NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN

GLASIOLOGISKE UNDERSÖKELSER I NORGE 1974

RAPPORT NR. 5-75

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO DESEMBER 1975

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN

GLASIOLOGISKE UNDERSÖKELSER I NORGE 1974

Redigert av Arve M. Tvede, Björn Wold og Gunnar Östrem

Bidragsytere: Svein Gulbrandsen, Olav Liestöl, Sigmund Messel, Arve M. Tvede og Gunnar Östrem

RAPPORT NR. 5-75

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO DESEMBER 1975

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

FORORD

Da Brekontoret ble opprettet i begynnelsen av 60-årene var den förste store oppgaven å undersöke hvordan Jostedalsbreen innvirket på hydrologien i omkringliggende vassdrag med stort bre-tilsig. Bremålinger på hele Jostedalsbreen ville vært en umulig oppgave, så derfor ble Nigardsbreen valgt som en god representant for utlöperne på östsiden av breplatået. Siden 1962 foreligger det nå pålitelige tall for Nigardsbreens massebalanse, og det viser seg at breen stort sett har öket i volum, i gjennomsnitt for perioden 1962-74 har den hvert år holdt tilbake en vannmengde som tilsvarer 440 mm nedbör. Dette kan tyde på at den lange perioden med generell bre-tilbakegang vi har hatt siden 1930-årene nå holder på å avlöses av en periode med bretilvekst. Dette vil i så fall gjöre seg gjeldende bl.a. ved at en del av årsnedbören lagres på breen og en tilsvarende vannmengde unndras fra nedenforliggende vassdrag.

Siden 1962 har Brekontoret hvert år undersökt massebalansen ved en rekke utvalgte breer i Norge, noen nye breer har etterhvert kommet til, og ved noen breer er måleserien avsluttet fordi datamaterialet var tilstrekkelig for den beregningsoppgave som skulle löses.

Hvert år er resultatene blitt bearbeidet og publisert i en rapport. Foreliggende publikasjon redegjör for resultatene fra Brekontorets glasiologiske virksomhet i 1974 - i en annen rapportserie publiseres resultatene fra undersökelser av materialtransporten i utvalgte bre-elver.

Rapporten er som vanlig et resultat av et samarbeid mellom flere personer. A. Tvede utförte den störste delen av arbeidet med rapporten idet han foretok beregninger, utarbeidet figurmaterialet og skrev sin del av teksten för han reiste til Canada på forsommeren 1975. B. Wold overtok senere det videre redaksjonsarbeid som han fullförte utover hösten. Rentegningen ble utfört av tegnerne B. Braskerud, E. Omholt og T. Torsæter. Renskrivingen er foretatt av fru E. Khan og fru A. Hertzberg.

Sist, men ikke minst bör nevnes at undersökelsene bekostes dels av Hydrologisk avdeling som et ledd i de generelle hydrologiske undersökelser, dels av Statskraftverkene som et ledd i planleggingen av eventuelle nye utbygginger og dels av Sogn og Fjordane Kraftverk.

Oslo i desember 1975

Gunnar Östrem

INNHOLD

	Side
Materialhusholdningen, meteorolgiske og hydrologiske undersökelser ved utvalgte breer (Arve Tvede)	3
Innledning	3
Metodikk	5
Ålfotbreen	8
Blomsterskardbreen	12
Gråbreen	13
Nigardsbreen	20
Hardangerjökulen (Olav Liestöl)	26
Storbreen (Olav Liestöl)	27
Hellstugubreen	27
Gråsubreen	30
Högtuvbreen	32
Engabreen	39
Trollbergdalsbreen	46
En sammenligning av materialhusholdningen på de enkelte breer (Arve Tvede)	50
Energibalansen på utvalgte breer (Sigmund Messel)	53
Innledning	53
Metoder og instrumenter	54
Resultater	54
Diskusjon	59
Nytt kart over Nigardsbreen (Gunnar Östrem)	61
Kart over triangelnett ved endel breer (Svein Gulbrandsen)	64
Summary (Gunnar Östrem)	65
Mass balanses studies, meteorological and hydrological investigations at selected glaciers	65
Special radiation studies	67
New glacier map of Nigardsbreen	68
Maps of triangulation networks	69
Litteratur	70

MATERIALHUSHOLDNINGEN, METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE UNDERSØKELSER VED UTVALGTE BREER

Innledning

I 1974 er det av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen foretatt glasiologiske undersökelser på 5 breer i Sör-Norge (fig. 1). Disse breene faller naturlig i 4 grupper, 1) Ålfotbreen, 2) Folgefonni, 3) Nigardsbreen og 4) breer i Jotunheimen.

På Ålfotbreen foretas undersökelsene på en nordvendt brearm. Denne drenerer til Store Åskåra som nå er ferdig utbygd av Sogn og Fjordane fylke. Undersökelsene her er pålagt utbyggeren ved konsesjon, og utgiftene deles likt mellom Elektrisitetsforsyninga i Sogn og Fjordane fylke og Hydrologisk avdeling. Målingene har pågått siden hösten 1962. Foruten materialbalansemålinger er det også foretatt endel spesielle meteorologiske målinger.

På Folgefonni önsket en å öke kjennskapet til de generelle glasio- hydrologiske forholdene i dette breområdet. Dette for å kunne öke effektiviteten av kraftstasjonene Mauranger og Jukla som begge drives på vann fra deler av Folgefonni. En har valgt å foreta målinger av materialhusholdningen på Gråbreen, en nordvestlig utlöper av hovedplatået. Denne breen inngikk også i et område som ble undersökt i perioden 1963-68.

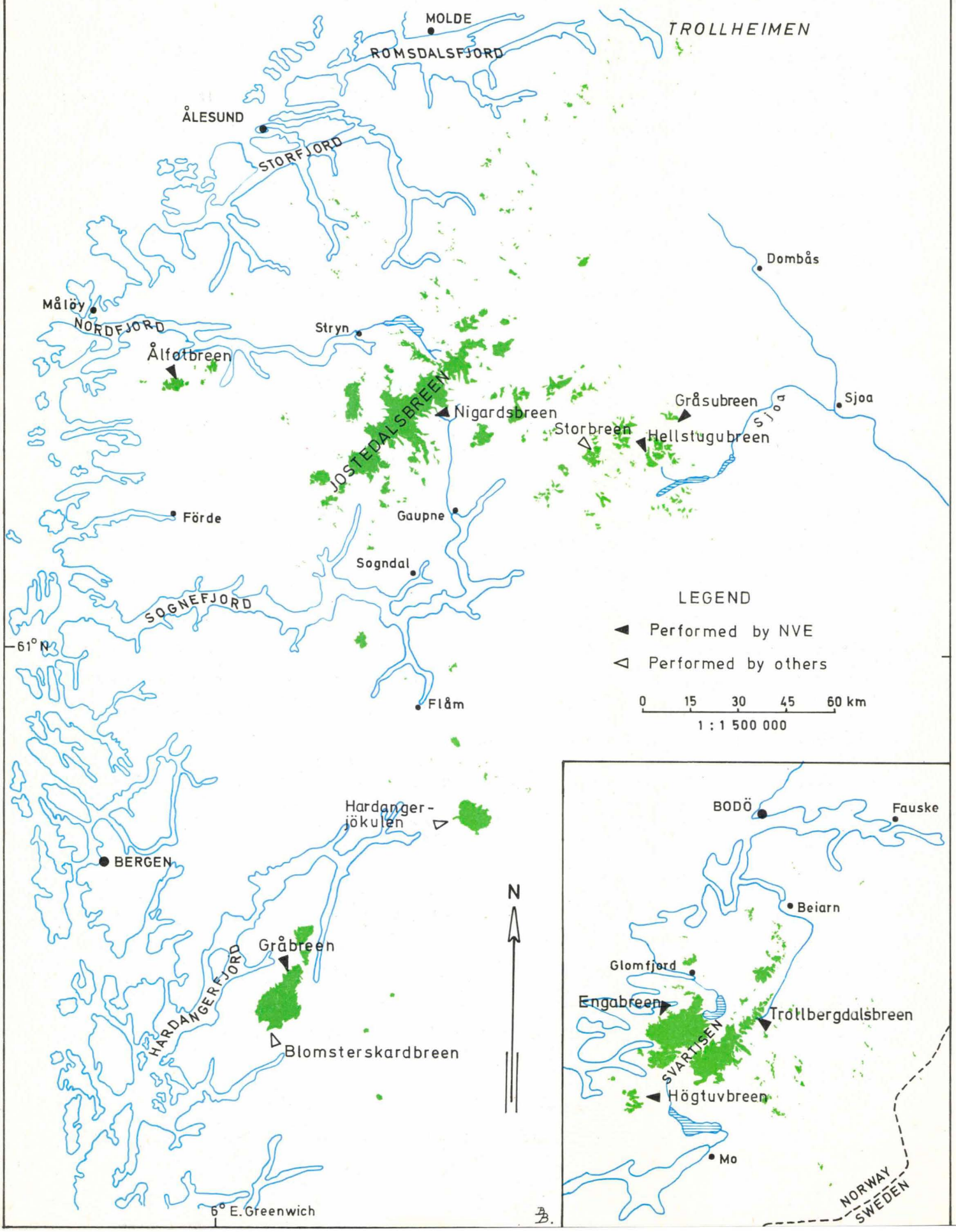
Arbeidene på Nigardsbreen har pågått siden 1962 og var den förste bre hvor Brekontoret utförte målinger av materialhusholdningen. Breen er spesielt interessant som hydrologisk objekt da konsesjonssöknaden for Breheimverkene forutsetter et subglasialt elveinntak under selve bretunga. Utgiftene belastes Statskraftverkenes planleggingsavdeling.

På Hardangerjökulen er materialbalansen målt på Rembesdalsskåki som drenerer til Simadalen og inngår i Eidfjord-anleggenes interesseområde. Undersökelsene, som ble igangsatt i 1963, er fra og med 1971 finansiert av Norsk Polarinstitutt.

I Jotunheimen er materialhusholdningen målt på Hellstugubreen og Gråsubreen. På begge disse breene har målingene pågått siden 1962. Utgiftene belastes nå Hydrologisk avdelings budsjett og disse to breene tenkes å inngå som en del av et mer permanent program for overvåking av langsiktige volumendringer. I tillegg holder Norsk Polarinstitutt igang målinger på Storbreen i Vest-Jotunheimen.

I 1970 ble det satt igang målinger av Engabreen og Trollbergdalsbreen i Svartisområdet, Nordland fylke. Disse ble supplert med undersökelser av en utlöper

Fig. 1 MASS BALANCE STUDIES OF NORWEGIAN GLACIERS 1974



fra Högtuvbreen i 1971. Undersökelsene er en del av Svartisundersökelsene hvis glasiologiske del er underlagt Brekontoret fra hösten 1972. På alle disse breene er det i tillegg utfört meteorologiske observasjoner samt registreringer av nedbörsfordelingen i brefeltet.

Metodikk

Materialhusholdningen

Metodikken som brukes ved massebalansemålinger av norske breer er utförlig beskrevet i tidligere årsrapporter fra Hydrologisk avdeling, se f. eks. Pytte 1969 og 1970. Arbeidsprosedyrer og måleteknikken som anvendes, bygger i hovedtrekkene på en arbeidsmanual utarbeidet av G. Östrem og A. Stanley. Interesserte henvises til denne (Östrem & Stanley 1969).

