NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN

V. Karlén og G. Østrem

SNÖENS AKKUMULASJON PÅ ÅLFOTBREEN 1963-64

(Bidrag til Den 4. Nordiske Hydrologkonferanse
i Reykjavik, August 1964)

Rapport nr. 2

fra

HYDROLOGISK AVDELING

1964

V. Karlén og G. Østrem :

SNØENS AKKUMULASJON PÅ ÅLFOTBREEN 1963 - 64.

The development of the snow cover on a glacier

Et innlegg til
Den 4. Nordiske Hydrologkonferanse,
Reykjavik 10-15 august 1964

Preprint of a contribution to
The 4. Scandinavian Hydrological Conference
in Reykjavik (Iceland) 1964

Vibjørn Karlén og Gunnar Østrem

SNØENS AKKUMULASJON PÅ ÅLFOTBREEN 1963-64.

Innledning.

I de senere år har det vært en økende etterspørsel etter hydrologiske data for bredekkede områder i Norge. Dette er en følge av at stadig flere bredekkede nedslagsfelt blir trukket inn under kraftverkenes interesseområder, og derfor må man skaffe inngående opplysninger om brefeltenes hydrologi.

Breene kan sammenlignes med store flerårsmagasiner, idet de kan lagre snønedbør fra ett år til et annet år. I kalde sommere smelter ikke all vintersnøen bort fra breen, og en viss andel av årsnedbøren holdes tilbake fra det nedenfor liggende vassdrag - mens samtidig breens masse øker tilsvarende. I varme sommere smelter all vintersnøen på breen, og dertil kanskje dessuten en del av breen selv. Slike år gir breen et ekstra tilskudd av smeltevann som kommer det nedenfor liggende vassdrag tilgode i form av vassføringer som er større enn hva som egentlig skulle betinges av nedbøren. Samtidig minker naturligvis breens masse, og vi sier populært at "breen går tilbake".

De mer en 3000 km² store breområdene i Norge (Liestøl 1962) - over 1 % av hele landets areal - utgjør således betydelige magasiner der imidlertid menneskets regulerende evne er satt ut av spillet. Vi kan registrere breens variasjoner, men vi kan ikke regulere dem.

For de hydrologiske forhold spiller breene en betydelig rolle, og for planlegging og drift av kraftverk er det naturligvis viktig å vite noe om de innvirkninger breene har på vannføringens variasjoner.

Derfor er det i de siste år utført et intenst arbeide i Norge for å måle materialomsetningen på endel utvalgte breer. Vi måler breens "inntekter" (akkumulasjon) om vinteren og dens "utgifter" (ablasjon) om sommeren.

Når det glaciologiske år er avsluttet (normalt omkring midten av september) beregnes breens materialbalanse. Den kan være positiv eller negativ alt ettersom hvordan vinternedbøren og sommertemperaturen har vært.

Det kan nevnes at i 1962 hadde Sør-Norges breer en sterkt positiv materialbalanse og store vannmengder ble bundet i breene. I 1963 viste regnskapene et negativt resultat for Sør-Norge mens breene i Nord-Norge hadde et balansert budsjett. (Østrem og Liestøl 1962.)

For inneværende år foreligger selvsagt ikke resultatene ennå, da ablasjonen (avsmeltingen) ikke er avsluttet. Men for akkumulasjonen foreligger endel resultater, og vi skal i denne redegjørelse se litt på akkumulasjonens utvikling i løpet av vinteren 1963-64 for en utvalgt bre.

Metoder.

Måling av snøakkumulasjonen på en bre kan ikke utføres på samme måte som snømålinger i skog og fjellterreng eller med instrumenter som brukes ved slike målinger (Klæboe 1937, Tryselius 1940).

Snøen på breene er nemlig i alminnelighet så hardt pakket at det vanlige snømåleutstyret er ubrukelig. Dessuten har man på breens høyestliggende deler ingen fast flate å måle ned til - der ligger bare en diskontinuitetsflate mellom årets snø og eldre snø (firn). Denne flate kan være vanskelig å bestemme, og som regel må man grave seg ned og fastslå overgangen til firnen ved hjelp av helt spesielle metoder.

