

II.

Beretning

om

Resultaterne af Forsøgene over Isdannelse.

Af

C. Christiansen.
Professor.

af den Sol, som sender Varme til Jorden, maatte man
 vente, at Jordens Temperatur i Tidernes Længde vilde vokse.
 Erfaringen viser, at dette i hvert Fald ikke i nogen mærkelig
 Grad er Tilfældet; tvertimod følger af Varmebevægelsen i de
 øvre Jordlag, at der stadig strømmer Varme til Jordskorpen.
 Det er derfor nødvendigt at antage, at Jorden udsender Varme
 til Himmelfrummet; da her ikke kan være Tale om Afledning,
 bliver kun Udstraaing tilbage. Denne Udstraaing finder som
 bekjendt Sted i høj Grad, hvorom den natlige Afkjøling i klart
 Vejr, Dannelsen af Dug og Rimfrost bære Vidne. Af stor
 Interesse vilde det være, om man kunde maale denne Udstraa-
 ling i absolut Maal, men dette er forbunden med meget store
 Vanskeligheder. Det faldt mig imidlertid ind, at vi i Isdan-
 nelsen have en Proces, der maaske kunde give os en Besvarelse
 af Spørgsmaalet. Den umiddelbare Aarsag til Isdannelse er
 vistnok den, at de øvre Vandlag afkjøles ved Berøring med den
 kolde Luft og ved Udstraaing. Den sidste maa især være
 stærk med klar Luft; for imidlertid at skille Udstraaingen fra
 Afkjølingen ved Ledning, maa man benytte et Kunstgreb. Jeg
 anvendte dertil to flade Bliktallerkener, som svømmede paa
 Vandet i en større Vandbeholder; den ene var blank, forsølvet,
 den anden sværtet med Kørøg. Her er Udstraaingen fra den
 første ganske forsvindende, medens den er meget stor fra den

sværtede Overflade. Man maatte altsaa vente, at der vilde komme et tykkere Islag under den sværtede end under den blanke Tallerken, og dette slog fuldstændig til, som jeg har paavist ved Forsøg, der findes meddelte i Oversigterne over Videnskabernes Selskabs Forhandlinger for 1891.

Da jeg erfarede, at der var Tale om at sende en Expedition til Østgrønland, henvendte jeg mig til Professor Fr. Johnstrup med Anmodning om, at der ved denne Lejlighed maatte blive anstillet Forsøg over Isdannelsen efter den angivne Methode. Jeg fik derefter Lejlighed til at forhandle nærmere med Expeditionens Leder, Premierlieutenant C. Ryder; Resultatet blev, at Expeditionen medførte en større Vandbeholder samt 4 af de omtalte, tallerkenformede «Frysebakker», og der blev da under Expeditionens Vinterophold i Østgrønland udført en Række Maalinger, hvorover jeg nu skal give en Oversigt.

Omstaaende Tabel I indeholder alle Iagttagelserne over Isdannelse under Frysebakkerne. Overskrifterne ville give tilstrækkelig Oplysning om Tallenes Betydning. Tallene for Sky-mængde, Vindstyrke, Temperatur og Fugtighed ere Middeltal, udledte af Iagttagelser for hver Time. Forsøget begyndte i Reglen om Aftenen, afsluttedes om Morgen. Kun de med * betegnede Forsøg ere udførte om Dagen; Forsøgene Nr. 18, 28 og 29, som ere mærkede ** ere anstillede i Solskinsvejr.

Tabel I.