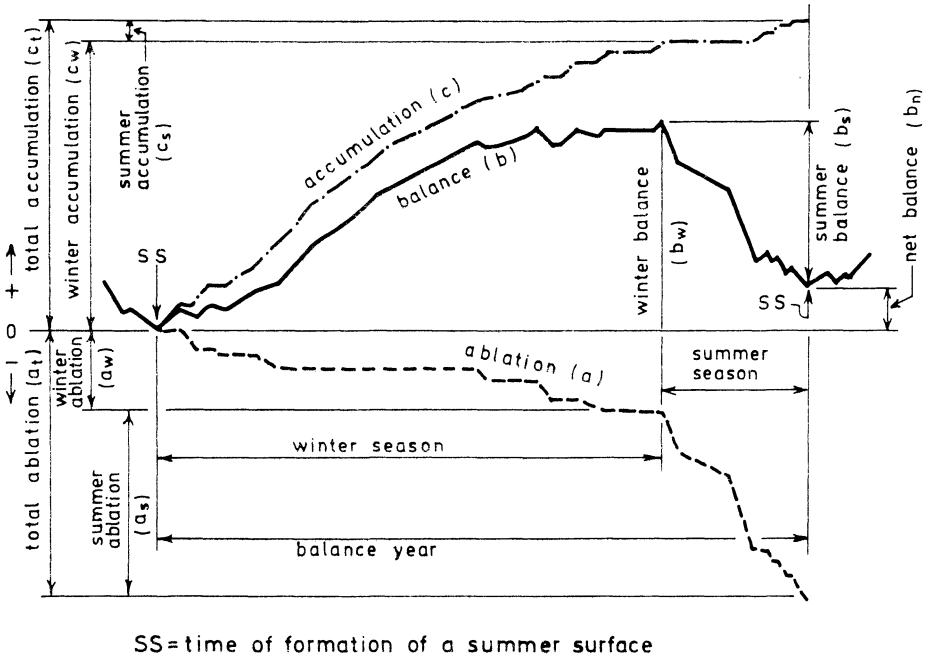
Målingene er i 1974 fortsatt etter tidligere års prinsipper som en har funnet hensiktsmessig ved praktisk bruk. Terminologien bygger på de retningslinjer som er utarbeidet av "Commission on Snow and Ice of the International Association of Scientific Hydrology" (UNESCO 1970). Betydningen av de forskjellige termer og symboler er illustrert på fig. 2.

Vinterbalansen måles normalt i månedene april og mai ved sondering av snödypet i flere punkter utover breflaten. Sonderingene refererer seg alltid til forrige års sommeroverflate som kan bestå av breis eller firn, alt etter hvor på breen en befinner seg. I det förste tilfelle er det normalt ingen vanskelighet å kjenne sommeroverflaten med sonden, mens det kan være vanskelig og ofte umulig å lokalisere forrige års snöoverflate, dersom denne er dårlig utvilklet. I slike tilfeller er en avhengig av målinger på staker nedboret i breen.

Ved å ta opp snöpröver med et kjernebor er det også mulig å lokalisere siste sommers snöoverflate dersom denne framstår som en distinkt horisont. Dette er en meget arbeidskrevende prosess, hvis den må benyttes i mange punkter.

Snöens tetthet måles bare i noen få punkter på breen og fortrinnsvis i forskjellige höydenivåer. Den vanligste metoden er å grave seg ned til sommeroverflaten og måle volum og vekt av snödekket med en stålsylinder som slås vertikalt ned i snöen. Er snödypet over 4-5 m blir denne arbeidsmåten vanskelig å praktisere og en er nödt til å ta opp snöpröver med et kjernebor for å kunne foreta tetthetsbestemmelse.

Snöens vannverdi kan deretter bestemmes i en rekke punkter utover breoverflaten. Alle punktene plottes over på et kart og breens totale vinterbalanse (b_w) kan bestemmes ved å planimetrere dette kartet.



SS = time of formation of a summer surface

Fig. 2 Balansen i et punkt er vist som funksjon av tiden, og den terminologi som benyttes i det stratigrafiske system er angitt.

The balance as measured at a point is illustrated in relation to time. The terms used in the stratigraphic system are indicated in the diagram.

Som oftest vil det akkumulere endel snö på breen også etterat hovedmålingene er foretatt. Denne tilleggsakkumulasjonen kan enkelte ganger måles direkte ved målestakene, men vanligvis må den beregnes ut fra nedbör og temperaturobservasjoner på meteorologiske stasjoner nær breen. I årets resultater er vinterbalansen angitt som balansen målt ved hovedmålingene dersom ikke annet er nevnt i teksten.

Sommerbalansen måles i utvalgte punkter på breen ved at de horisontale forandringer ved stakene registreres gjennom sommeren. Dette gjöres ved å ta parallelle målinger av stakenes lengde over breoverflaten samt av tettheten i den gjenværende snö og firn. Siste måling foretas normalt etter at neste balanseårs akkumulasjon har startet. Sommerbalansen målt ved stakene, overföres til et kart over det aktuelle breområdet og isolinjer gjennom punkter med lik sommerbalanse kan trekkes. Kartet kan så planimeterbehandles og de sökte verdier B_s og b_s beregnes. Sommerbalansen fordeler seg normalt mer regelmessig over breflaten enn vinterbalansen ved at den nesten alltid vil synke med stigende höyde. Særlig utpreget er dette på de maritime breene hvor konveksjon fra varm luft yter et vesentlig bidrag til smelteprosessen. En nöyaktig måling av sommerbalansen kan derfor basere seg på langt færre punktmålinger enn vinterbalansen.

Nettobalansen beregnes som den algebraiske sum av vinterbalansen og sommerbalansen ($b_n = b_w + b_s$) og er positiv i det tilfellet at breen har öket sin masse i löpet av balanseåret, negativ dersom breens masse er blitt mindre. Gjennom de punkter på breen hvor nettobalansen er null kan trekkes en såkalt likevektslinje.

Meget av utregningsarbeidet er tidkrevende når det skal gjöres for hånd. En pröver derfor å la den maskinelle bearbeiding overta planimetreringsarbeidet i störst mulig grad. Et dataprogram utarbeidet av sivilingeniör P. Solberg er tilpasset NVE's dataanlegg. Dette programmet vil planimetrere kartene over vinter- og sommerbalansen etterat disse er ferdig tegnet og beregne de tilhörende verdier. Se nærmere beskrivelse av programmet og dets anvendelse i den glasiologiske rapporten for 1971 (Tvede 1973).

Meteorologiske og hydrologiske observasjoner og beregninger

Disse er stort sett foretatt etter samme mönster som forrige år, men antallet bemannete stasjoner var fra sommeren 1973 noe mindre enn tidligere år. Dette innebar at målinger av varmebalansen som de tre foregående sommere har vært utfört på Ålfotbreen, sommeren 1973 ble flyttet til Engabreen hvor en hadde fast bemanning hele sommersesongen. Tilsvarende målinger er også blitt foretatt på Nigardsbreen. Målingene er ment å skulle danne basis for en beregning av de forskjellige meteorologiske faktorers innflytelse på smelteprosessen, både som et gjennomsnitt for hele sommeren og i kortere perioder med forskjellige værforhold. Beregninger og presentasjon av materialet er utfört av cand. real S. Messel og finnes på s. 53 i denne rapport.

Ellers er registreringer av skydekket, vindretning og styrke, lufttemperaturen, fuktighet og nedbör foretatt etter omtrent det samme mönster som tidligere år (se Pytte 1970). Sommernedbörens fordeling er også forsökt registrert i noen brefelter ved måling av regnmengder oppsamlet i et större eller mindre antall "Pluvius"-målere. For Högtuvbreen og Engabreen har en presentert spesielle kart over fordelingen av sommernedbör, se kapitelet om disse breene.

Avlöpet fra de breer hvor en har faste observatörer blir registrert med limnigrafer eller vannstandsobservasjoner. Dögnavlöpet er beregnet og satt inn i observasjonsdiagrammene sammen med de tilhörende meteorologiske observasjoner. Alle observasjonsdiagrammer er også iår tegnet maskinelt med kurveplotteren på NVE's dataanlegg. Programmet som utförer plottingen, er utarbeidet av statshydrolog J. Andersen og metoden er arbeidssparende selv om endel ettertegning alltid vil være nödvendig for publikasjonsöyemed.

Ålfotbreen

Materialhusholdning

Vintersesongen var nedbörsrik på denne delen av Vest-Norge og samtlige måneder fra oktober til og med februar hadde nedbörsregistreringer godt over det normale. Mars og april var derimot nesten uten nedbör. Akkumulert vinternedbör lå likevel for perioden 1. oktober til 1. mai 15% over normalverdiene ved klimastasjonen Förde i Sunnfjord. Målinger av vinterbalansen på Ålfotbreen ble utfört såvidt tidlig som 5. - 9. mars fordi samtlige staker allerede var nedsnödd og en fryktet at sonderingsarbeidet ville bli vanskelig å utföre tilfredsstillende seinere på våren. I alt ble 155 sonderinger utfört etter sonderingsprofiler vist i fig. 3. Ved 4 staker ble det kjerneboret ned til sommeroverflaten og sammenlikninger med sonderingene viste god overensstemmelse i registrerte snödyp. Ved stake 49-74 og 26-74 ble det lagt ut fargefelt. Disse fargefeltene ble gjenfunnet ved et besök på breen 14. mai, men bare ved st. 49-74 kunne en registrere tilleggsakkumulasjon siden mars, tilsvarende 3 cm vannverdi. Verdiene for vinterbalansen er derfor beregnet direkte ut fra målingene i mars.

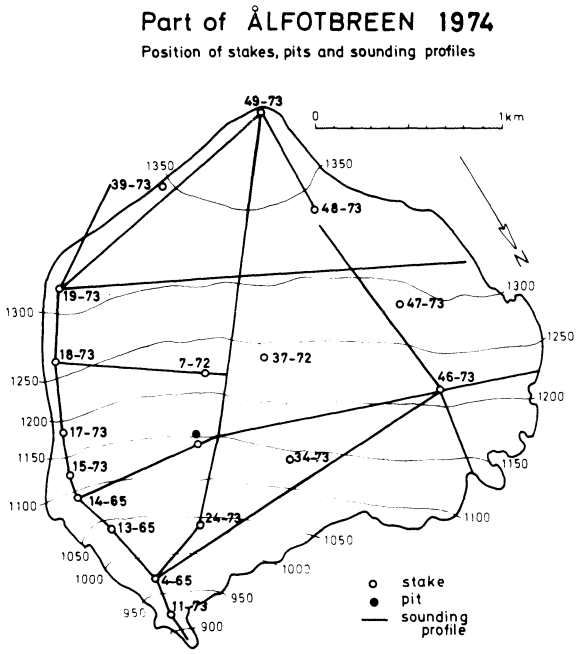


Fig. 3 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderinger på Ålfotbreen 1974.

The location of stakes, pits and soundings on Ålfotbreen 1974.

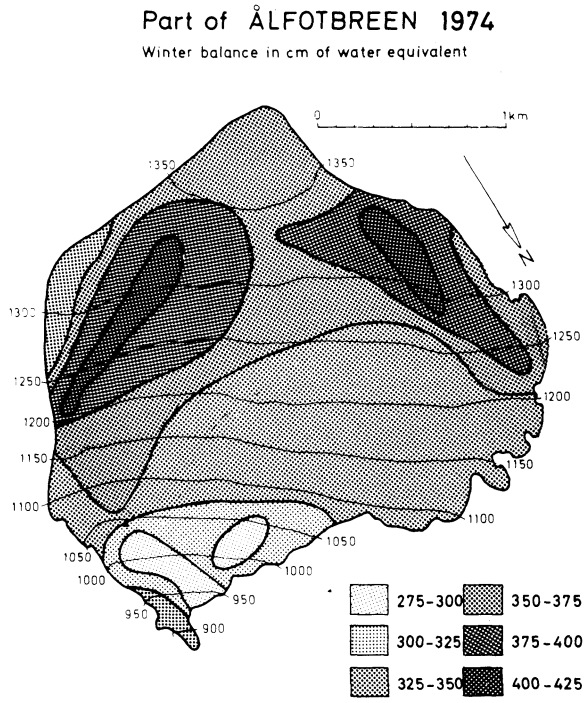


Fig. 4 Kart over vinterbalansen 1974.

