen sinterdannelse fantes ikke. I et par mindre kilder noe lengre vest var temperaturen 15° . Kildene kommer opp i kalkstein omkring en kilometer øst for den ovenfor beskrevne underjordiske elv, men har etter temperaturen og gassen å dømme intet annet tilfelles med denne enn at de går gjennom samme kalksteinsforekomst. Temperaturen viser tydelig at vannet kommer fra betydelig dyp, iallfall over 500 m; men da der ikke foreligger analyser av vann og gass kan man ikke si noe sikkert ellers. Det er imidlertid tvilsomt om denne kilde virkelig fører svovelvannstoff, fordi en annen kilde, som vi straks skal omtale også stinket av svovelvannstoff, men analysen av gassen viste ikke spor av denne gassart.

Mellem Isfjorden og Bellsund er der kjent flere kilder, hvorav en med kvelstoffgass og flere med litt metan. Alle disse kilder ligger i de store dalfører.

Omkring 10 km oppe i Grøndalen øst for Grønfjorden ligger en kilde, som fører både vann og gass, og som har lagt opp et par store grushauger. Ved mitt første besøk der den 10. aug. 1921 laget jeg de skisser, som sees i fig. 4. Der hvor vannet kom ut av bakken var der en liten dam i form av en trekant med 15 m sider. Bekken som rant ut av denne førte anslagsvis 3 l vann pr. sekund. Midt i dammen

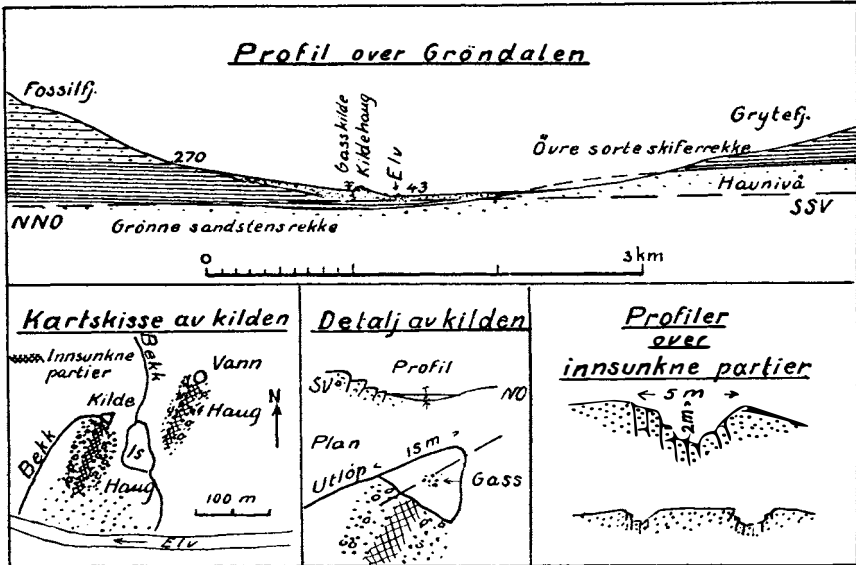


Fig. 4. Profiler og skisser av øverste kilde i Grøndalen omkring 10 km øst for Grønfjorden.

steg der uavlatelig opp gassbobler, som utbredte en sterk H_2S -lignende lukt, så jeg gikk dengang ut fra at denne gassart var tilstede. Som vi skal se viste senere analyser ikke spor av svovelvannstoff. Vann-temperaturen var 0.5° . Nedenfor kilden, men motsatt av der avløpet var ved mitt besøk, lå et isflak på 30×50 m og 1,5 m tykt. Denne is var sikkert lagt opp av vann fra kilden om høsten og utover vinteren, mens det annet avløp var stengt av is. Omkring 50 m rundt dammen og nedover langs bekken var nemlig all mose brunsvidd, så det var tydelig at her hadde ligget en iskake bare for kort tid siden. Dybden av dammen ble ikke målt, men det måtte ha ligget is også i bunnen av dammen, fordi grunnen på sydsiden av denne viste tydelig tegn på innsynkning etter bortsmeltet is, som profilet i midtre skisse på fig. 4 viser. Vannet var blakt av leirslam, skummet noe mere enn vanlig i bekker, og hadde avsatt et gulgrått seigt belegg på steinene.

I hellingen fra dammen og nedover mot elven lå en ca. 100 m lang haug av stein og grus, og langs ryggen av denne var der et innsunken parti på omkring fem meters bredde og to meters dybde. Dannelsen av dette kan bare forklares ved at der har ligget en stor isstokk gjennom haugen, og at denne var smeltet vekk.

Omkring 100 m øst for nuværende gasskilde lå der et rundt, lite tjern med 21 meters diameter på oppsiden av en lignende kildehaug; men denne kilde var ikke i virksomhet, så vanntemperaturen her var hele 9.25° . I en bekk som renner mellom haugene var temperaturen 5.5° . Det er vel sannsynlig at det er den samme kilde som har skiftet utløp.

Den 14. august 1926 besøkte jeg kilden sammen med dr. Gunnar Horn, og vi tok prøver av gass og vann. Kilden så ut som ved første besøk, og det luktet fremdeles sterkt svovelvannstoff av gassen. Prøvene av gass og vann blev analysert av dr. Botolfsen, som fant at gassen inneholdt nesten rent kvelstoff og noe argon og helium, tilsammen omkring 1 %.

Vannet ga følgende analyseresultat:

Kationer:		Anioner:	
Fe + Al	0.0015 g pr. liter	Cl	0.1135 g. pr. liter
Ca	0.0049 —	SO ₄	0.0033 —
Mg	0.0061 —	CO ₃	0.3723 —
Na	0.3332 —	SiO ₃	0.0279 —
K	0.0165 —		

Sum kationer og anioner: 0.8792 g pr. liter.

NH₃, H₂S, HNO₃ og HNO₂ blev ikke funnet.