Nr.	Timer.	Vejr.	Skymængde.	Vindstyrke	Temperatur.	Fugtighed.	Fri Is.	Plade I (sort)		Plade II (blank)		Plade III.		Plade IV.			Fordampning. Gram pr. □ cm.	
								Midte	Rand	Midte	Rand	Midte	Rand	Islag o. Pladen.	Midte	Rand		
																		cm.
1.	19 Septbr.	12	Klart	4 0	-3.5	93	2.15	1.35	1.60	0.50	0.65	blank	0.50	0.65	0.8	1.40	1.35	0.02
2.	21 —	15	halvkl.	10 0.8	-1.6	83	1.25	0.20	0.35	0.40	0.60	—	0.40	0.60	0.8	0.60	0.7	0.03
3.	25 —	13	—	9 0.4	-2.7	91	1.65	1.30	1.50	0.95	1.30	—	1.00	1.25	0.35	1.00	1.00	0.06
4.	26 —	13	—	10 0.1	-2.2	87	0.90	0.80	0.80	0.50	0.70	—	0.40	0.70	0.60	0.85	0.90	—
5.	15 Oktbr.	16	Klart	0 0	-6.4	88	4.0	3.4	3.3	1.85	2.50	—	2.00	2.2	0.4	3.55	3.1	0.01
6.	16 —	13	—	3.4 0	-12.5	100	5.0	5.0	5.0	3.75	4.30	—	3.70	4.25	0.9	4.30	4.25	0
7.	19 —	13	—	3 0.1	-13.0	99	4.55	3.95	4.05	2.50	3.20	—	3.00	3.55	1.0	3.55	3.50	0.04
8.	20 —	13	—	0 0.4	-12.9	97	4.75	4.25	4.55	3.45	3.55	—	3.35	3.62	0.50	3.50	3.80	0
9.	21 —	14	—	10 2.3	-7.7	78	4.20	3.45	4.15	3.40	3.40	—	3.45	3.50	0.2	4.65	4.20	0.11
10.	22 —	13	Diset	9.5 0.3	-8.6	85	3.60	3.10	3.10	2.45	2.70	—	2.60	2.95	0.4	3.35	3.10	0.045
11.	30 —	13 ^{1/2}	Sne	9.7 0.4	-10.6	98	3.95	3.20	3.40	2.80	3.00	Sne	3.70	3.45	0.4	3.00	3.25	0
12.	31 —	14	Klart	4 0	-14.6	100	4.10	3.45	3.65	2.90	3.45	—	4.00	4.05	0.75	3.85	3.75	0.01
13.*	23 Novbr.	2 ^{1/2}	Diset	10 1	-18.6	84	2.12	1.72	1.85	1.38	1.60	—	1.51	1.95	0.5	1.52	1.51	—
14.*	8 Decbr.	7 ^{1/3}	Klart	0 0	-24.7	100	4.00	4.05	4.25	3.15	3.65	—	3.35	3.65	0.75	3.70	3.10	—
15.*	9 —	9	Diset	9.5 0.3	-13.5	85	3.65	3.30	3.40	2.80	3.10	—	3.35	3.55	0.65	3.10	2.80	—
16.*	10 —	7 ^{2/3}	Klart	6.1 3.4	-13.1	83	4.05	3.75	3.25	3.40	3.50	—	3.70	3.65	0.45	3.60	3.55	0.06
17.	24 Febr.	15 ^{2/3}	—	0 0	-30.4	100	7.45	7.35	7.1	6.00	6.3	—	7.35	7.1	0.3	6.60	7.1	0
18.**	25 —	4	—	0 0	-32.0	100	3.3	2.45	—	2.80	—	—	2.80	—	0.5	2.70	—	—
19.	25 —	14	—	0 0	-32.0	100	8.20	8.05	8.5	7.50	7.9	—	7.80	7.9	0.4	7.70	8.1	—
20.	5 Marts	11 ^{1/6}	—	0 0	-35.0	100	7.5	7.25	7.25	7.0	7.0	—	6.7	7.2	0.5	6.5	6.7	—
22.	10 —	3	—	— 0	-29.5	100	2.2	1.95	2.25	1.7	1.9	—	1.65	1.8	0.75	1.8	1.85	—
23.	10 —	10 ^{1/4}	—	8.5 0	-29.7	100	5.20	4.60	4.90	4.50	4.20	—	4.00	4.35	0.5	4.90	4.55	0.02
24.	11 —	8 ^{3/4}	—	0.6 0	-28.4	100	4.45	4.40	4.40	3.85	4.1	—	4.0	4.3	0.3	4.45	4.35	0.01
25.	11 April	1	—	1 0	-27.3	100	4.75	4.45	4.55	3.90	4.20	—	4.20	4.25	1.0	4.52	4.05	0
26.	12 —	5	—	0 0	-25.7	100	3.00	2.85	3.10	2.15	2.45	—	2.95	3.05	0.45	2.90	2.75	—
27.	13 —	7 ^{5/6}	—	0 0	-29.5	100	3.87	3.75	3.80	3.32	3.60	—	3.45	3.50	0.5	3.52	3.55	0.03
28.**	14 —	4 ^{3/4}	—	2 0	-21.7	100	1.2	0.0	—	0.5	—	—	0.8	—	0.6	0.5	—	—
29.**	28 —	9	—	2.3 0	-18.1	100	1.85	0.55	—	0.95	—	—	0.95	—	0.3	1.40	—	—

Efter Protokollen over Forsøgene følge her nogle Bemærkninger til de enkelte lagttagelser. Nr. 1. Karret indeholdt fersk Vand. Nr. 2 ligeledes fersk Vand. Forsøget sluttedes Kl. 11 Fm. Himlen havde hele Natten været overtrukken, men Kl. 9 T. 10 M. Fm. begyndte Solen at skinne frem. Det er sandsynligt, at dette navnlig har paavirket Isen under den sorte Plade noget; den var smeltet løs fra Isen.