Map showing the winter balance 1974.

Totalt utgjorde vinterbalansen 17,1 · $10^6 m^3$ eller jevnt fordelt 3,57 m vann (113 l/s km^2). Dette er 9 cm over middelverdien for de 11 foregående år med massebalansemålinger på Ålfotbreen.

Slutten av april og förste halvdel av mai var såvidt varm at ablasjonen var kommet godt igang ved en kontroll av stakene 14. mai. Ut over sommeren ble stakene kontrollert 13. juni, 11. juli, 12. august og 20. september. Bortsett fra juni som var litt varmere enn normalt, var sommersesongen kald og nedbörsrik. Særlig siste halvdel av juli var kjölig og en god del av nedbören må ha falt som snö på breens övre deler. Ablasjonen var også lav og totalt utgjorde sommerbalansen 12,2 · $10^6 m^3$ eller 2,54 m (80 l/s km^2) spesifikt beregnet. Ved besöket på breen 20. september var det kommet fra 10 til 40 cm nysnö og denne dato representerer sommersesongens slutt

For 5. år på rad kom Ålfotbreen ut med positiv nettobalanse i materialhusholdningen. Overskuddet i 1974 belöp seg totalt til 4,9 · $10^6 m^3$ vann som jevnt fordelt over hele breen tilsvarer 1,03 m (33 l/s km^2). Årets likevektslinje ble liggende som grensen mellom firn fra 1973 og snö fra 1974 i en höyde av 1065 m o.h., se fig. 6. Likevektslinja i et år med balanse i materialhusholdningen er beregnet til å ligge 1200 m o.h.

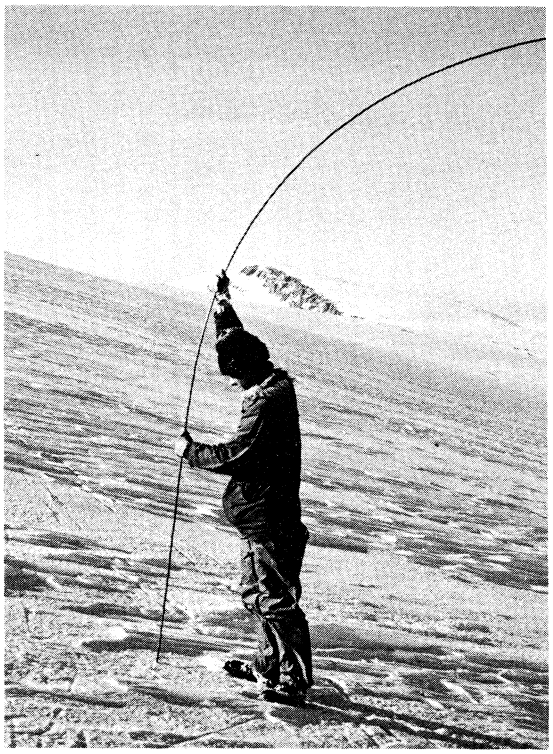


Fig. 5 Sondering av snödyp på Ålfotbreen 8. mars 1974. Sonden som benyttes er produsert i USA og har vist seg pålitelig ved sondering av snödyp opp til 12 meter.

Snow probing at the glacier Ålfotbreen in March 1974. The snow probe (sounding stick) consists of tank antenna sections made of a special steel alloy which gives the probe some flexibility. It can be used to determine snow pack thicknesses up to 12 metres.

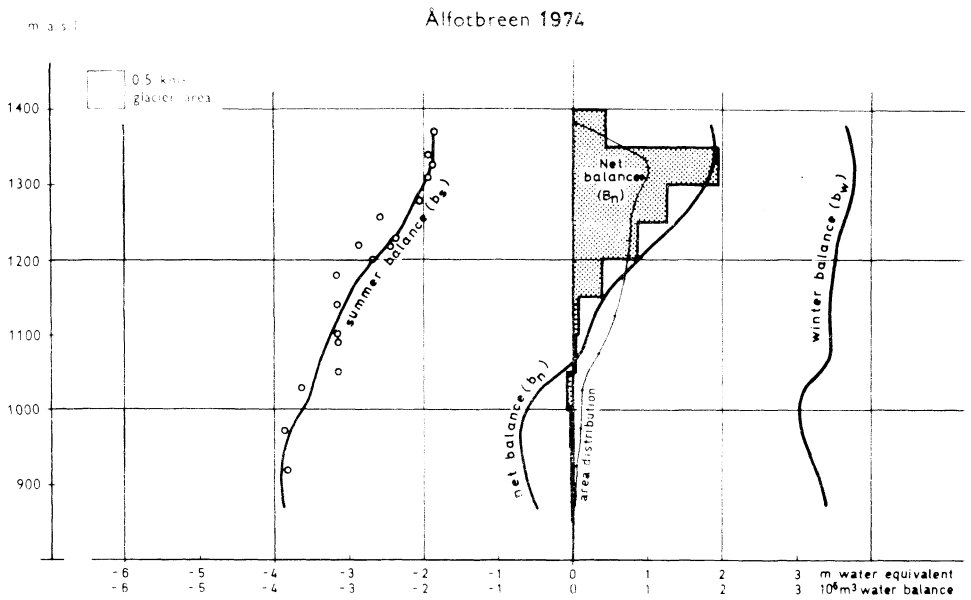


Fig. 6 Variasjonene med höyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balanse, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to elevation. Glacier area and areal values of net balance for every 50 m height interval are illustrated.

ÅLFOTBREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	Sommerbalanse B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	Nettobalanse B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1350-1378	0,245	0,889	3,63	115	0,460	1,88	59	0,429	1,83	58
1300-1350	1,029	3,896	3,79	120	1,930	1,88	59	1,966	1,91	60
1250-1300	0,801	2,993	3,74	118	1,722	2,15	68	1,271	1,59	50
1200-1250	0,761	2,735	3,59	113	1,850	2,43	77	0,885	1,16	37
1150-1200	0,649	2,247	3,46	109	1,854	2,86	90	0,393	0,60	19
1100-1150	0,553	1,890	3,42	108	1,734	3,14	99	0,156	0,28	9
1050-1100	0,356	1,227	3,45	109	1,189	3,34	105	0,038	0,11	4
1000-1050	0,216	0,661	3,06	97	0,751	3,48	110	-0,110	-0,42	-13
950-1000	0,125	0,381	3,05	96	0,470	3,76	119	-0,089	-0,71	-22
900- 950	0,047	0,153	3,22	102	0,182	3,88	123	-0,029	-0,66	-21
850- 900	0,004	0,014	3,38	107	0,015	3,88	123	-0,001	-0,50	-16
850-1378	4,786	17,086	3.57	113	12,157	2,54	80	4,929	1.03	33

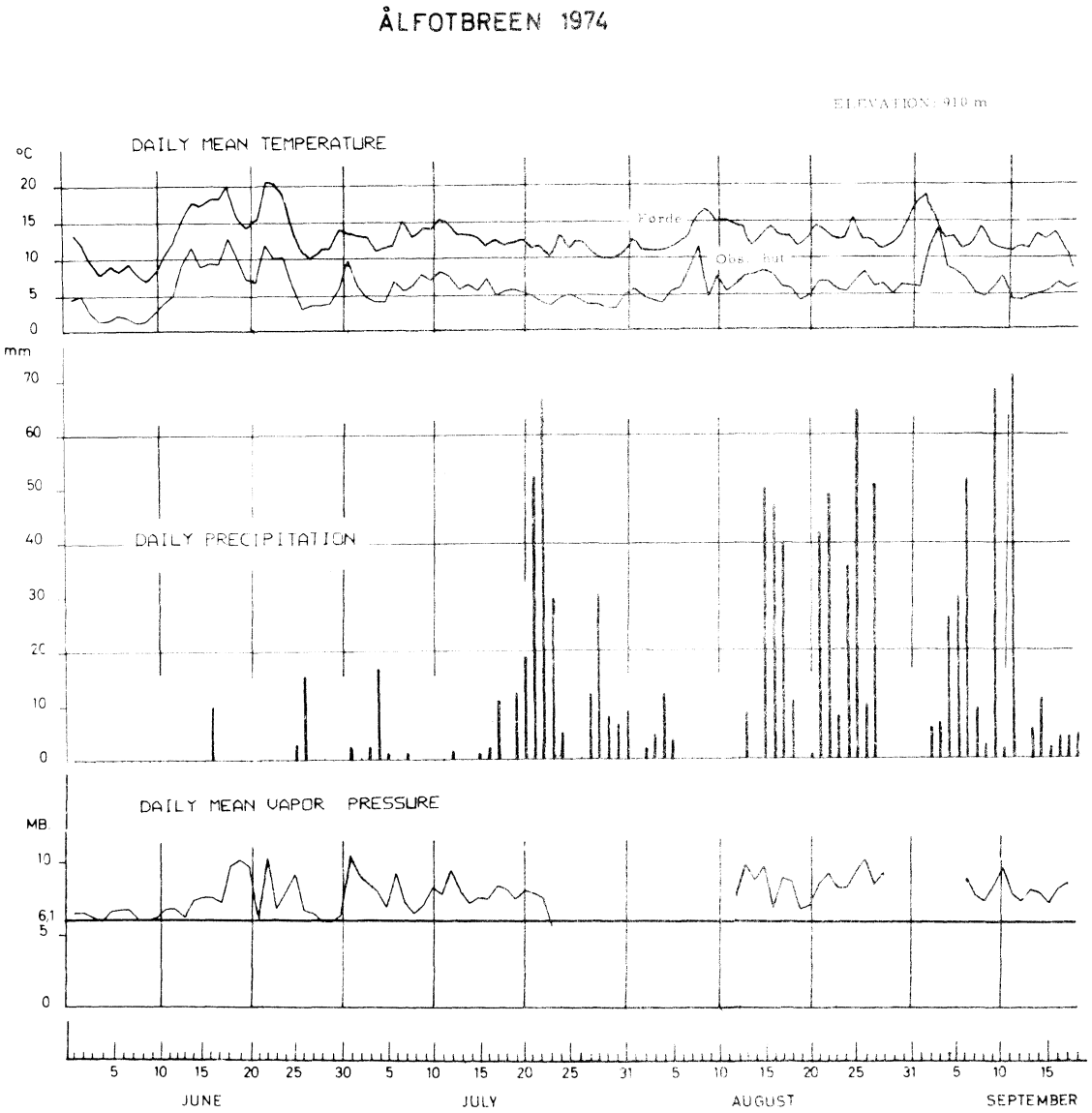


Fig. 7 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene ved observasjonshytta.

The results of the daily meteorological observations at Ålfotbreen.

Meteorologiske observasjoner

Lik de 2 foregående sommere var det satt opp en termograf, en hygrograf og en pluviograf ved observasjonshytta. Instrumentene fungerte godt bortsett fra kortere brudd i registreringene, og ble ettersett en gang hver måned. Resultatene er presentert visuelt i fig. 7.