Vannets saltinnhold, hovedsakelig natriumkarbonat, viser at det må ha sirkulert nokså lenge i undergrunnen. Gassen ligner ellers kvelstoffrik gass, som ved flere mineralkilder antas å stamme fra dypet. Det kan vel imidlertid også tenkes at det kan være kvelstoff, argon og helium fra luft, som er blitt suget ned med vann fra dagen på ett eller annet sted under breene, og som under sirkulasjonen gjennom fjellet har mistet sitt surstoff ved kjemiske prosesser. Forholdet mellom gassartene tyder herpå. Hvilken forbindelse det er som lukter av svovelvannstoff er fremdeles ukjent.

Lengere nede i Grøndalen, omtrent en halv mil fra sjøen ligger en annen kildehaug; men kilden var ikke i virksomhet ved vårt besøk.

Ved den trådløse stasjon på Finneset i Grønfjorden ligger en gasskilde på gruskjeglen, 7 m o. h. (fig. 5.) Den blev opdaget i 1918 ved at der blev gravd veiter for vann, og dette samlet sig tilfeldig der hvor gassen kommer opp. Da dr. Horn og jeg besøkte kilden i 1926 kom der 8—10 l. vann pr. minutt av den grop, som er gravd ved kilden. Dette vann holdt 5.5° C; men dette var antagelig bare dagvann, som sivet til fra gruskjeglen. Gassen kommer opp på forskjellige

steder på et areal av omkring to kvadratmeter, er brennbar og har en svak lukt av svovelvannstoff. Der skal også være iaktatt gassutstrømning i bekken nord for stasjonen, men vi kunde ikke konstatere noe her. Ved å stenge av vannet med en fjøl, så utløpet gikk under denne, blev der merkbart mere skum på overflaten. Ellers skummet ikke vannet mer enn vanlig overflatevann. Fjellet under tilhører nivået omkring 50 m over Festningssandstenen i kritt, over hvilken der ligger et litet kullag. Lagene danner her en liten antiklinal, som er synlig ved stranden på sydsiden av Grøndalselvas utløp i Grønfjorden. Sammen med dr. Horn tok jeg en prøve av gassen her i 1926. Den blev analysert av dr. Botolfsen og ga følgende resultat:

Metan (CH ₄).....	97.0 %
Kulldioxyd (CO ₂).....	0.8 »
Kulloxyd (CO).....	0.6 »
Kvelstoff (N ₂).....	1.3 »
Surstoff (O ₂).....	0.3 »

Det var spor av svovelvannstoff, men vannstoff og helium kunde ikke påvises.

Det er en mulighet for at gassen kan komme fra organiske innleiringer i overflaten, men det er mest sannsynlig at den stammer fra kullaget, da gassens karakter tyder på vanlig gruvegass. Det samme resultat kom A. Beeby Thomson til (Thompson, A. Beeby, Oil-Field Exploration and Development. Vol. I. S. 421. London 1925).

I Berzeliusdalen på nordsiden av Bellsund kommer en kilde opp midt i dalen omkring en halv mil fra sjøen og ca. 12 m o. h. Kildehaugen består av en ytre krans med omkring 100 m diameter, som opprinnelig må ha begrenset et tjern, eller muligens is, samt en indre kjegle av stein og leire på opptil 15 m høyde. Da jeg besøkte stedet i 1926 sammen med dr. Horn kom det bare opp lite vann, hvorav enkelte gassblærer steg opp. Ved å tre på det stive dynd, som var tørket rundt oppkommet fikk vi så meget gass at den tendte for fyrstikker. Den luktet ikke, så den bestod sannsynligvis hovedsakelig av metan. På vannet lå et tynt belegg med sterke interferensfarver, men det skilte sig opp i små flak og hadde intet med olje å gjøre. Under den stive leire var grunnen en gyngende leirsuppe, og det er høyst sannsynlig at der også var jordbunnsis. Det er ikke tvil om at det er is som har sprengt opp haugen i den store høyde.



Fig. 5. Gasskilden ved den gamle telegrafstasjon på Finneset ved Grønfjorden. Gassblærer kommer opp i den innerste del av vannpytten, som har dannet sig i den kunstig utgravde grop. A. K. Orvin fot. 6/8 1926.

Vi tok en vannprøve som blev analysert av dr. Botolfsen, som oppgir følgende analyseresultat:

Kationer		Anioner	
Ca	0.0137 g pr. liter	Cl	0.2482 g pr. liter
Mg	0.0192 —	SO ₄	0.4112 —
Na	0.4177 —	CO ₃	0.1800 —
K	0.0456 —	SiO ₃	0.3013 —

Sum kationer + anioner: 1.6369 g pr. liter.

Der var spor av NH₃, ingen H₂S, HNO₃ eller HNO₂.

Vannet må ha vært lenge i undergrunnen. Gassen kan være fra kullaget i kritt, da den stratigrafiske horisont under haugen er den samme som ved telegrafstasjonen i Grønfjorden.

På nordsiden av elva i Adventdalen ligger fire kjente kilder. Jeg besøkte dem siste gang sammen med dr. Horn den 18. august 1926. Bare ved den nederste kilde lukter det H₂S, men ved alle er der avsatt kruster av salt. Fjellet under består av en stor mektighet av marine skifre, som har fall ned mot dalbunnen fra nord. De tre

øverste kilder har dannet kildehauger bestående av stein, grus, leire og is. Ved Hiorthhamn er der ingen haug, men en slam- eller leirsuppe, hvori sees jordbunnsis gjennomsatt av huller som vannet stiger opp gjennom.