Vannverdien av snølaget bestemmes ved å veie snøprøver tatt kontinuerlig fra overflaten og nedover i sjakter som graves ned til forrige års sommerflate, mens tykkelsen av snølaget kan bestemmes ved sonderinger og ved boringer. (For nærmere detaljer henvises til Østrem og Karlén 1962).

Man kan også måle den voksende snømengden på staker som plasseres ut på breen før vinteren setter inn. Men det har dessverre vist seg at kombinasjonen mellom kraftig, tung rimfrost og sterk vind lett kan ødelegge stakene. Vinteren 1963-64 ble i ett tilfelle over 50 % av alle utsatte staker på Folgefonni bøyd ned og begravet av snø i løpet av noen uker. På breene i landets nedbørrikeste områder faller det dessuten så veldige snømengder at de vanlige 5-m stakene ikke er lange nok for å registrere hele vinterens akkumulasjon. I slike tilfelle må man besøke breen flere ganger i løpet av vinteren og skjøte stakene etter hvert som de snør ned. Men på grunn av

risikoen for vindskader med påfølgende nedbøyning og begravning i snøen, kan stakene ikke forlenges mer enn 1 - 2 m ad gangen. I praksis vil dette si at breene bør besøkes med 4 - 8 ukers intervall i løpet av vinteren - noe som dog dessverre ikke alltid er gjennomførbart.

Ved de kontroller av stakenettet som foretas på vinteren måles samtidig snødyp og tetthet, og vi får derved en viss oppfatning om snødekkets utvikling i løpet av snøakkumulasjonssesongen. Etter hvert besøk på breen beregnes den totale akkumulasjon frem til besøksdagen, vanligvis ved at man konstruerer et såkalt akkumulasjonskart over breen. Noen eksempler på slike kart er vist i figurene 1 og 2.

Ved planimetrering av alle områder med samme akkumulasjon innenfor hvert enkelt høydeintervall (se eksemplet i Tabell 1) kan man regne ut den totale akkumulasjon på breen. Ved divisjon med brearealet får man så den gjennomsnittlige akkumulasjon for hele det undersøkte breområdet. Dette tall, angitt i cm vannverdi (nedbørhøyde) er brukt i det følgende ved sammenlikninger mellom breene og de meteorologiske stasjonene.

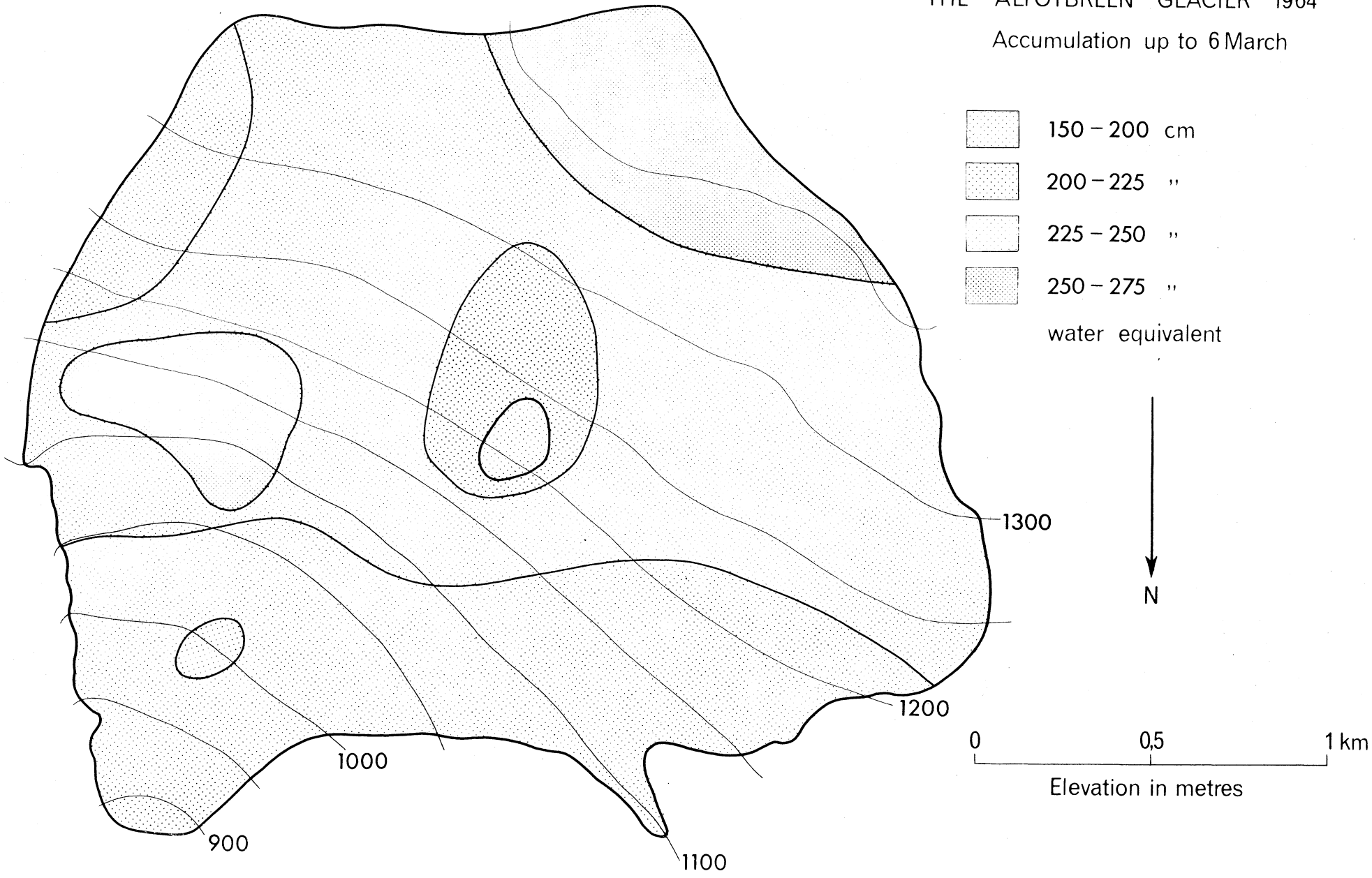
Resultater.