Termografen fungerte godt i hele perioden fra 1. juni t.o.m. 18. september. Middelverdiene for juni, juli, august og 1.-18. september ble 5,9° C, 5,5°C, 6,3° C og 6,6° C. Middeltemperaturen for hele perioden ble 6,0° C. Ingen dögnverdi var under frysepunktet, kaldest var det 8. juni med 1,1° C. Varm-

este dögn var 3. september da det ble registrert 14,0° C. Temperaturgradienten mellom klimastasjonen Förde i Sunnfjord og Ålfotbreen er beregnet til 0,84° C /100 m i juni, 0,78° C /100 m i juli, 0,76 ° C /100 m i august og 0,87° C /100 m som middelverdi for hele perioden 1. juni - 18. september.

Anemometeret ble bare avlest en gang i måneden. Middelvindstyrken er beregnet mellom hver avlesning og varierte mellom 3,5 m/s og 7,4 m/s. For perioden 13. juni til 19. september var midlere vindstyrke 5,4 m/s.

Pluviografen gikk uten avbrudd i perioden 13. juni til 16. september. Det kom 29 mm nedbör i juni (13. - 30.), 288 mm i juli, 437 mm i august og 291 mm de förste 15 dagene av september. Totalt utgjör dette 1045 mm nedbör oppfanget av pluviografen. Det aller meste av dette kom i perioden 15. august til 15. september da pluviografen registrerte 698 mm nedbör.

Hygrografen fungerte bra bortsett fra to perioder med brudd i registreringene, se fig. 7. Midlere vanndamptrykk for 82 observasjonsdögn ble 7,8 mb med höyeste dögnverdi 10,4 mb (1. juli) og laveste 5,5 mb (23. juli). 5 dögn i juni og et dögn i juli hadde midlere vanndamptrykk lavere enn 6,1 mb og fölgelig mulighet for sublimasjon fra breoverflaten.

Blomsterskardbreen

Målingene på denne sörligste utlöperen av Folgefonni finansieres av Norsk Polarinstitutt, mens feltarbeid og beregninger utföres av Brekontorets personell. Som beskrevet i tidligere glasiologiske årsrapporter (se Tvede 1974a), beregner en bare breens nettobalanse på grunnlag av 3-4 staker som alle er plassert nær likevektslinja. Nettobalansekurvens form er antatt å være lik fra år til år og kurvens plassering i balansediagrammet bestemmes ut fra målingene på de aktuelle stakene hver höst.

Målingene i 1974 ble utfört 10. oktober. 3 av de 4 stakene som var synlig hösten 1973 ble gjenfunnet og nettobalansen kunne beregnes ved disse. Det hadde kommet 50-80 cm nysnö på breen för målingene ble utfört.

Blomsterskardbreen hadde et overskudd i nettobalansen dette året tilsvarende $23,5 \cdot 10^6 m^3$ vann. Dette ville jevnt fordelt over hele breen utgjöre et 0,51 m tykt vannlag eller 16 $l/s \cdot km^2$ over hele året. Resultatet fra Blomsterskardbreen passer også godt med tilsvarende tall fra Gråbreen, 15 km lenger nord på Folgefonni, hvor spesifikk nettobalanse er beregnet til 0,59 m. Det er 4. året på rad hvor Blomsterskardbreens nettobalanse viser positive verdier. Totalt må breoverflaten ha öket tilsvarende 3,38 m vann siden hösten 1970

dersom ökningen fordeles jevnt over hele dreneringsområdet. Årets likevektslinje kunne ikke observeres direkte p.g.a. nysnö, men er beregnet til å ligge 1325 m o.h.

Gråbreen

Innledning

Kraftstasjonene Mauranger og Jukla som utnytter avlöpet fra Folgefonnis nordvestre deler, ble begge satt i drift i löpet av 1974. Dreneringsarealet til stasjonen Mauranger (285 MW) er totalt 162 km^2, av dette feltet er 62 km^2 eller 38% bredekket. Både kortsiktige og langsiktige endringer i breområdenes volum vil derfor kunne påvirke de hydrologiske forholdene i kraftstasjonenes nedslagsfelter vesentlig. For å fölge disse endringer og for å skaffe et bedre datagrunnlag til utarbeidelse av kortsiktige avlöpsprognoser ble det besluttet å sette igang målinger av materialhusholdningen på en begrenset del av Folgefonni, samt å foreta meteorologiske observasjoner på selve breen.

Som en del av de hydrologiske forundersökelser til planleggingen av Folgefonnanlegget, ble det i årene 1963-68 utfört et omfattende måleprogram av materialhusholdningen, nedbörsfordelingen samt meteorologiske observasjoner over en 20 km^2 sektor av breen (Pytte 1963, 1967, 1969; Pytte & Liestöl 1966; Pytte & Östrem 1965; Östrem & Liestöl 1964; Östrem & Pytte 1968:). Brukbare karter eksisterer derfor allerede for dette breområdet. Hyttene som ble bygget til stötte for forundersökelsene var fremdeles i god stand og en del av det nödvendige utstyr til gjennomföring av måleprogrammet fantes på breen.

Det ble besluttet å utföre materialhusholdningsmålinger på Gråbreen, en nordvest-vendt breutlöper som også inngikk i undersökelsesområdet fra årene 1963-68. Brearealet som omfattes av Gråbreens dreneringsfelt, er 9,6 km^2 og strekker seg fra 1660 m o.h. ned til ca. 1050 m o.h. Tross enkelte oppsprukne partier er breen lett å arbeide på og målinger kan utföres i alle höydenivåer på breen (se fig. 10). Gråbreen skulle også være klimatisk representativ for de aktuelle områder av Folgefonni, da bare uvesentlige deler av Folgefonni når lavere enn 1000 m o.h. og ingen höyere enn 1660 m o.h. Dreneringsarealet er relativt veldefinert og elva fra breen gir muligheter for bygging av en permanent avlöpstasjon. Vannet fra Gråbreen drenerer via et 1000 m langt elvelöp til Mysevatn som er inntaksmagasin for Mauranger kraftstasjon.

Materialhusholdning

Vinterbalansen ble bestemt ved målinger på breen i tidsrommet 20. - 23.mai. Under målingene var det kjölig vær med nedbör som snö, men det hadde vært varmt vær og smelting over hele breen i förste halvdel av mai. Noe vann hadde derfor sannsynligvis rent av breen för 20.mai, særlig fra de lavestliggende deler. Hvor store vannmengder dette har utgjort er ikke forsökt beregnet, men det har neppe særlig stor betydning for breens totale vinterbalanse. Tross det våte snölaget var det likevel mulig å sondere over hele breen og ialt ble 125 sonderinger utfört, se fig. 8. Ved 5 av de nyutsatte stakene ble det dessuten kjerneboret til sommeroverflaten og ved de 4 lavestliggende stakene kunne disse settes direkte ned på breisen. En snösjakt ble gravet ned til

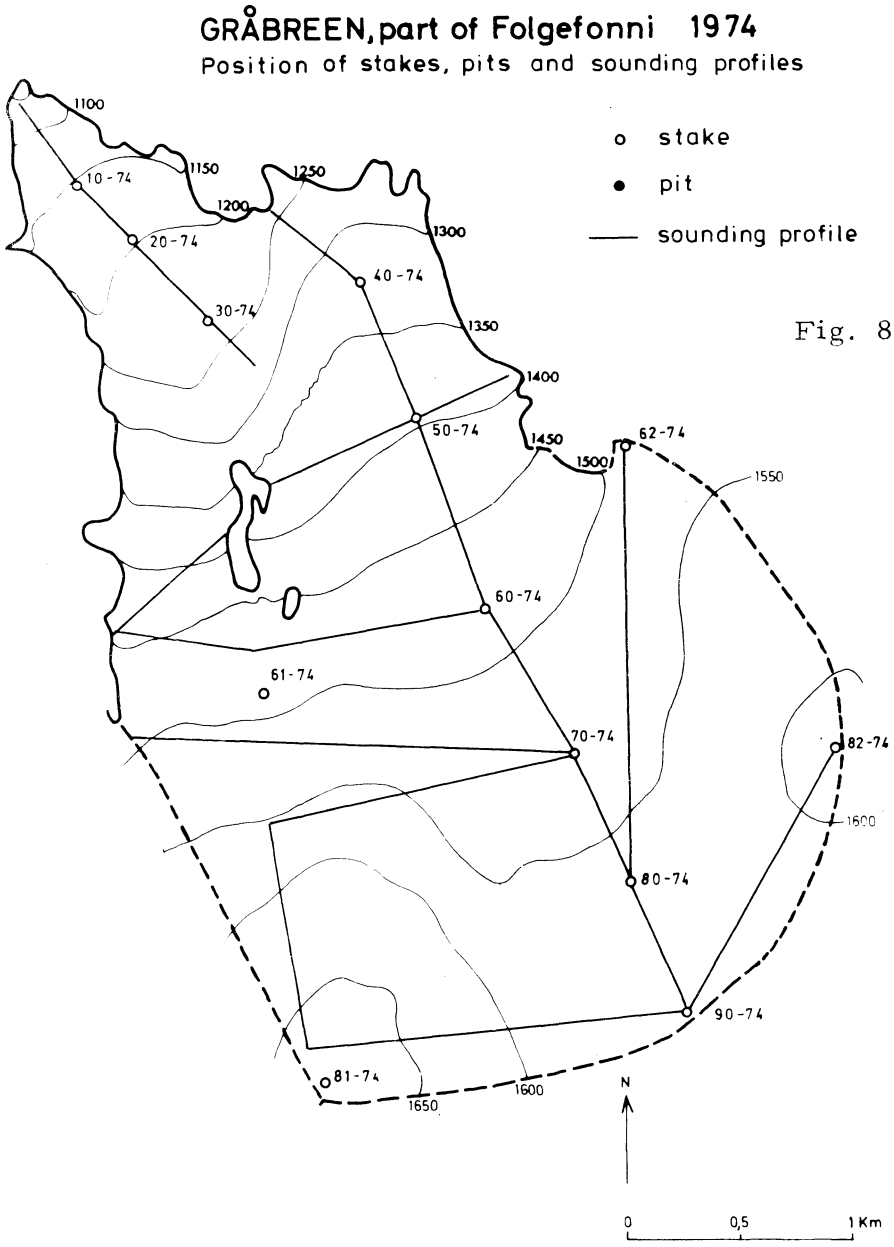


Fig. 8 Beliggenheten av staker på Gråbreen 1974.

The location of stakes, pits and soundings on Gråbreen 1974.

sommeroverflaten, 1550 m o.h., litt öst for Gråbreens dreneringsområde. Ellers er utarbeidelsen av kartet over vinterbalansens fordelingsmönster, fig. 9, delvis basert på tilsvarende kart fra perioden 1963-68.

Totalt utgjorde vinterbalansen 20,6 · $10^6 m^3$ vann eller spesifikt fordelt 2,14 m (68 l/s km^2).