Den nederste kilde ved Hiorthhamn består av flere oppkommer, som ligger i øst-vestlig retning. Ved vårt besøk kom der opp litt vann og gass, og det var en sterk lukt av svovelvannstoff. I små mudderkjegler kom der også opp litt gass uten vann. Det var så lite gass at prøve ikke kunde tas. Vannprøven ga ved inndampning et leirholdig residium av forskjellige salter. En analyse utført av dr. Botolfsen ga følgende resultat:

Kationer		Anioner	
Fe + Al	0.0010 g pr. liter	Cl	0.3262 g pr. liter
Ca	0.0080 —	SO ₄	0.2697 —
Mg	0.0393 —	CO ₃	1.686 —
Na	1.6360 —	SiO ₃	0.2329 —
K	spor		

Sum kationer + anioner: 4.1991 g pr. liter.

NH₃ var tilstede, men ingen H₂S, HNO₃ eller HNO₂.

Som det vil sees av profilet fig. 6 er der en mulighet for at gassen kommer fra krittullene, men det kan også være at den skyldes torvdannelser eller annet organisk materiale nær overflaten.

Den neste haug ligger omkring fem kilometer fra Hiorthhamn. Haugen var tørr ved vårt besøk, men overalt på sidene av den såes saltkruster.

Den tredje haug ligger ved foten av Operafjellet i nærheten av hytten der. Salt var tilstede også her, men intet vann ved vårt besøk. En analyse av dr. Holwech 1924, på prøve tatt av dr. Johan Braastad, viser at vannet inneholder:

Kationer		Anioner	
Ca	0.0578 g pr. liter	Cl	1,255 g pr. liter
Mg	0.0717 —	SO ₄	1.194 —
Na	1.237 —	CO ₃	0.266 —
K	0.034 —	SiO ₃	0.010 —
		H ₂ S	0.020 —

Sum kationer + anioner: 4.1455 g pr. liter.

Nitrater sulfider, jodider og bromider var ikke tilstede i bestemte mengder.

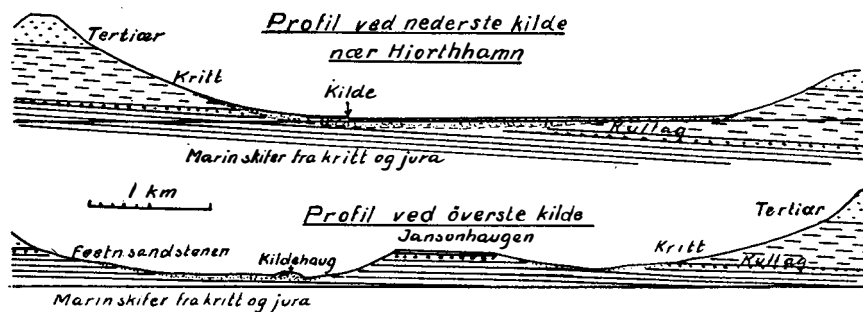


Fig. 6. Profil ved øverste og nederste kilde i Adventdalen.

En analyse av en saltprøve fra samme lokalitet viste følgende resultat i prosent av originalprøven:

Kationer		Anioner	
Fe + Al	0.05 %	Cl	3.88 %
Ca	0.298 »	SO ₄	6.45 »
Mg	0.15 »	CO ₃	spor
Na	4.98 »	SiO ₃	0.21 »
K	0.064 »		

Sulfider spor. Nitrater, jodider og bromider ikke tilstede i bestem-bare mengder. Resten av prøven var sannsynligvis bare leire.

Overensstemmelsen mellom salt og vannanalyse viser, som ventet, at saltet er avsatt av kildevannet.

Den øverste kildehaug, som er den største, ligger ved utløpet av Helvetiadalen i Adventdalen omkring 18 km fra Hiorthhamn (fig. 6—7.) Der kommer saltholdig vann fram i haugen, og betydelige mengder salt er blitt avsatt. Haugen er meget stor, og vannet går undertiden helt til tops og fryser der. Store deler av haugens indre er sikkert bare is.

En analyse av vannprøve tatt av dr. Johan Braastad fra denne haugen og utført 1924 av dr. Holwech ga følgende resultat:

Kationer		Anioner	
Fe + Al	0.0017 g pr. liter	Cl	0.221 g pr. liter
Ca	0.0426 —	SO ₄	2.345 —
Mg	0.1504 —	CO ₃	0.187 —
Na	0.968 —	SiO ₃	0.0158 —
K	0.023 —		

Sum kationer + anioner: 3.9545 g pr. liter.

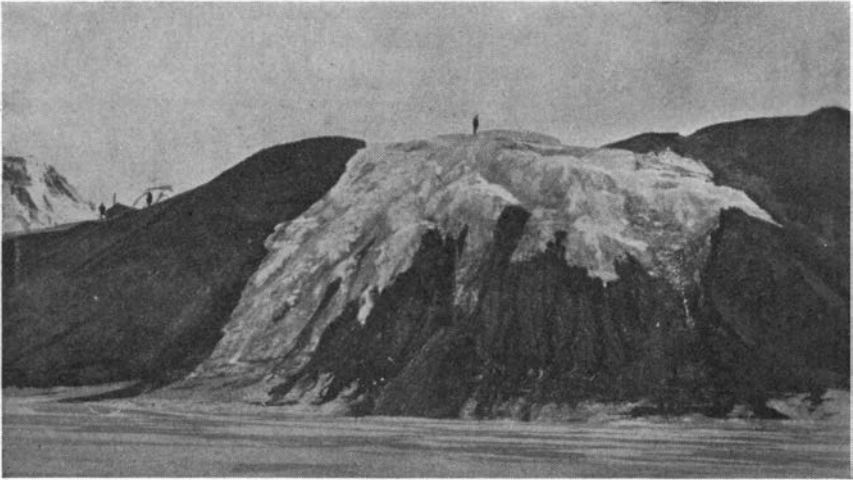


Fig. 7. Øverste kildehaug i Adventdalen nær Jansonhaugen. Vann er trengt fram på toppen av haugen og er frosset til is. Billedet, som er tatt fra sydvest, viser den vestre del av haugen med litt av en hytte, og oppe på isen står en mann. Gunnar Aasgaard fot. våren 1930.