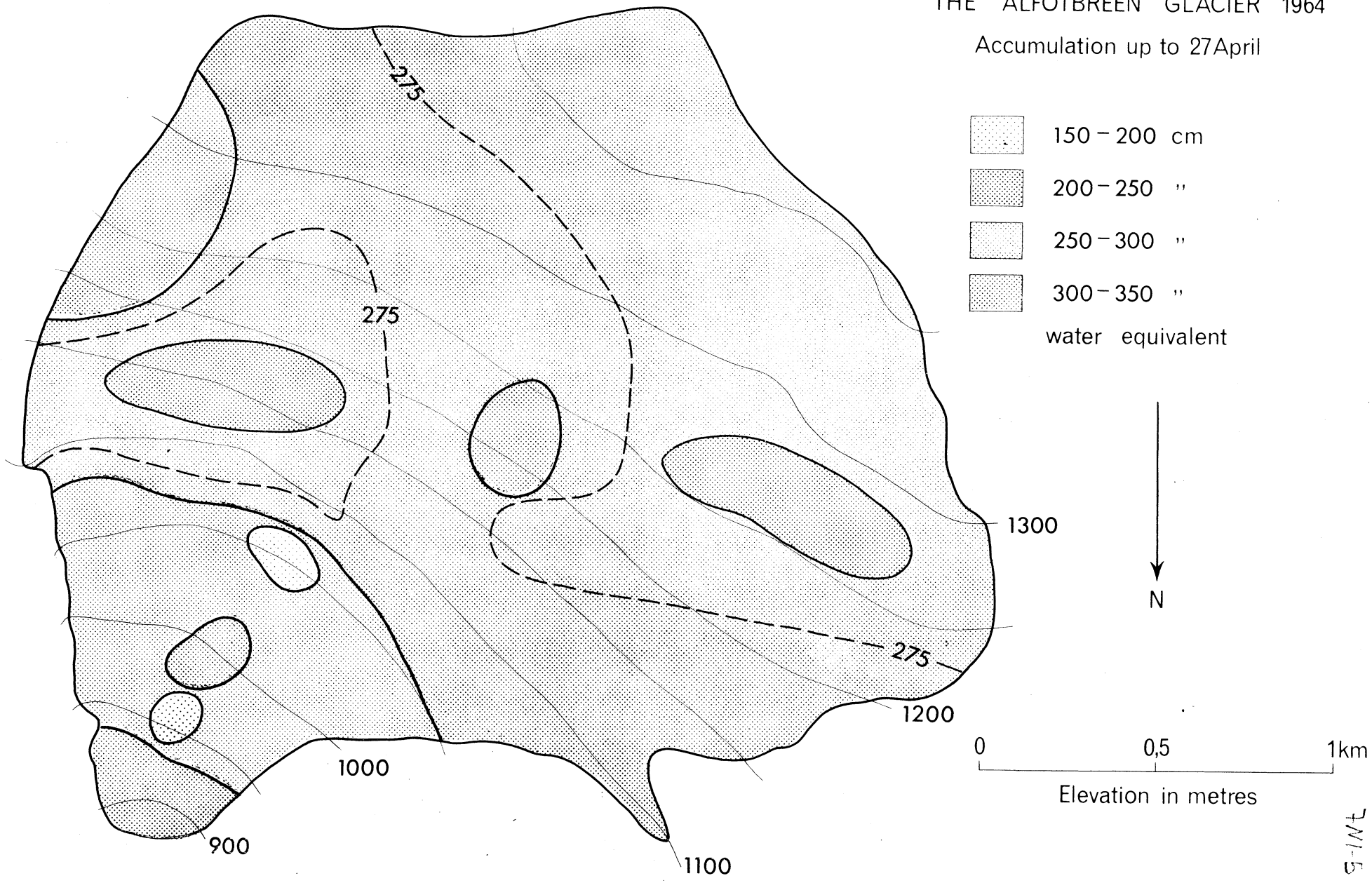
For Ålfotbreen foreligger det ialt 4 akkumulasjonsmålinger foretatt i løpet av vinteren 1963-64. Den midlere akkumulasjon, regnet i cm vannverdi fra foregående års sommerflate var:

22 oktober	1963:	68 cm
16 desember	1963:	82 "
5 mars	1964:	235 "
27 april	1964:	269 "

(Ved den siste målingen hadde avsmeltning begynt på breens laveste deler, mens man på de høyeste ennu vil få noen ytterligere akkumulasjon i mai)

Tiden for akkumulasjonens begynnelse er ikke blitt direkte observert, men ved utgivelse av sine snøakkumulasjonskart (se Jakhelln 1951) foretar Det Norske Meteorologiske Institutt en beregning av tidspunktet for akkumulasjonens begynnelse. Høsten 1963 ble denne dato fastlagt til den 29. september for 1200-meternivået.


THE ÅLFOTBREEN GLACIER 1964
Accumulation up to 6 March
150 – 200 cm
200 – 225 "
225 – 250 "
250 – 275 "
water equivalent
N
1300
1200
1000
900
1100
0
0,5
1 km
Elevation in metres


THE ÅLFOTBREEN GLACIER 1964
Accumulation up to 27 April
150 – 200 cm
200 – 250 "
250 – 300 "
300 – 350 "
water equivalent
N
275
275
275
1300
1200
1000
900
1100
0
0,5
1km
Elevation in metres

TABELL 1. Ålfotbreen, akkumulasjon pr. 27. april 1964.

Høyde-intervall m.o.h.	150 - 200cm vannverdi		200 - 250cm vannverdi		250 - 275cm vannverdi		275 - 300cm vannverdi		300 - 350cm vannverdi		Bre-areal i	Akkumulasjon i
	km²	mill. m³ vann	km²	mill. m³ vann	km²	mill. m³ vann	km²	mill. m³ vann	km²	mill. m³ vann	km²	mill. m³ vann
900 - 950			0,02	0,05	0,09	0,24					0,11	0,29
950 - 1000	0,01	0,02	0,13	0,29	0,02	0,05					0,16	0,36
1000 - 1050	0,01	0,02	0,29	0,65	0,01	0,03					0,31	0,70
1050 - 1100	0,01	0,02	0,10	0,22	0,23	0,60	0,06	0,17			0,40	1,01
1100 - 1150					0,31	0,81	0,13	0,37	0,06	0,20	0,50	1,38
1150 - 1200			0,04	0,09	0,25	0,66	0,15	0,43	0,07	0,23	0,51	1,41
1200 - 1250			0,09	0,20	0,21	0,55	0,34	0,98			0,64	1,73
1250 - 1300			0,09	0,20	0,29	0,76	0,31	0,89	0,15	0,49	0,84	2,34
1300 - 1350			0,03	0,07	0,35	0,92	0,64	1,84			1,02	2,83
1350 - 1400							0,26	0,75			0,26	0,75
Areal km²	0,03	-	0,79	-	1,76	-	1,89	-	0,28	-	4,75	
Akkum. mill. m³	-	0,06	-	1,77	-	4,62	-	5,43	-	0,92	-	12,80