Ialt 9 staker plassert langs en rekke midt på breen, ble satt ut under målingene i mai. Ytterligere 4 staker ble plassert öst og vest for denne midtrekken i löpet av juni, se fig. 8. Stasjonen på Holmaskjeri, ca. 2 km öst for st. 62-74, var fast bemannet i perioden 15. juni - 1. september. Observatörene målte i denne perioden stakene på breen ca. hver 5. dag. 3 staker nær Holmaskjeri, 1550 m o.h., ble avlest daglig. Den kjölige sommeren med hyppige snöfall

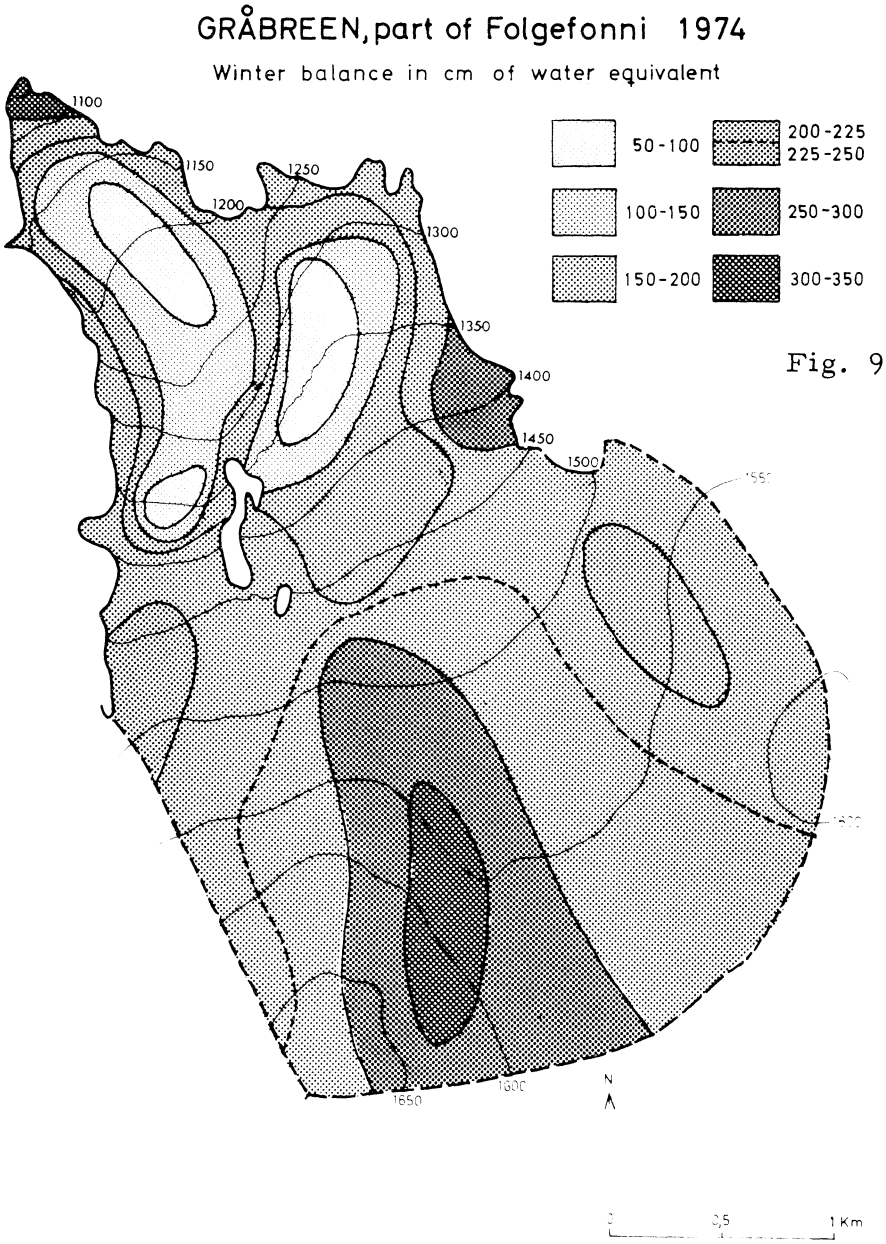


Fig. 9 Kart som viser vinterbalansen på Gråbreen 1974.

Map showing the winter balance 1974.

på breens övre del medförte en forholdsvis lav ablasjonshastighet. Nysnö kom særlig i perioden 26. - 27. juni, 3. - 5. juli, 26. - 31. juli og 18. august, men også utenom disse periodene var det nedbör som sludd eller snö enkelte dager. Albedoen holdt seg derfor höy gjennom hele sommeren på breens övre partier. Dette var nok en vesentlig årsak til den lave ablasjonshastigheten. Etterat observatörene hadde forlatt Holmaskjeri ble stakene igjen kontrollert 9. oktober. Det var da kommet fra 5 til 70 cm nysnö og ablasjonen var helt opphört.

Sommerbalansen belöp seg totalt til 14,8 · $10^6 m^3$. Jevnt fordelt over breflaten blir dette 1,55 m (49 l/s km^2).

Gråbreen kom ut med et overskudd i materialhusholdningen tilsvarende 5,8 · $10^6 m^3$ vann. Fordelt over hele breflaten betyr dette en masseökning lik 0,59 m hvilket igjen betyr at 19 l/s km^2 ble holdt tilbake av årets vinternedbör. Likevektslinja lå 1380 m o.h. Mer detaljerte data kan ellers leses ut av tabellen på s. 17 og fig. 11.

Fig. 10 Gråbreen fotografert fra nordvest 10. september 1971.
Air-photo of Gråbreen from north-west on September 10th 1971.

GRÅBREEN, Folgefonni 1974

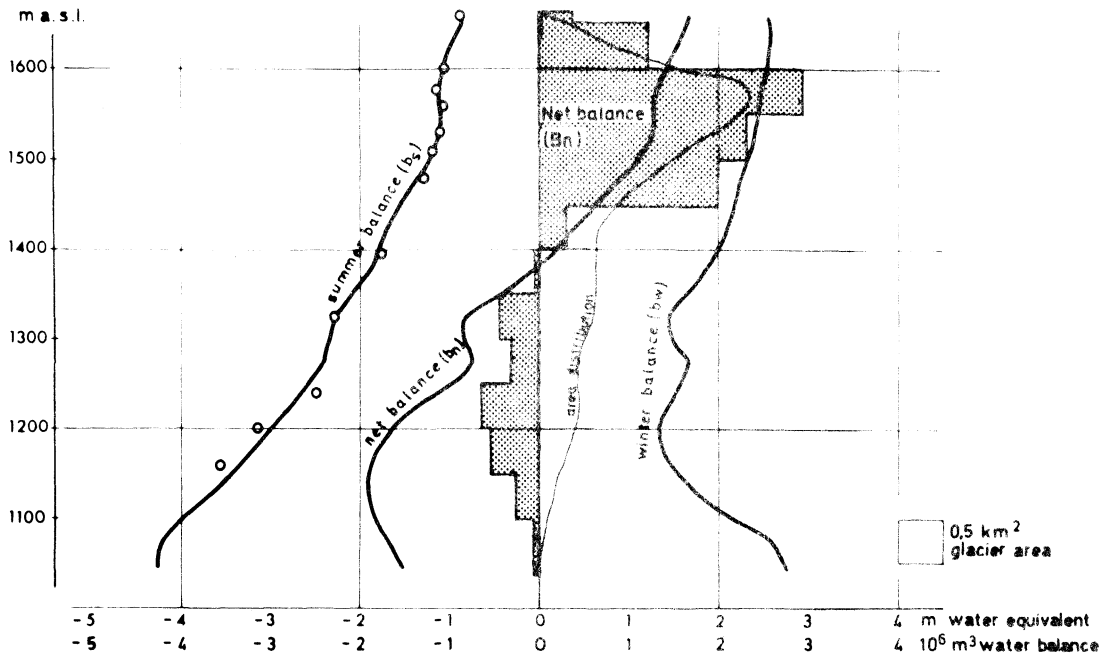


Fig. 11 Variasjonene med höyden over havet av vinter-, sommer- og nettobalansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av nettobalansen i hvert 50 m höydeintervall.

The diagram illustrates winter, summer and net balances in relation to elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height intervall.

GRÅBREEN, Folgefonni 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1650-1700	0,221	0,557	2,52	80	0,193	0,88	28	0,364	1,64	52
1600-1650	0,781	1,999	2,56	81	0,789	1,01	32	1,210	1,51	48
1550-1600	2,254	5,455	2,42	76	2,536	1,13	36	2,919	1,29	41
1500-1550	1,844	4,370	2,37	75	2,075	1,13	36	2,295	1,24	39
1450-1500	1,183	2,626	2,22	70	1,627	1,38	44	0,999	0,84	27
1400-1450	0,695	1,460	2,10	66	1,168	1,68	53	0,292	0,42	13
1350-1400	0,664	1,215	1,83	58	1,255	1,89	60	-0,040	-0,07	- 2
1300-1350	0,546	0,775	1,43	45	1,239	2,27	72	-0,464	-0,84	-27
1250-1300	0,434	0,720	1,66	52	1,042	2,40	76	-0,322	-0,74	-23
1200-1250	0,455	0,646	1,42	45	1,274	2,80	88	-0,628	-1,38	-44
1150-1200	0,290	0,397	1,37	43	0,933	3,21	101	-0,536	-1,84	-58
1100-1150	0,141	0,252	1,79	57	0,521	3,70	117	-0,269	-1,91	-60
1050-1100	0,037	0,096	2,60	82	0,157	4,25	134	-0,061	-1,65	-52
1000-1050	0,004	0,011	2,75	87	0,017	4,25	134	-0,006	-1,50	-47
1000-1700	9,552	20,579	2,14	68	14,826	1,55	49	5,753	0,59	19

Meteorologiske observasjoner

Meteorologiske målinger og observasjoner ble i perioden 15. juni - 1. september foretatt på Holmaskjeri - en nunatak 1560 m o.h. ca. 2 km öst for Gråbreens dreneringsgrense. Dette er samme sted hvor de meteorologiske observasjonene ble utfört i årene 1963-68. En termograf, en hygrograf, et anemometer og en standardnedbörsmåler med Niplerskjerm var oppstilt ved målestasjonen. Dessuten observerte en vindretning, skydekke, skybasis og sikt uten hjelp av selvregistrerende instrumenter. Endel av observasjonene er framstilt visuelt i fig. 12.

Av ialt 78 observasjonsdögn var ingen helt skyfrie, 12 er notert som halvskyet eller klarere mens det totalt 49 dögn var helt skyet eller tett tåke på Holmaskjeri. Juli var den mest overskyete måned med et midlere skydekke lik 9,3, august hadde 8,3 og hele perioden fra 15. juni til 1. september hadde 8,4 som midlere skydekke.

Höyeste vindstyrke, regnet som dögnmiddel, ble målt til 15,9 m/s den 15. august og lavest dögnverdi, 2,1 m/s, forekom 28. august. 6 dögn hadde kuling styrke og middelvindstyrken for hele måleperioden ble 6,7 m/s. Ingen månedsmiddelverdier var lavere enn 6,0 m/s eller höyere enn 7,0 m/s.

Termografen på Holmaskjeri sviktet i deler av sommeren, og dögnmiddeltemperaturene er delvis beregnet på grunnlag av et varierende antall termometeravlesninger. Temperaturverdiene som presenteres er derfor noe dårligere underbygget enn det som er vanlig ved de andre observasjonstedene.

Sommeren var jevnt over kald i Sör-Norge og på Holmaskjeri var dögnmiddeltemperaturen under frysepunktet ialt 11 dögn. Kaldest var det 28. juni med -1,8° C i middelverdi. Varmeste dag var 22. juni da 11,3° C er notert som middeltemperatur. Ellers var middeltemperaturen for juli 1,3° C, for august 3,0° C og for hele måleperioden 2,6° C. I juli var ingen dögn varmere enn 5,0° C.