Nitrater, sulfider, svovelvannstoff, jodider og bromider var ikke tilstede i bestembare mengder.

En saltanalyse fra samme lokalitet viste i prosent av originalprøven :

Kationer		Anioner	
Ca	0.785 %	Cl	0.085 %
Mg	0.056 »	SO ₄	2.762 »
Na	0.368 »	CO ₃	0.0071 »
K	0.0203 »		

Nitrater, sulfider, jodider, bromider, silikater og bikarbonater var ikke tilstede i bestembare mengder.

Prøven må ha inneholdt nesten bare leire.

Gass vites ikke påvist ved de tre øverste kilder i Adventdalen. Dette kan tyde på at gassen ved nederste kilde kommer fra kullaget i kritt, fordi de tre øverste ligger på sedimenter under kullagets nivå, sådan som det fremgår av nederste profil i fig. 6.

Jeg så i 1925 også en liten haug i øvre del av Eskerdalen, som fører ned fra øvre del av Adventdalen til Sassendalen. Sannsynligvis var også dette en lignende kildehaug, men den blev ikke nærmere undersøkt.

Alle kildene i Adventdalen fører kaldt vann. De ligger alle på nordsiden av elva, hvor mergelskifre, leirskifre og sandstein fra kritt faller ned fra nordsiden av dalen. Det ligger derfor nær å tro at kildene er en slags artesiske brønner, som fører med sig salter fra disse lag, samt fra underliggende skifre fra jura og trias. Det er noe påfallende at alle disse kilder ligger omtrent på samme retningslinje, og det er derfor ikke så usannsynlig at her går en liten forkastning, som er dekket av løsavleiringer, men dette er ikke konstatert. Det vilde iallfall lettere forklare at vannet kan komme gjennom disse lag, hvorav mange er svært tette.

Alle analyser av kildevann viser et betydelig høyere saltinnhold enn vanlig for drikkevann, og de må derfor alle betegnes som mineralkilder og klassifiseres som bittersaltkilder eller alkalikilder. Fremtredende innhold er natriumsulfat, dessuten megnesiumsulfat, kalsiumsulfat, litt koksalt og i Grøndalen mest natriumkarbonat. Surstoff i kildevannet oksyderer svovelforbindelser til svovelsyre, som med dolomitt danner magnesium bittersalt og med sulfider H_2S . Svovelalkalier og svovelkalsium kan oppstå av gips eller andre sulfater ved gjennomgang gjennom kullholdige eller bituminøse skikter. Der dannes da H_2S ved CO_2 .

Som det vil fremgå er kildene på Svalbard av nokså forskjellig type, og de kan være oppstått på forskjellig vis. For alle som har en høyere temperatur enn dagvannet, som i breelver ofte ligger under 1° , i andre bekker går opp i omkring 5° og i stillestående tjern kan være ennu noen grader høyere, kan man uten videre slutte at de må komme fra dyp betydelig under telesonen; men for de kilder som fører lite vann kan man intet slutte av temperaturen, da vannet avkjøles så sterkt i telesonen. Etter almindelig terminologi skulde alle kilder på Svalbard være varme, da deres temperatur ligger over årets middeltemperatur.

Av saltinnholdet er det meget vanskelig å uttale sig med sikkerhet om disse kilder bare er vadose og fører opprinnelig overflatevann, eller om der også i enkelte av dem er tilblandet juvenilt vann. Som det fremgår av analysene holder enkelte av kildene opp til 4 g salt pr. liter, hvilket viser at vannet må ha sirkulert temmelig lenge i fjellet.

Analyseresultatene ellers kan også gi grunn til å tro at vannet kommer fra stort dyp og er tilblandet juvenilt vann. Vadose kilder er i almindelighet karakterisert ved variasjon i sammensetning, konsentrasjon og vannmengde, avhengig av lokale forhold og nedbøren. De holder som regel karbonater av kalsium eller magnesium, samt

klorider eller sulfater. Juvenilt vann har mere konstant vannføring, fører natrium, kalsium, jern, CO_2 , SO_4 , alkalisilikater, etc. Nu er den almindelige oppfatning at juvenilt vann ikke når overflaten som sådant, men kommer opp gjennom sprekker sammen med andre vulkanske gasser til disse når grunnvannet, hvor de kondenseres og blandes med dette. Ser man på analysene, så er natriuminnholdet fremtredende og kiselsyreinnholdet meget høyt, for kilden i Berzeliusdalen nesten like høyt som for den berømte Old Faithfull. Vannet skulde således tyde på å være sterkt oppblandet med juvenilt vann. Saltinnholdet er delvis høyere enn for de varme kildene ved Bockfjorden, hvor analysene viser fra 0.988 til 2.410 g pr. liter, og sammenligner man med Karlsbaderkildene, som oppgis å holde omkring 5.8 g salter pr. liter, herav 1.4 g natriumkarbonat, 2.5 g natriumsulfat, 1.1 g natriumklorid og 0.5 g kalsiumkarbonat, og som ansees for delvis juvenile, så er karakteren ikke så helt ulik enkelte av analysene fra Spitsbergen.