Jevnt fordelt blir dette et 269 cm vannlag på breen

7NI-6

Hvis denne dato skal ansees representativ for hele Ålfotbreen (ca. 900 - 1100 m. o. h.) så betyr dette at de først observerte 68 cm akkumulasjon på breen falt i tiden 29/9 - 22/10 1963.

For å få en oppfatning om dette kan være rimelig og for dessuten å få en jevnførelse mellom observerte verdier på breen og målt nedbør ved noen meteorologiske stasjoner, er de ovenfor nevnte verdier satt inn i et diagram sammen med kumulativ nedbør ved 3 nærliggende stasjoner. For alle kurver er den 29. september 1963 satt som begynnelsespunkt, slik at all nedbør etter denne dato er summert for de 3 stasjoner. Breens akkumulasjon er som nevnt målt 4 ganger, og summasjonen for de 3 nedbørstasjoner er ført fram til de samme 4 tidspunkter.

Resultatet vises i fig. 3.

Av figuren ser man at akkumulasjonen på Ålfotbreen, som ventet er større enn nedbøren i tilsvarende perioder ved nedbørstasjonene som ligger ved havets nivå. Man ser også at når den samlede akkumulasjon øker, så foregår det en sterkere økning i de høye nivåer (d. v. s. på breen).
Dette forhold kan belyses i følgende tabell:

Tabell 2

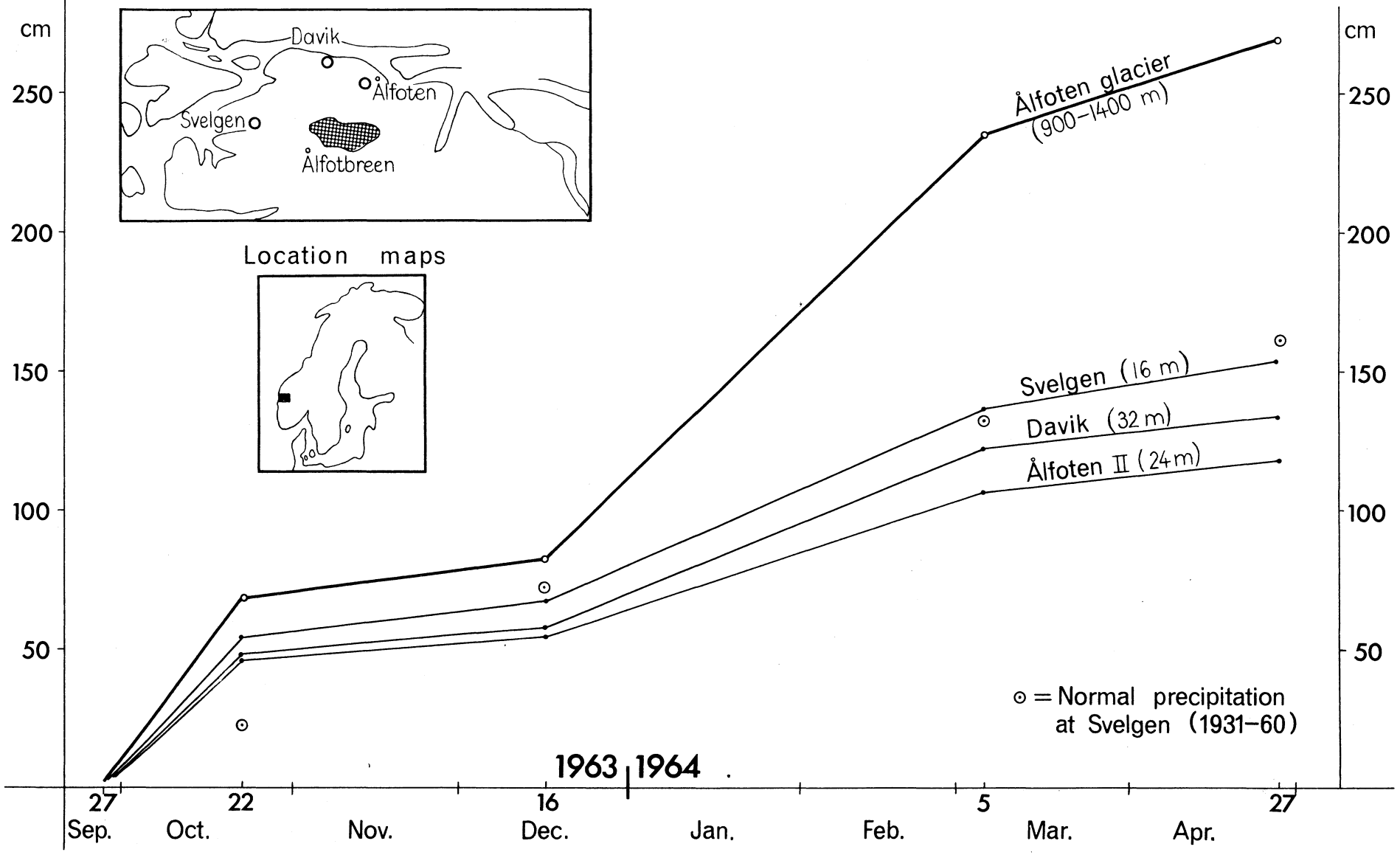
Kumulativ nedbør, resp. snøakkumulasjon, regnet fra 29. sept. 1963.