I alt 442 mm nedbör ble oppfanget av måleren på Holmaskjeri mellom 15. juni og 1. september. Av dette kom 242 mm i juli og 180 mm i august. Höyeste dögnverdi var 26. august da 32 mm regn ble registrert i standardmåleren. En stor del av nedbören særlig i juli, kom som snö ved observasjonshytta. Den lavere oppsamlingsevne nedbörsmålerne har for nedbör i fast form tilsier der-

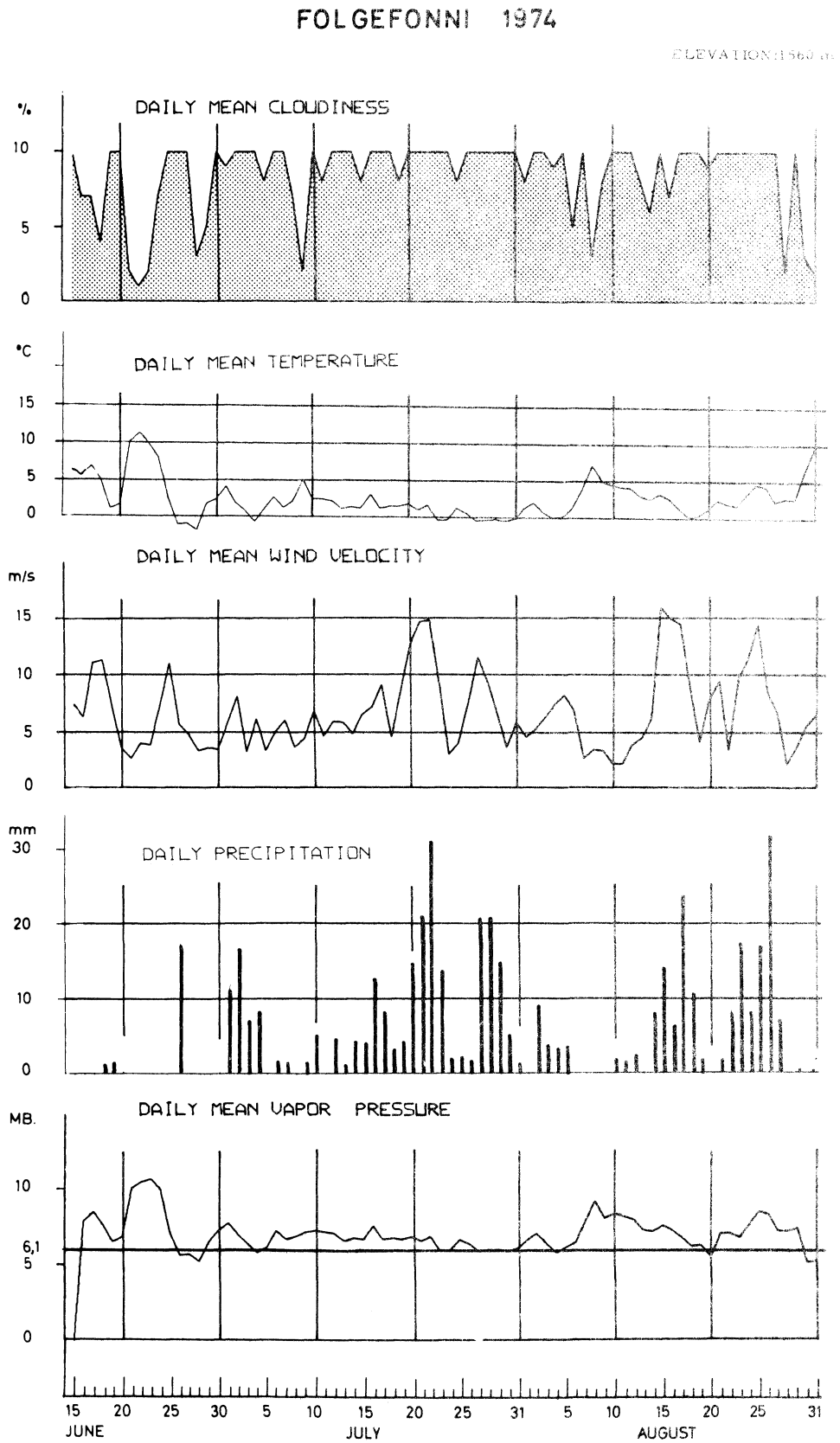


Fig. 12 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene ved Holmaskjæri.

The results of the daily meteorological observations at Holmaskjæri.

for at den virkelige nedbörsum ved Holmaskjeri har vært noe höyere. Av ialt 78 observasjonsdögn hadde 58 registrerbar nedbör.

Noen nedbörsmålere var også plassert ved endel stakeposisjoner i Gråbreens nedslagsfelt, men de hyppige snöfallene gjorde målingene lite egnet som grunnlagsmateriale for kart over nedbörsfordelingen.

Midlere vanndamptrykk for hele måleperioden ble 7,0 mb. Månedsmiddelverdien for juli ble 6,6 mb og for august 7,1 mb. Ialt 3 dögn hadde samtidig vanndamptrykk under 6,1 mb og dögnmiddeltemperatur over 1° C.

Nigardsbreen

Materialhusholdning

Stakene ble ettersett i midten av desember og 18. februar för vinterbalansemålingene ble utfört fra 25. april til 1. mai. Hyppige lavtrykk i höstmånedene hadde böyet ned mange staker slik at bare 10 staker ble funnet i desember. Snödypet varierte da mellom 1,5 og 3,5 meter på selve breplatået. I februar hadde snömengden öket til mellom 3 og 6 meter og alle stakene som ble forlenget i desember var fortsatt synlig. Fra midten av februar fram til vinterbalansemålingene ble utfört var det praktisk talt ikke nedbör. Den dårlig utviklete sommeroverflaten fra 1973 gjorde det vanskelig å bestemme snödypet bare ut fra sonderinger. Det ble derfor kjerneboret til sommmeroverflaten ved ialt 21 posisjoner og 250 sonderinger ble tatt som stötte for kjerneboringene ved utarbeidelse av kartet over vinterbalansen på breplatået, fig. 14. På bretunga ble det tatt sonderinger langs et profil midt på breen opp til 1050 m o.h., se fig. 13. Snödypet varierte her fra 0,2 m nederst på bretunga til mellom 2 og 3 meter i 1000 m-nivået.

Vinterbalansen belöp seg totalt til $97,2 \cdot 10^6 m^3$, dette ville utgjöre et 2,06 mm tykt vannlag fordelt over hele breen.

Stasjonen på Hauganosi var fast bemannet i perioden 18. juni til 1. september. Stakene på breplatået ble avlest ca. hver 7. dag og wirene på bretunga hver 10. dag. Dessuten ble 3 staker utsatt like ved observasjonshytta avlest hver dag. Som ellers i Sör-Norge var det flere perioder med nedbör som snö ilöpet av sommeren, særlig i siste halvdel av juli og förste del av august. Smeltehastigheten ble derfor relativ lav da en god del av tilfört strålingsenergi ble brukt til oppvarming og smelting av nysnöen. Se nærmere behandling av dette

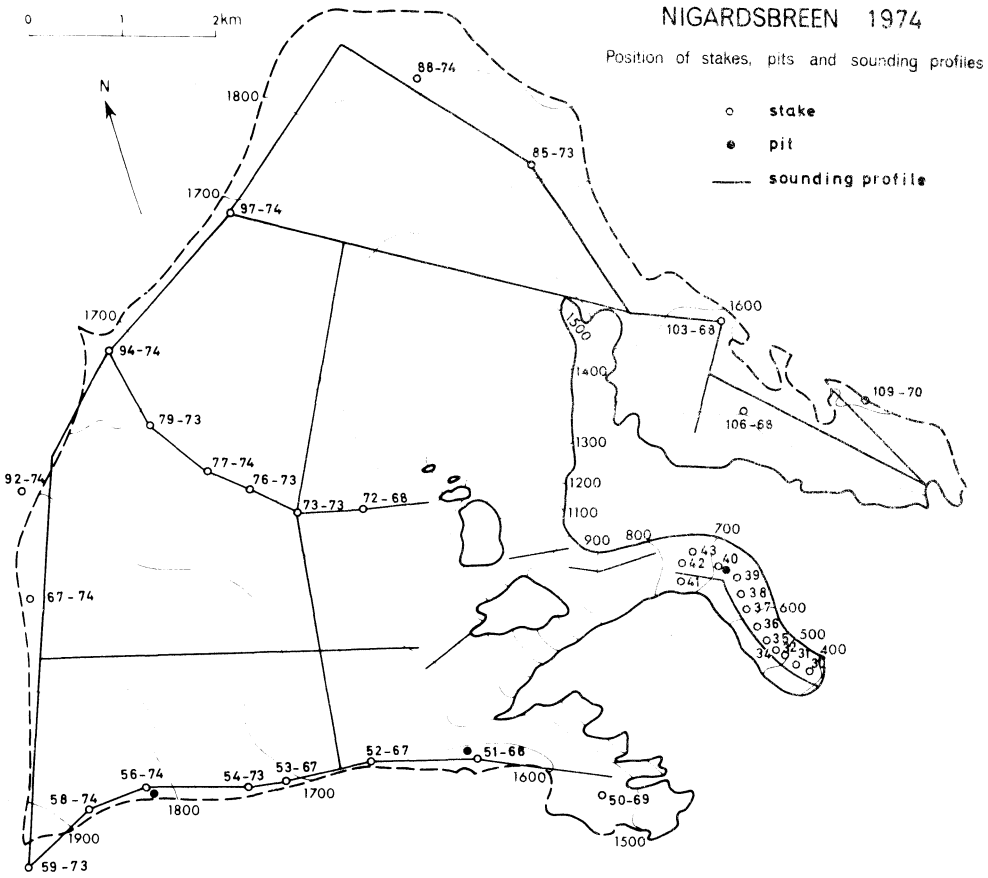


Fig. 13 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderinger på Nigardsbreen 1974.
The location of stakes, pits and soundings on Nigardsbreen 1974.

forhold i eget kapitel s. 53 i denne rapport. Stakene ble avlest igjen 15. oktober, det var da kommet fra 50 til 125 cm nysnö på breplatået.

Sommerbalansen varierte fra 12, 0 m vannverdi i 400 m-nivået nederst på bretunga til 0, 2 m på Nigardsbreens höyeste punkt 1950 m o. h. Totalt for hele breen utgjorde sommerbalansen 74, 5 · $10^6 m^3$ eller 1, 58 m regnet i spesifikk vannverdi.

Nigardsbreen öket sin masse dette året tilsvarende 22, 8 · $10^6 m^3$ vann. Dette betyr en gjennomsnittlig pålagring lik 0, 48 m hvilket igjen tilsvarer 15 l/s km^2 fordelt over hele året. Likevektslinja ble liggende 1490 m. o. h.

Nigardsbreen ble flyfotografert 29. august 1974 og et nytt kart over breen er konstruert på grunnlag av denne fotograferingen. Kartet vedlegges rapporten og en nærmere omtale finnes på s. 61.