Imidlertid er det almindelig at saltkilder i aride strøk og trakter med stensaltleier, eller hvor gamle marine lag utlutes, er rike på klor-, svovelsyre-, natrium-, magnesium-, og kalsiumioner. Nu ligger alle de analyserte kilder i områder med mektige yngre og hovedsakelig marine avleiringer, og det er derfor overveiende sannsynlig at saltinnholdet i vannet stammer fra disse lag, som kildene må ha passert på temmelig stort dyp. Noe som i høy grad styrker denne antagelse er at det ikke bare er kildevannet som avsetter saltkruster på Svalbard, men sådanne fins mange steder, særlig i dalbunnene også utenom kildeområdene. Særlig synes lagene under kontinental trias å være saltholdige, idet man på en rekke steder kan iaktta saltutskillelse direkte på disse lags utgående. Dernest kommer de høyereliggende lag av leirskifre fra jura, kritt og tertiær. Av andre lag som spesielt er lettopløselige kan nevnes overkarbonens anhydrit- og gipslag. Det kan i denne forbindelse nevnes at Ove Arbo Høeg (1940) oppgir en analyse av dagvann, som kom fra disse lag ved Pyramiden i Billefjorden. Dette holdt over 0.5 g salt pr. liter, vesentlig kalsiumsulfat. Det kan nevnes at kilder i Simplontunellen, som har passert gipslag, holder omkring 1 g kalsiumsulfat pr. liter. I kildeområdene mellom Isfjorden og Bellsund ligger disse lag temmelig dypt, hvis der da overhodet fins gips under dette område; og da analysene har litet kalsiuminnhold i forhold til natrium, er det usannsynlig at vannet har passert gipslag i dette område.

Høgbom og Holmsen fremholder at denne saltutskillelse på Spitsbergen skyldes det tørre klima. Dette er sikkert også delvis tilfellet. Det kan her være av interesse å nevne det resultat Blanck og Rieser (1926) kom til ved en rekke undersøkelser av bergarter og forvittringsgrus av disse i traktene på sydsiden av Isfjorden. De fant at jorden på Spitsbergen, sammenlignet med jordanalyser fra sydligere strøk, hverken kan sies å være arid eller humid, men at man har med en spesiell arktisk type å gjøre. Ved siden av den mekaniske forvitring er der bare en liten kjemisk innvirkning på grunn av det kolde klima, ikke på grunn av tørken som i aride strøk. Vannet virker ved hjelp av luftens surstoff- og kullsyre, så der oppløses en del kalk- og jernforbindelser; mens de fant alkaliinnholdet så å si uberørt. De er oppmerksom på at dette står i strid med de kjente utskillelser av saltkruster, men mener at dette i enkelte tilfelle kan skyldes svovelkis. Nu kan det vel være mulighet for at de porøse bergarter like i dagen allerede på forhånd er utlutet omtrent like meget som forvittringsgruset. Denne undersøkelse fra dagen synes ellers å bekrefte at kildene kommer fra betydelig dyp med høyere temperatur og derfor større oppløsningsevne av vannet.

Efter saltinnholdet å dømme må man således nærmest slutte at de foran analyserte kilder kommer fra større dyp, og at de har sitt saltinnhold fra de marine lag yngre enn perm; men på grunn av det høye kiselsyreinnhold og natriuminnhold kan det ikke utelukkes at der også er blandet juvenilt vann i dem.

Hvordan kan så disse kilder passere telesonen? Vi vet at der på Svalbard står vann, delvis under sterkt trykk under telesonen. Dette blev således iaktatt under driften i Esther Gruve og ved boring ved Tvillingvatnet ved Ny-Ålesund. Lutkevich (1937) opplyser at der under den russiske boring etter kull ved Colesbukta på 229 meters dyp blev skåret vannførende lag, som ga 110 l i minuttet.

Det er rimelig at dette vann forsøker å bane sig vei opp til overflaten på de steder hvor denne ikke er frosset, altså ute i sjøen, under store vann, eller under lavtliggende breer. Dette blir imidlertid vanskelig å påvise. Der er dog enkelte tilfelle som synes å bekrefte dette, selv om de foreløpig må ansees temmelig usikre. Hoel opplyser (Hoel og Holtedahl 1911) at fangstmann L. G. Nisja vinteren 1900—1901 i midten av mars måned iakttok en råk med omkring 500 meters diameter foran brefronten i den indre del av Tempelfjorden. Råken var åpen hele vinteren. Den 30. mars målte Nisja dybden til 36.5 m og

temperaturen til 1° . Ellers var temperaturen i fjorden $\div 2^{\circ}$ hele vinteren. Nisja trodde at det kom varmere vann opp fra bunnen. Det synes imidlertid nesten utrolig at vannmengden kunne være så stor at hele dette område skulde få en temperaturforhøyelse på tre grader. Det kan vel også tenkes at understrømninger fra et varmere mellom-skikt i fjorden er blitt drevet til overflaten foran den loddrette brefront.

Högbom (1911) opplyser at G. Olafsson i den 9 m dype morenesjø på Littrowneset fant 6° helt tilbunns, og at der rant ut vann, mens der intet tilløp var. Han mener at dette bare kom av at utløpet skar sig ned i is. Hvis sjøen stod i kontakt med is vilde den neppe holde 6° , så det er vel mere sannsynlig at det her dreier sig om et oppkomme.

Det skal også være iaktatt at elva fra Kongressjøen vest for Grønfjorden fører vann lenge utover vinteren etterat alle tilløp til sjøen er opphørt. Denne ligger på kalkstein fra karbon, så det er ikke usannsynlig at der kan være grotter fra nærliggende breområde.

Disse eksempler er forsåvidt meget usikre, men det sier sig selv at det vann som går ned under breområdene i høylandet vil søke opp der hvor adgangen er lettest. At dette vann skulde klare å bane sig vei gjennom et allerede dannet, tykt dekke av frosset fjell og tele er ikke sannsynlig, medmindre der skulde oppstå en sprekke, eller vannet hadde særlig høy temperatur. Da de fleste av kildene ligger så lavt at de under den varmere Mytilustid, med sannsynligvis 2.5° C høyere årstemperatur enn nu, lå under eller like ved havflaten, eller i lavtliggende dalbunner, så kan det ligge nær å anta at de dengang kom opp i områder uten tele eller med tynt teledække. Det vilde imidlertid være sannsynlig at de var frosset til senere dersom ikke spesielle forhold hadde bevirket at utløpene var blitt holdt åpne.