Dato	SVELGEN kumul. cm	SVELGEN økning %	DAVIK kumul. cm	DAVIK økning %	ÅLFOTEN kumul. cm	ÅLFOTEN økning %	ÅLFOTBREEN kumul. cm	ÅLFOTBREEN økning %
22/10-63	54, 4	-	47, 4	-	47, 1	-	68	-
16/12-63	67, 3	24	54, 8	16	54, 8	16	82	21
5/3 -64	136, 6	103	122, 2	116	106, 5	94	235	187
27/4 -64	154, 0	13	134, 1	10	118, 5	11	269	15

Som man ser av tabellen er den prosentuelle økning på breen hele 187 % i tiden 16. des. - 5. mars, mens den for de tre nedbørsstasjonene holder seg omkring 100. Selv om det foreliggende materiale er lite, har vi allikevel forsøkt å framstille ovennevnte forhold grafisk.

CUMULATIVE WINTER PRECIPITATION DIAGRAMS 1963-64.

Location maps



8-14

Middeltallet for den prosentuelle nedbørsøkning for de 3 meteorologiske stasjoner regnes langs x-aksen, mens den prosentuelle økning i akkumulasjonen på breen regnes langs y-aksen. Sammenhørende verdier, d. v. s. verdier gjeldende for samme tidspunkt er deretter avsatt som punkter i diagrammet. Se fig. 4.

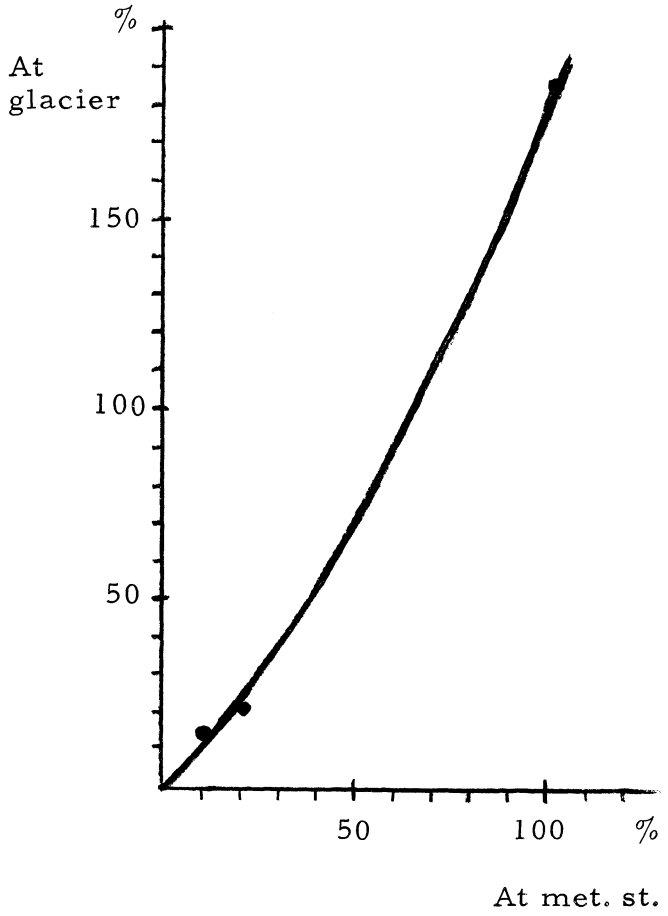


Fig. 4. Accumulation increase (in %) in selected time intervals.