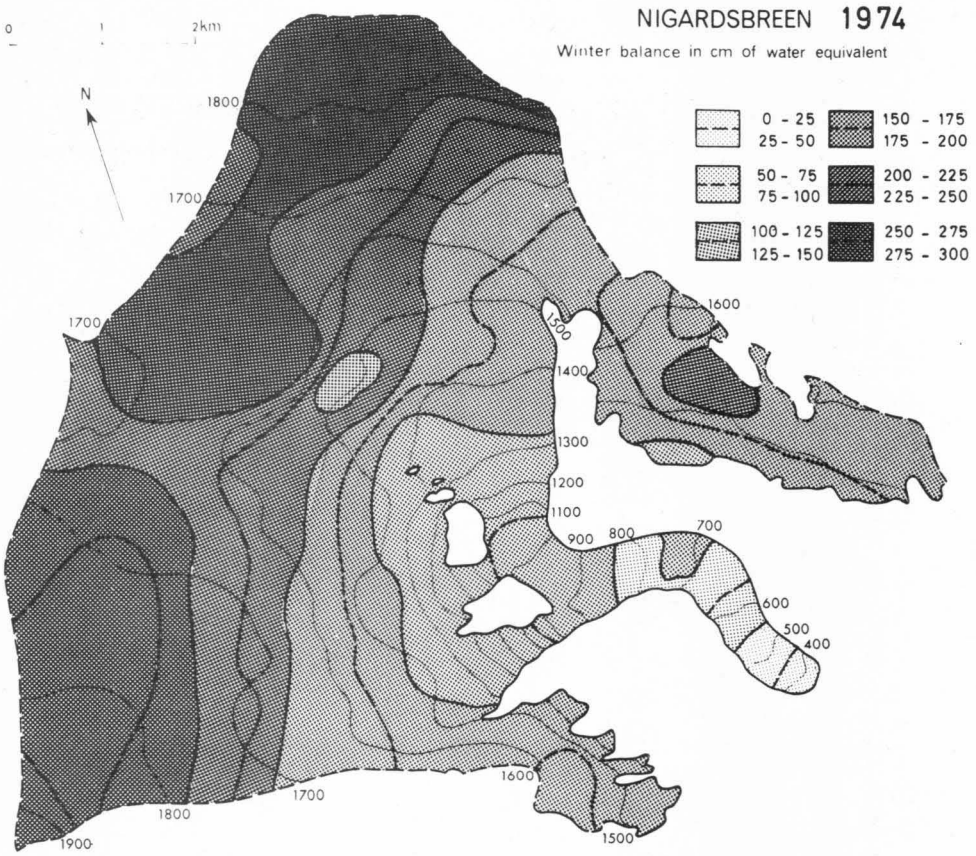


Fig. 14 Kart som viser vinterbalansen på Nigardsbreen 1974.
Map showing the winter balance 1974.

Meteorologiske observasjoner

Stasjonen på Hauganosi (1630 m o.h.) var fast bemannet fra 18. juni til 2. september. De samme meteorologiske parametre som er beskrevet for de foregående 2 sommere ble målt i år. Et utvalg av måleresultatene er presentert i fig. 16.

Midlere skydekke for hele observasjonsperioden ble 7,7. Dette er det höyeste middeltall for hele sommersesongen som er registrert siden regelmessige meteorologiske observasjoner startet på Hauganosi i 1965. Helt klart var det bare 3 dager i juni,mens 36 av ialt 76 observasjonsdögn er notert med tett skydekke eller tåke.

Vindstyrken varierte som dögnmiddelverdi mellom 1,3 m/s (8. august) og 13,3 m/s (24. juni). Midlere verdi for hele sommeren ble 5,0 m/s,med 5,2 m/s i juli og 5,0 m/s i august.

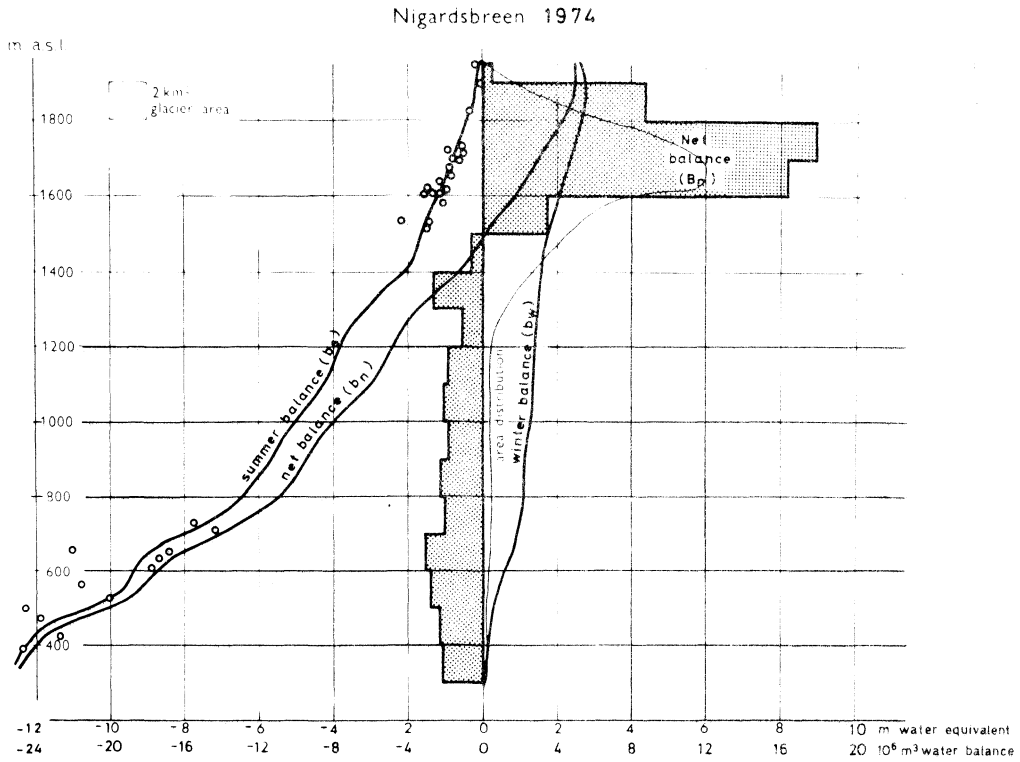


Fig. 15 Variasjonene med höyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

The diagram illustrates winter, summer and net balances in relation to elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height interval.

NIGARDSBREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	Sommerbalanse B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	Nettobalanse B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1900-1953	0,12	0,31	2,58	82	0,02	0,20	5	0,29	2,38	77
1800-1900	3,59	9,74	2,71	86	1,06	0,30	10	8,68	2,41	76
1700-1800	9,71	24,08	2,48	78	6,14	0,63	20	17,94	1,85	58
1600-1700	12,86	29,15	2,27	72	12,87	1.00	32	16,28	1,27	40
1500-1600	9,38	17,68	1,88	59	14,23	1,52	48	3,45	0,36	11
1400-1500	5,48	9,12	1,66	52	9,70	1,77	56	- 0,58	-0,11	- 4
1300-1400	2,22	3,31	1,49	47	5,95	2,68	85	- 2,64	-1,19	- 38
1200-1300	0,56	0,77	1,38	44	1,98	3,53	111	- 1,21	-2,15	- 68
1100-1200	0,38	0,52	1,37	43	1,50	3,95	125	- 0,98	-2,58	- 81
1000-1100	0,60	0,75	1,25	39	2,81	4,68	148	- 2,06	-3,43	-108
900-1000	0,42	0,47	1,12	35	2,29	5,45	172	- 1,82	-4,33	-137
800- 900	0,46	0,48	1,04	33	2,74	5,96	188	- 2,28	-4,92	-155
700- 800	0,33	0,32	0,97	31	2,34	7,09	224	- 2,02	-6,12	-193
600- 700	0,42	0,32	0,76	24	3,38	9,04	284	- 3,06	-8,28	-261
500- 600	0,30	0,14	0,45	14	2,87	9,56	302	- 2,73	-9,11	-288
400- 500	0,20	0,06	0,28	9	2,36	11,80	371	- 2,30	-11,52	-364
300- 400	0,18	0,02	0,13	4	2,22	12,50	395	- 2,20	-12,37	-391
300-1953	47,21	97,24	2,06	65	74,46	1,58	50	22,78	0,48	15

Dögnmiddeltemperaturen var under frysepunktet ialt 11 dögn, kaldest var det 26. juni med -2, 7° C som middeltemperatur. Varmeste dögn var 31. august da middeltemperaturen på Hauganosi var 9, 0° C. For hele måleperioden ble middeltemperaturen 2, 6° C, mens gjennomsnittet for sommersesongene 1965 -73 har vært 3, 8° C. Juli var den kaldeste måned med 1, 5° C som middeltemperatur.

Ved Bur B (1840 m o.h.) var middeltemperaturen fra 20. juni til 1. september 0, 7° C og 31 av ialt 74 observasjonsdögn hadde negativ dögnmiddeltemperatur. Juli var også her den kaldeste måned med -0, 3° C som månedsmiddel. Temperaturgradienten mellom Hauganosi og Bur B var 0, 92° C pr. 100 m i juni, 0, 82° C i juli, 0, 94° C i august og 0, 90° C som gjennomsnitt for hele måleperioden. Dette er gjennomgående lavere temperaturgradienter enn hva en har målt tidligere sommere og skyldes antagelig de få dagene med pent vær og brevind ilöpet av sommeren 1974. Denne brevinden avkjöler normalt Bur B endel mens termografen på Hauganosi ikke påvirkes. Temperaturgradienten mellom Hauganosi og Björkehaug (324 m o.h.) var 0, 77° C pr. 100 m som et gjennomsnitt for hele måleperioden.

På Hauganosi ble nedbören målt i en standardnedbörmåler med Niplerskjerm, i en pluviograf og i en vanlig "Pluviusmåler". Forskjellen mellom målerne er liten når nedbören kommer som regn, men kan være betydelig når nedbören er frosset. Verdiene som referes her er tatt fra standardnedbörsmåleren med unntak for enkelte dager hvor data fra pluviografen er brukt. Totalt falt det 293 mm nedbör på Hauganosi fra 18. juni til 1. september mens klimastasjonen Björkehaug registrerte 246 mm i samme tidsrom. I dette breområdet var august mest nedbörsrik med ialt 174 mm nedbör, mens juli måned ga 90 mm nedbör på Hauganosi.

Hygrografen fungerte dårlig denne sommeren og en har derfor ikke beregnet verdier for luftfuktigheten på Hauganosi.

Avrenning

Fra 1. juni til 8. september passerte ialt $127,2 \cdot 10^6 m^3$ vann limnigrafen ved utlöpet av Nigardsvatn. Störste dögnavlöp ble målt 27. august med ialt $2,8 \cdot 10^6 m^3$ mens midlere dögnavlöp for hele sommeren var $1,3 \cdot 10^6 m^3$.