Av de varmekilder man kan regne med kan varme oppstått ved yngre forkastninger, kjemiske reaksjoner under overflaten og energi oppstått ved spaltning av radioaktive elementer settes ut av betraktning. Noen yngre vulkansk virksomhet kjenner vi ikke fra disse trakter, og det er vel litet sannsynlig at eruptiver i meget ny tid skulde være trengt frem mot overflaten på så mange forskjellige steder, uten at de på noen steder skulde gi sig tilkjenne i dagen. Den varmekilde som kommer på tale her er derfor jordtemperaturens tiltagen mot dypet. Og den eneste slutning vi kan trekke blir at vannet kommer fra så stort dyp og er så varmt at det tross den sterke avkjøling gjennom telesonen klarer å holde frosten i sjakk og nå dagen. De store bekker ved Hornsund, og elva syd for Hilmarfjellet er neppe

blitt avkjølet svært mange grader, så de behøver ikke ha vært mere enn noen hundrede meter under breene; mens de varmeste kilder ved Olsokbreens nordside må føre vann fra minst 500 m under telesonen, antagelig betydelig mere.

For de små kilder, som kommer opp med vann nær frysepunktet, er det ikke mulig å slutte noe om hvor høy temperatur vannet har hatt på dypet, og hvor dypt det har sirkulert; men når man tar i betraktning den lille vannføring er det neppe tvil om at dette vann må ha adskillige varmegrader under telesonen. Nu er det vel så at dette vann i det lange løp har oppvarmet fjellet rundt utløpskanalen noe; men allikevel skal der ikke så liten varmetilførsel til for å holde innvirkningen av det frosne fjell i likevekt, så vannet ikke fryser.

Andre årsaker kan også delvis være medvirkende til å hindre frysning av vannet. L. H. Adams (A physical source of heat in Springs.- Journ. Geol. Vol. 32. 1924. S. 191—4) har påvist at tvungent vannløp fra høyt til lavt trykk kan øke temperaturen. For et fall på 1000 atmosfærer kan temperaturen øke 20° C. Dette menes delvis å være grunnen til at rinnende vann ikke fryser. På 50 atmosfærer skulde frigjøres omkring 1°. Dette er jo ikke så meget, men sammen med andre årsaker, som nedsatt frysepunkt på grunn av saltinnhold, kan det spille en avgjørende rolle på vann som under løp gjennom telesonen nærmer sig frysepunktet.

Det at man enkelte steder i dalene nu ser gamle kildehauger, hvor der nu kommer litet eller intet vann, viser at vannets virksomhet må ha vært større før, og kan forsåvidt synes å være en bekreftelse på at kildene er i avtagende siden landet kom over havflaten.

Der fins sikkert mange flere oppkommer på Svalbard, som ennu ikke er kjent.

På flyvebildene sees noen hauger ved Sommerfeltbukta og på østsiden av Keilhaufjellet, som minner sterkt om kildehauger, men dette er ennu usikkert. På nordsiden av Orustdalen, hvor denne skjærer ut på kystsletten, så jeg i 1925 en iskake, som sannsynligvis stammer fra et oppkomme. Jeg kom imidlertid ikke over elva og kunde derfor ikke undersøke saken nærmere.

Kurt Wegener (1913 p. 140) nevner at han så en kilde på vestsiden av Wijdefjordens ytre del på undsetningsekspedisjonen efter Schröder Stranz. Han skriver bare: »Mittags warme Quelle, mit offenem, stark dampfendem, aber salzhaltigem Wasser«. Såvidt jeg kan se av kartet må dette være like ved sjøen på nordsiden av Vogtdalen. Noe

nærmere foreligger ikke om denne kilde. Den ligger nær den store forkastningssone som går langs fjorden og kan tenkes å stå i forbindelse med denne. Den kan neppe være så varm at den sender ut damp om sommeren, da den ellers måtte være blitt oppdaget av en av de mange geologiske ekspedisjoner som har vært her.

Som det vil fremgå av denne artikkel, er det ennå meget som mangler på at man har fullt kjennskap til kildene på Svalbard; men da det kan gå lang tid før der blir anledning til å foreta nærmere undersøkelser av de kilder, hvor der ennå ikke er målt temperatur og utført analyser på vann og gass, finner jeg det riktig allerede nå å trykke de foreliggende resultater. Disse kilder har vært gjenstand for liten oppmerksomhet; men på grunn av deres beliggenhet kan de neppe tenkes å få annet enn ren videnskapelig interesse. Radioaktiviteten er ikke undersøkt på noen av dem.

Summary.

In Svalbard the ground is not frozen under the sea, and under the big glaciers and lakes. In all other places it is frozen to a depth of 100 to 300 metres below the surface. However, several springs and underground streams occur with temperatures ranging from 0.5° to 15° C. The warm springs at Bockfjorden, which have been described by Hoel and Holtedahl, are thought to be of volcanic origin, and are not dealt with in this paper.

The *larger* springs (streams) without gas resemble closely the subterranean streams in limestone in northern Norway. In Svalbard, too, they flow through channels in limestone, and these passages are supposed to have been formed when the country was still ice-covered, and the ground below the ice was unfrozen. The entrance of the caves must still be covered by the big glaciers, and the cave formation continues at the present time.

The *small* springs discharge only a small amount of water, with up to four grams per liter of salts in solution, and at several points also gas. The analyses of some of the gas-samples show very different results. In Grøndalen the gas was nearly pure nitrogen, in other places methane. Often a rather strong smell of sulphuretted hydrogen is present. The water is mostly very cold, but north of Olsokbreen a temperature of 15° C was measured by W. Werenskiöld. Some springs have deposited a salt crust on the surface, and several springs have

formed hills of stone, gravel, and clay mingled with sheets and stocks of ice formed by the spring-water.