De tre punkter kan, sammen med origo, ligge på en kurve (antydet i figuren) som i så fall skulle vise at tilveksten i akkumulasjon skjer sterkere i de høye nivåer enn i de lave (der nedbørmålingene foretas).

Først når man har flere målinger, enten fra samme bre eller fra flere forskjellige breer, kan vi dog trekke noen generelle slutninger.

I samband med kontroll av stakene er det derfor viktig å måle hele akkumulasjonen på breene flere ganger i løpet av vinteren; spesielt gjelder dette for breer i kyststrøkene der vi får den største akkumulasjon.

LITTERATUR

Jakhelln, A. 1961: Maps of snow accumulation - a meteorological aid to hydrology.
Ass. Int. d'Hydr. Scient. Ass. Générale de Bruxelles 1951. Tome 1, p. 270 - 276.

Klæboe, H. 1937: Litt om snemålinger.
Norsk geogr. tidsskr. 6(1936 - 1937)p. 337 - 341.

Liestøl, O. 1962: Areas and number of the glaciers and the snowfields. In: "Glaciers and snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold.
Norsk Polarinstitutt. Skrifter nr. 114, p. 28 - 54.

Tryselius, O. 1940: A short comparison between the Finnish and the Swedish snow samplers.
Geografiska Annaler 22, p. 182 - 187.

Østrem, G. og Karlén, V. 1962: Nigardsbreens hydrologi 1962.
Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961 - 1962) p. 156 - 202.
(Trykt 1963).

Østrem, G. og Liestøl, O. 1962: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963.
Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961 - 1962) p. 281 - 340.
(Trykt 1964)

SUMMARY

The development of the snow cover on a glacier.

As a result of requests from water power authorities, glacier mass balance studies have been started on several Norwegian glaciers during recent years.

As the glaciers have considerable influence on hydrology of rivers draining glaciated areas, it is of importance to obtain knownledge of the behavior of the glaciers, i.e. their mass balance. It is obvious that glaciers act as long-term reservoirs. During cold summers some of the winter snow will remain on the glacier, thus increasing its mass. During warm summers, however, all the winter snow will melt and in addition a part of the glacier also melts, thus decreasing the mass of the glacier. As more than 3000 km² of Norway is glacier covered (a little more than 1 % of the total country, figures according to Liestøl 1962), the study of glacier mass balance has proved to be important.

For the study of the mass balance, the total accumulation and the total ablation are measured on a selection of Norwegian glaciers. As soon as the glaciological year has terminated (generally at the middle of September), the mass balance is calculated for each glacier. In 1962 the mass budgets were strongly positive, in 1963 negative.

For 1964 no results are as yet available, but the accumulation has been recorded by field measurements during the winter 1963-64. Some results of these studies are stated in this preliminary report.

The methods and instruments used for glacier accumulation measurements are different from those used for Scandinavian snow inventories (Tryselius 1940) as the snow normally is more hard packed on the glaciers. (The methods used on the glaciers are fully described in Østrem & Karlén 1962). When stakes are used for accumulation recordings, it is necessary to extend their lengths in the course of the accumulation season, at least on the glaciers situated in the western part of Norway, where heavy precipitation occurs. In some cases the stakes have to be extended several times during the winter, as the snow cover may exceed 10 metres on the highest parts of some of the glaciers. At the same time as the stakes are extended, the

accumulation is measured, thus making possible - at least to some extent - following of the development of the snow cover on the glaciers. Accumulation maps are compiled, showing the situation at different times during the winter. See, for example, the maps shown on figs. 1 - 2.