Nr. 3. Himlen havde under hele Forsøget været overtrukken, og der var engang i Løbet af Natten falden enkelte Snefnug, saa at der nogen Tid havde ligget et ganske tyndt Lag Sne over alle Pladerne, uden dog at danne et sammenhængende Dække. Lidt Vind henad Morgenen blæste det bort. Karret indeholdt en Blanding af fersk og salt Vand. Ved de følgende Forsøg anvendtes udelukkende Saltvand.

Nr. 4. Overtrukken Himmel under hele Forsøget. Nr. 6. Det var under hele Forsøget Stille, men kort før Midnat kom der nogle lette Skyer paa Himlen, som holdt sig til om Morgenen; de vare dog kun tynde og let gjennemsigtige.

Nr. 7. Under Forsøget var det Stille hele Tiden, men det meste af Natten var der et let Skydække over en Del af Himlen. Nr. 8. Stille og klart Vejr under hele Forsøget. Nr. 9. Fuldstændig overtrukken Himmel under hele Forsøget med lidt VNV.-lig Vind og tør Luft.

Nr. 11. Ved dette Forsøg blev den ene af de blanke Plader bestrøet med et tyndt Lag løs Sne. Det samme skete ved alle de følgende Forsøg. Nr. 12. I Begyndelsen af Aftenen klart Vejr, henimod Midnat Luften overtrukken med et Lag Cirrusskyer. Nr. 13. Overtrukken Himmel under hele Forsøget. Paa Slutningen lidt Vind. Nr. 14. Snelaget paa den ene Plade lidt tykkere end sædvanlig; Klart og Stille under hele Forsøget.

Nr. 15. Isen var betydelig blødere end i Nr. 14, hvilket ogsaa er iagttaget tidligere ved Is, som er dannet under overtrukken Himmel og ved en ringere Kuldegrad, medens den, der

dannes i klar Luft ved streng Kulde, almindeligvis er haard. Ligeledes er Isen under den blanke Plade altid blødere end under de andre. Den frie Is er den haardeste. Nr. 16. Forsøget begyndte Kl. 10 $\frac{1}{2}$ Em.; det var stille Vejr indtil Kl. 2 Fm., da begyndte en stiv Føhnvind. Nr. 17. Himlen var en Tid bedækket af et ganske tyndt Skyslør.

Nr. 18 anstilledes for at se hvilken Indflydelse Solstraalerne havde paa Isdannelsen. Forsøget begyndte Kl. 10 $\frac{1}{2}$ Fm. og sluttede Kl. 2 $\frac{1}{2}$ Em. Solstraalerne faldt dog saa skraat ned paa Karret, at de ikke kunde ramme hele Overfladen af Pladerne. Isens Tykkelse maales derefter paa 3 Steder, nemlig 1) paa den Kant der var fuldstændigt beskinnet af Solen, altsaa den der var længst fra Solen, 2) paa Midten og 3) i Skygge. Resultaterne vare:

Fri Is i Karrets Midte		3,3 ^{cm}		
Sort Plade	1) Sol	2,45	2) Midte	2,60
			3) Skygge	2,65
Blank —		2,80		2,60
— — med 0,5 ^{cm} Is		2,70		2,30
— — tyndt Lag Sne		2,80		2,35

I Karret selv, som stod nede i Sneen paa Isen, havde der ikke dannet sig Is paa Bundens Midte, men derimod paa Siderne; kun paa den Side, der vendte mod Solen, var Isen smeltet indtil c. 1 Fod fra Bunden. Langs Karrets nedre Kant sad der en tæt Række fine, smukke Isblade, indtil 10^{cm} lange og 3^{cm} brede. De stode op mod Midten af Karrets Overflade, men mellem hverandre, uden at noget bestemt System kunde spores.

Nr. 19. Islaget dannede en Hvelving over Vandet i Karret. I Midten fandtes et 1^{cm} højt, luftfyldt Rum under Isen. Nr. 20. Isen hvelvet; den var meget haard og glasskør, især paa Overfladen.

Nr. 21. Karret var blevet utæt. Resultaterne ere derfor ikke medtagne i Tabellen. Nr. 22. Snelaget paa Skaalen var maaske noget for tykt, saa at det har virket isolerende. Der

stød noget Vand under Skaalen, som var meget saltholdigt. Himlen var overtrukken med et tyndt Slør af Cirrostratus. Nr. 25. Forsøget begyndte Kl. 10^{1/2} Em. og afsluttedes Kl. 8^{1/2} Fm.; Solen skinnede svagt paa Karret i Løbet af de sidste Timer.