These springs are believed to come from quite a considerable depth, but their water to be of surface origin. Some springs, however, contain so much silica and sodium in solution that it seems very possible that deep-seated (*juvenile*) water has also been added.

It is very difficult to explain how the small flow of water can pass through the frozen ground. As most of the springs are now situated at a small height above the sea, it is possible that they were already formed in the *Mytilus* time with a temperature about 2.5° higher than at present. At this time the shores and low-lying valleys were still situated below sea-level, and in the lowlands the thickness of frozen ground was small in comparison with that of the present-day. The springs then were submarine or situated at points with only a small thickness of frozen ground. It seems, however, strange that they did not freeze later on. A possible reason is that the water comes from a depth with a sufficiently high temperature, the water thus being heated. Other causes, as fall in the water pressure and the salt content, may also contribute to keep the springs flowing.

Litteraturfortegnelse.

- BLANCK, E. und A. RIESER. Mit einem Beitrag von H. Mortensen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse einer Bodenkundlichen Forschungsreise nach Spitzbergen im Sommer 1926. — *Chemie der Erde*. B. 3. Jena 1928. Pp. 588—698.
- BOTOLFSEN, ERLING. En undersøkelse av nogen prøver av norsk naturgass. Oslo 1927. 8 pp. — *Arch. Mat. Naturv.* B. 40. Nr. 2.
- HOEL, A. et O. HOLTEDAHL. Les nappes de lave, les volcans et les sources thermales dans les environs de la Baie Wood au Spitsberg. Christiania 1911. 37 pp. — *Vid. selsk. Skr. I. Mat.-Nat. Kl.* 1911. Nr. 8.
- HOEL, ADOLF & O. HOLTEDAHL. Lavadækkerne, vulkanerne og de varme kilder ved Wood Bay paa Spitsbergen. — *Naturen*. Aarg. 37 1913, nr. 1. Bergen 1913. Pp. 3—19.
- HOLMSEN, GUNNAR. Ørkendannelser i polarlandene. — *Norske Geogr. Selsk. Aarb.* B. 23. 1911—1912. Kristiania 1913. Pp. 77—82.
- Spitsbergens jordbundsvis og de bidrag dens undersøkelse har kunnet gi til forstaaelse av de i arktiske land optrædende varige isleier i jorden. — *Norske Geogr. Selsk. Aarb.* B. 24. 1912—1913. Kristiania 1914. Pp. 1—150.
- HORN, GUNNAR. Über die Bildung von Karsthöhlen unter einem Gletscher. — *Norsk Geogr. Tidsskr.* B. 5. Oslo 1935. Pp. 494—498.
- HORN, GUNNAR and ANDERS K. ORVIN. Geology of Bear Island with special Reference to the Coal Deposits, and with an Account of the History of the Island. Oslo 1928. 152 pp. — *Skr. om Svalbard og Ishavet* Nr. 15.

- HØEG, OVE ARBO. On Crusts of Gypsum on the soil at Klaas Billen Bay, Spitsbergen. K. norske Vidensk. selsk. Forhandl. B. 12. Nr. 31. Trondheim 1940. Pp. 111—114.
- HÖGBOM, BERTIL. Wüstenerscheinungen auf Spitzbergen. — Bull. Geol. Instn. Univ. Upsala. Vol. 11. Uppsala 1912. Pp. 242—259. — Også trykt i: 12 Int. Geol. Cong. B. 3. Toronto 1913.
- LUTKEVICH, E. M. Geology of the Tertiary Coal-Bearing Deposits of Spitsbergen in the Ice-Fjord Region. — Trans Arctic Inst. Vol. 76. Leningrad 1937. Pp. 7—24. (In Russian with English summary).
- ORVIN, ANDERS K. Geology of the Kings Bay Region, Spitsbergen with special Reference to the Coal Deposits. Oslo 1934. 195 pp. — Skr. om Svalbard og Ishavet Nr. 57.
- Hvordan opstår jordbunnsis? — Norsk Geogr. Tidsskr. B. 8. H. 8. Oslo 1941. Pp. 294—306.
- SVERDRUP, H. U. Scientific Results of the Norwegian—Swedish Spitsbergen Expedition in 1934. Part III. The Temperature of the Firn on Isachsen's Plateau, and general Conclusions regarding the Temperature of the Glaciers on West Spitsbergen. — Geogr. Ann. B. 17. H. 1—2. Stockholm 1935. Pp. 53—88.
- WEGENER, KURT. Die Hilfsexpedition von Cross- und Kingsbai nach Wijdehai. — Die deutsche wissenschaftliche Station auf Spitzbergen und die Schröder Stranz-Expedition. — Petermanns Mitt. Jahrg. 59. 1913 II. Gotha 1913. P. 140.
- WERENSKIOLD, W. Spitsbergens fysiske geografi. — Naturen. Årg. 44. Bergen 1920. Pp. 209—242.
- Frozen Earth in Spitsbergen. Kristiania 1922. 10 pp. — Geofys. Pub. Vol. 2. Nr. 10.