By measuring the different areas on these maps, the accumulation distribution within each elevation interval can be tabulated, see Table 1. The total accumulation on the glacier is found, and by dividing by its area the average is computed. This figure, giving the water equivalent in centimetres, will be used in the following, when comparisons between glacier accumulation and recorded precipitation at the meteorological stations are made. From the Ålfotbreen glacier 4 accumulation measurements are available for the winter of 1963-64. As the beginning of the accumulation season was not directly observed in the field, a calculation has been made by the Norwegian Meteorological Institute (in connection with the preparation of snow accumulation maps, see Jakhelln 1951) giving the date 29 September 1963 as the first day of snow accumulation for the altitude 1200 m. a. s. l.

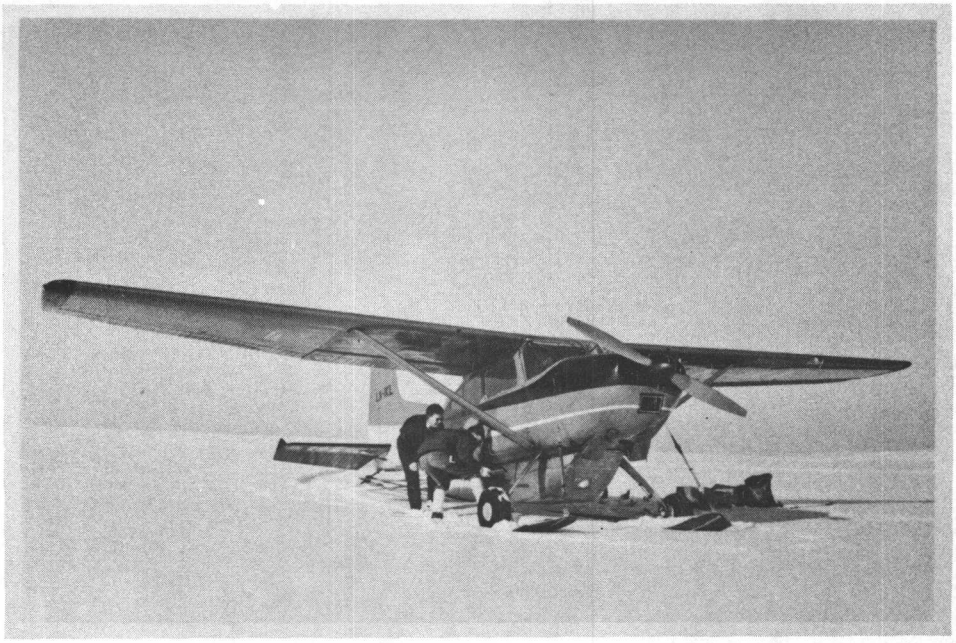
From that day (29. sept.) the cumulative precipitation at 3 different meteorological stations situated near the glacier has been computed.

The figures are placed in a diagram together with the accumulation measurement results, see Fig. 3.

Naturally, the accumulation on the glacier is larger than the precipitation measured at the meteorological stations situated near the sea level, but also the rate of accumulation increase seems to be larger on the glacier. As an example, the precipitation from 16. December to 5. March may be considered. At the meteorological stations, the increase in cumulative precipitation is about 100 % in this time interval, whereas the accumulation increases 187 % on the glacier in the same time.

In spite of the small number of observations, an attempt has been made to demonstrate this peculiarity in a diagram, see Fig. 4. From the graph, which may be drawn based on the 3 points (and origin), it is likely that the accumulation rate increases with altitude.

It is obvious however, that a large number of observations must be made before more general conclusions can be drawn.



Øverst: Fra akkumulasjonsmålingene i mars 1964 da et fly for første gang landet på Ålfotbreen.

Nederst: Akkumulasjonsstakene skjøtes. Merk termistor-kabler som er festet til staken. Den tynne staven er en stålsonde (for måling av mindre snødyp)

Serien "Rapporter fra Hydrologisk avdeling" utgis av Hydrologisk avdeling ved Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.
Adresse: Postboks 5091, Oslo 3.

Hittil er utgitt:

Nr. 1. J. Otnes: Enkle metoder til bruk under feltarbeide. (6 s.)

Nr. 2. V. Karlén og G. Østrem: Snøens akkumulasjon på Ålfotbreen 1963 - 64. (13 s.)

Nr. 3. A. Tollan: Litt om maksimalflommer og statistisk behandling av forskjellige flomtyper. (13 s.)