Nr. 28. Forsøget begyndte Kl. 10^{1/4} Fm. og sluttedes Kl. 3 Em. Det giver næppe noget brugbart Resultat, idet der ikke blot ingen Is dannedes under den sorte Plade, men denne svømmede frit, omgivet af 1^{cm} Is paa alle Sider. Solens Virkning paa en Is-, Sne- og Metalplade vil derimod kunne sees; dog maa det bemærkes, at det varede 2 Timer inden Vandet i Isskaalen frøs.

Nr. 29. Forsøget begyndte Kl. 10 Fm. og endte Kl. 7 Em. Resultaterne vare:

Fri Is	1,85 ^{cm} ,	meget løs,
Sort Plade	0,55	løs, usammenhængende Is, som var dannet efter Kl 4 Em.
Blank —	0,95	noget fastere Is, men uden Sammenhæng.
— — med 0,3 ^{cm} Is	1,40	sammenhængende Is.
— — - Sne	0,95	samme Konsistens som under den blanke Plade.

Isen i Iskaalen var dannet, inden Forsøget begyndte.

Med Hensyn til de Resultater, der kunne uddrages af Forsøgene, bemærkes følgende. Det er forsaavidt uheldigt, at der til de fleste af Forsøgene maatte anvendes Saltvand, som Havvandets Frysningforhold ikke afvige lidet fra det ferske Vands. Jeg maa af denne Grund anse det for tvivlsomt, om der af Forsøgene kan erholdes nogen Beregning af Udstraalingens absolute Størrelse. Derimod have de kvantitative Resultater ikke liden Interesse.

Den natlige Udstraaling. Som man maatte vente, er den frie Is altid tykkere end den Is, der dannes under Frysebakkerne. Sammenlignes Istykkelserne under den sorte Plade I og den blanke Plade II, er Tykkelsen stadig størst under den første, naar der bortsees fra Forsøg Nr. 2, hvor den ringe Istykkelse gjør lagttagelsen mindre paalidelig. I efterfølgende Tabel er saaledes Istykkelserne sammenstillede for alle de Forsøg, hvor Forsøget varede 13 Timer.

Tabel II.

Nr.	Sort Plade	Blank Plade	Differens	Temperatur	Skymængde
3	1,30 ^{cm}	0,95 ^{cm}	0,35	÷ 2,7	9
4	0,80	0,50	0,30	÷ 2,2	10
6	5,0	3,75	1,25	÷ 12,5	3,4
7	3,95	2,50	1,45	÷ 13,0	3
8	4,25	3,45	0,80	÷ 12,9	0
10	3,10	2,45	0,55	÷ 8,6	9,5

Man seer, at Udstraalingen har en meget kjendelig Indflydelse. Tallene i den med «Differens» betegnede Rubrik vise, at den Del af Islaget, der væsentlig maa siges at hidrøre fra Straalingen, er af meget forskjellig Tykkelse. Straalingen synes at virke desto stærkere, jo koldere Luften er, hvilket heller ikke er saa underligt. Man skulde vente med fuldstændig klar Luft at faae større Virkning af Udstraalingen end under overtrukken Himmel; dog give Forsøgene Nr. 7 og 8 det modsatte Resultat. Ved Sammenligning med de lagttagelser jeg har anstillet i Kjøbenhavn, finder jeg, at Udstraalingen her spiller omtrent den samme Rolle som i Grønland, hvilket tyder paa, at der finde særegne Forhold Sted i Atmosfæren i Polarlandene, der beskytte Jorden mod for stærk Udstraaling.

Udstraaing fra Sne og Is. Tabel III giver en Sammenstilling af de lagttagelser, der have Betydning for Sammenligning af Udstraalingen fra Sne og Is.

Tabel III.

Nr.	Sort Plade	Blank Plade	Snelag	Islag.
11	3,20	2,80	3,70	3,00
12	3,45	2,90	4,00	3,85
17	7,35	6,00	7,35	6,60
19	8,05	7,50	7,80	7,70
20	7,25	7,0	6,7	6,5
22	1,95	1,7	1,65	1,8
23	4,60	4,50	4,00	4,90
24	4,40	4,10	4,0	4,45
25	4,45	3,90	4,20	4,52
26	2,85	2,15	2,95	2,90
27	3,75	3,32	3,45	3,52.

Skjøndt man kunde vente, at Sne- og Islaget maatte formindske Tykkelsen af den Is, der danner sig under Frysebakterne, er dog snarere det modsatte Tilfældet. I en Del af Forsøgene er endog Islaget tykkere under dem end under den sorte Plade; dette viser at Udstraalingen fra Sne og Is er betydelig; det synes at Sneen har Overvægt over Isen.

Solstraalernes Indflydelse giver sig tydelig til Kjende i Forsøg Nr. 18, 28 og 29, idet her Islaget er tyndere under den sorte end under den blanke Plade.