- Nr. 20. VOGT, TH., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjon til Sydøstgrønland med „Heimen“ sommeren 1931.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 4, h. 5. 1933. Kr. 2,20.
- ” 21. BRISTOWE, W. S., *The Spiders of Bear Island.* — Repr. from Norsk Entomol. Tidsskr., b. 3, h. 3. 1933. Kr. 0,75.
- ” 22. ISACHSEN, F., *Verdien av den norske klappmyssfangst langs Sydøst-Grønland.* 1933. Kr. 1,60.
- ” 23. LUNCKE, B., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers luftkartlegning i Eirik Raudes Land 1932.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 4, h. 6. 1933. Kr. 1,00.
- ” 24. HORN, G., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjon til Sydøstgrønland med „Veslemari“ sommeren 1932.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 4, h. 7. 1933. Kr. 1,60.
- ” 25. ORVIN, A. K., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjoner til Nordøst-Grønland i årene 1931—1933.* — Isfjord fyr og radiostasjon, Svalbard. Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 5, h. 2. 1934. Kr. 1,60.
- ” 26. GRIEG, J. A., *Some Echinoderms from Franz Josef Land, Victoriaøya and Hopen. Collected on the Norwegian Scientific Expedition 1930.* 1935. Kr. 1,00.
- ” 27. MAGNUSSON, A. H., *The Lichen-Genus Acarospora in Greenland and Spitsbergen.* — Repr. from Nyt Magazin for Naturvidensk. B. 75. 1935. Kr. 1,60.
- ” 28. BAASHUUS-JESSEN, J., *Arctic Nervous Diseases.* Repr. from Skandinavisk Veterinär-Tidsskrift, No. 6, 1935. Kr. 2,20.
- ” 29. I. KOLSRUD, O., *Til Østgrønlands historie.* II. OSTERMANN, H., *De første efterretninger om østgrønlandingerne 1752.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 5, h. 7. 1935. Kr. 2,20.
- ” 30. TORNØE, J. KR., *Hvitserk og Blåserk.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 5, h. 7. 1935. Kr. 1,00.
- ” 31. HEINTZ, A., *Holonema-Reste aus dem Devon Spitzbergens.* — Sonderabdr. aus Norsk Geol. Tidsskr., b. 15, 1935. Kr. 1,00.
- ” 32. ORVIN, A. K., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjoner i årene 1934 og 1935.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 5. 1935. Kr. 1,00.
- ” 33. OSTERMANN, H., *Dagbøker av nordmenn på Grønland før 1814.* 1935. Kr. 10,00.
- ” 34. LUNCKE, B., *Luftkartlegningen på Svalbard 1936.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 6. 1936. Kr. 1,00.
- ” 35. HOLTEDAHL, O., *On Fault Lines Indicated by the Submarine Relief in the Shelf Area West of Spitsbergen.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 6. h. 4. 1936. Kr. 0,75.
- ” 36. BAASHUUS-JESSEN, J., *Periodiske vekslinger i småviltbestanden.* — Særtr. av Norges Jeger- & Fiskerforb. Tidsskr. h. 2 og 3, 1937. Kr. 1,00.
- ” 37. ORVIN, A. K., *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjoner til Øst-Grønland og Svalbard i året 1936.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 6, h. 7. 1937. Kr. 1,00.
- ” 38. GIÆVER, JOHN, *Kaptein Ragnvald Knudsens ishavsferder.* Sammen-arbeidet efter hans dagbøker, rapporter m.v. 1937. Kr. 5,80.
- ” 39. OSTERMANN, H., *Grønlandske distriktsbeskrivelser forfattet av nordmenn før 1814.* 1937. Kr. 6,40.
- ” 40. OMANG, S. O. F., *Über einige Hieracium-Arten aus Grønland.* 1937. Kr. 1,60.
- ” 41. GIÆVER, JOHN, *Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelsers ekspedisjoner til Øst-Grønland sommeren 1937.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 6, h. 7. 1937. Kr. 0,75.
- ” 42. SIEDLECKI, STANISLAW, *Crossing West Spitsbergen from south to north.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 7, h. 2. 1938. Kr. 1,00.
- ” 43. SOOT-RYEN, T., *Some Pelecypods from Franz Josef Land, Victoriaøya and Hopen. Collected on the Norwegian Scientific Expedition 1930.* 1939. Kr. 1,60.
- ” 44. LYNGE, B., *A small Contribution to the Lichen Flora of the Eastern Svalbard Islands. Lichens collected by Mr. Olaf Hanssen in 1930.* 1939. Kr. 1,00.
- ” 45. HORN, GUNNAR, *Recent Norwegian Expeditions to South-East Greenland.* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 7, h. 5-8. 1939. Kr. 1,00.

- Nr. 46. ORVIN, ANDERS K., *The Settlements and Huts of Svalbard*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 7, h. 5-8. 1939. Kr. 1,00.
- ” 47. STØRMER PER, *Bryophytes from Franz Josef Land and Eastern Svalbard. Collected by Mr. Olaf Hanssen on the Norwegian Expedition in 1930*. 1940. Kr. 1,00.
- ” 48. LID, JOHANNES, *Bryophytes of Jan Mayen*. 1941. Kr. 1,00.
- ” 49. I. HAGEN, ASBJØRN, *Micromycetes from Vestspitsbergen*. Collected by dr. Emil Hadač in 1939. II. HADAČ, EMIL, *The introduced Flora of Spitsbergen*. 1941. Kr. 1,00.
- ” 50. VOGT, THOROLF, *Geology of a Middle Devonian Cannel Coal from Spitsbergen*. HORN, GUNNAR, *Petrology of a Middle Devonian Cannel Coal from Spitsbergen*. 1941. Kr. 1,60.
- ” 51. OSTERMANN, H., *Bidrag til Grønlands beskrivelse, forfattet av nordmenn før 1814*. 1942. Kr. 7,60.
- ” 52. OSTERMANN, H., *Avhandlinger om Grønland 1799—1801*. 1942. Kr. 6,40.
- ” 53. ORVIN, ANDERS K., *Hvordan opstår jordbunnsis?* — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 8, h. 8, 1941. Kr. 1,00.
- ” 54. STRAND, ANDR., *Die Käferfauna von Svalbard*. — Særtr. av Norsk Entomol. Tidsskr., b. 6, h. 2-3. 1942. Kr. 1,00.
- ” 55. ORVIN, ANDERS K., *Om dannelse av strukturmark*. — Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 9, h. 3, 1942. Kr. 1,00.
- ” 56. Under trykning.
- ” 57. ORVIN, ANDERS K., *Litt om kilder på Svalbard*. Særtr. av Norsk Geogr. Tidsskr., b. 10, h. 1, 1944. Kr. 1,60.