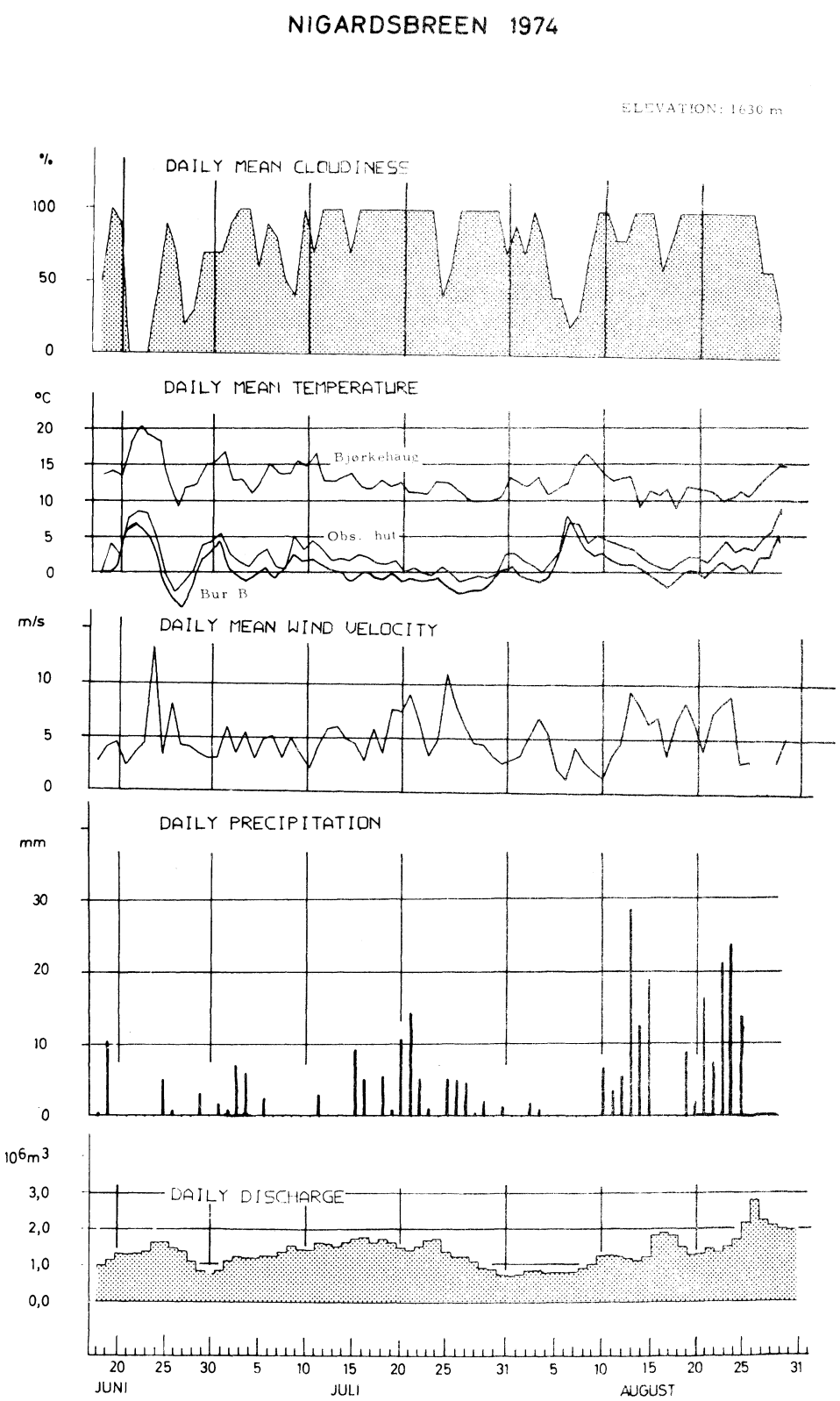


Fig. 16 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene på Nigardsbreen og beregnet dögnavlöp ved limnigrafen i Nigardsvatnet.

The diagram illustrates the daily meteorological observations on Nigardsbreen and computed daily discharge at the stream gauge in Nigardsvatnet.

Hardangerjökulen

Materialhusholdning

Massebalansemålingene på Rembesdalsskåki, en vestlig brearm av Hardangerjökulen, ble utfört i redusert målestokk for balanseåret 1973-74. Bare to staker var synlige etter vinteren, og noen av erstatningsstakene smeltet ut i löpet av sommeren. De beregnede balanseverdier er derfor ikke så nöyaktige som for tidligere år. Som for de andre breene i Sör-Norge ble ablasjonen forsinket av snöfall i löpet av sommeren. I de höyeste områder var balansen i midten av august nöyaktig den samme som i begynnelsen av juni.

Vinterbalansen er beregnet til 1,91 m vannekvivalent, og sommerbalansen til 1,50 m. Resultatet ble en beregnet nettobalanse på 0,41 m. Usikkerheten er vesentlig större enn i tidligere år, og anslås til ± 0,20 m.

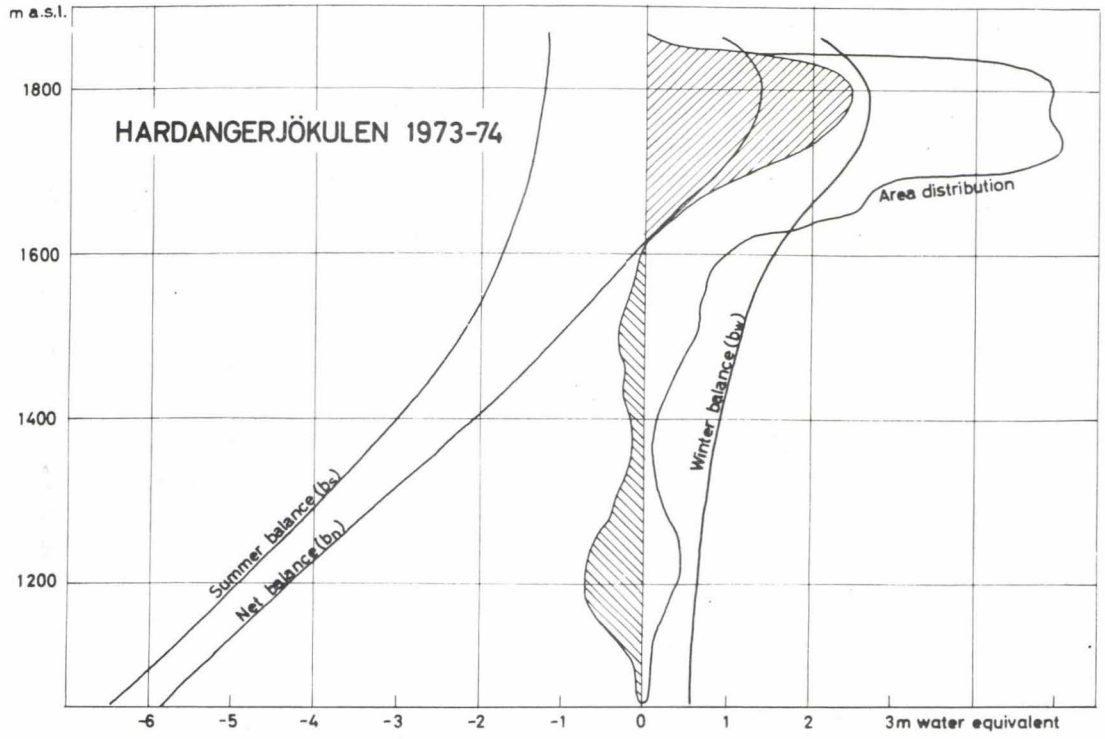


Fig. 17 Variasjonene av vinter-, sommer- og nettobalansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdiene av nettobalansen.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance.

Storbreen

Materialhusholdning

Liksom de to foregående år kom storparten av nedbören fra vest. Snöfall i ablasjonsperioden var også större enn vanlig. Dette forsinket ablasjonen, da albedoen i perioder var mye höyere enn normalt. Et stort snöfall i august ble liggende lenge, selv nederst på bretunga. På breens övre deler ble det liggende ut hele ablasjonssesongen.

Selv om sommertemperaturen var höyere enn normalt, fikk breen p.g.a. stor akkumulasjon og de nevnte snöfall i sommersesongen, en positiv nettobalanse på 0,24 m spesifikk verdi.

Vinterbalansen var 1,26 m og sommerbalansen 1,02 m.

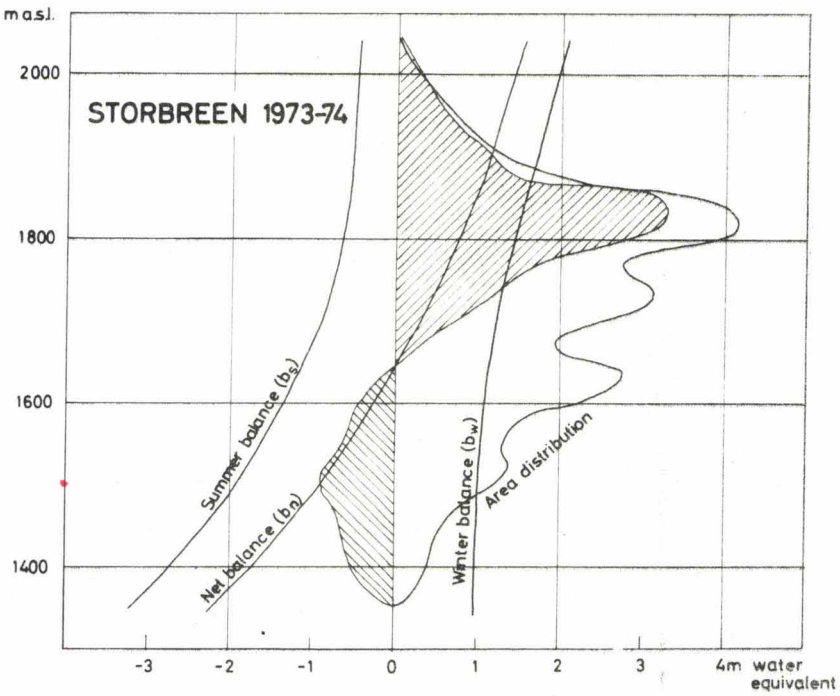


Fig. 18

Variasjonene av vinter-, sommer- og nettobalansen med höyde over havet, breens arealfordeling og arealverdier av nettobalansen.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance.

Hellstugubreen

Materialhusholdning

Hellstugubreen ble besökt 19. februar. Ialt 18 staker ble da funnet og om nödvendig forlenget. Snödypet ved stakene varierte fra 0,8 m nederst på bretunga til 3,0 m på de höytliggende stakene. Årets vinterbalansemålinger ble utfört 8. og 9. mai. 160 sonderinger ble tatt etter et mönster vist i fig. 19. Det var

gode muligheter for sondering over hele breen, med unntak for de höyestliggende deler av botnområdene. Snödypet målt ved stakene hadde ikke endret seg vesentlig fra februar fram til begynnelsen av mai. Endel nye staker ble satt ut og noen av de gamle stakene ble fjernet under målingene i mai. Med det nye stakemönsteret, se fig. 19, skulle större deler av breområdet bli dekket av faste målepunkter.

Vinterbalansen belöp seg til $3.3 \cdot 10^6 m^3$, hvilket igjen utgjör 1,00 m jevnt fordelt over hele breen. Dette er 94% av gjennomsnittlig vinterbalanse i perioden 1962-74.

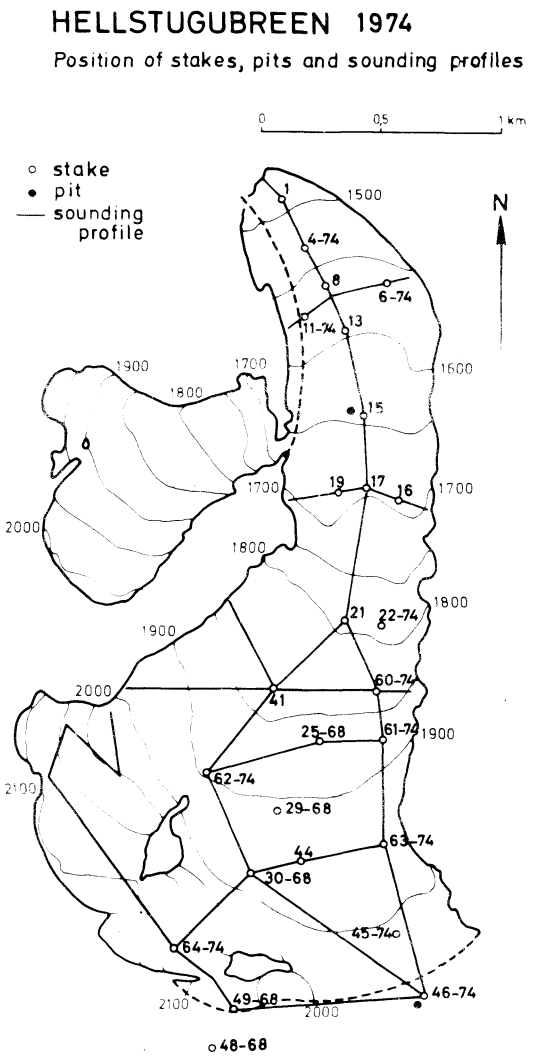


Fig. 19 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

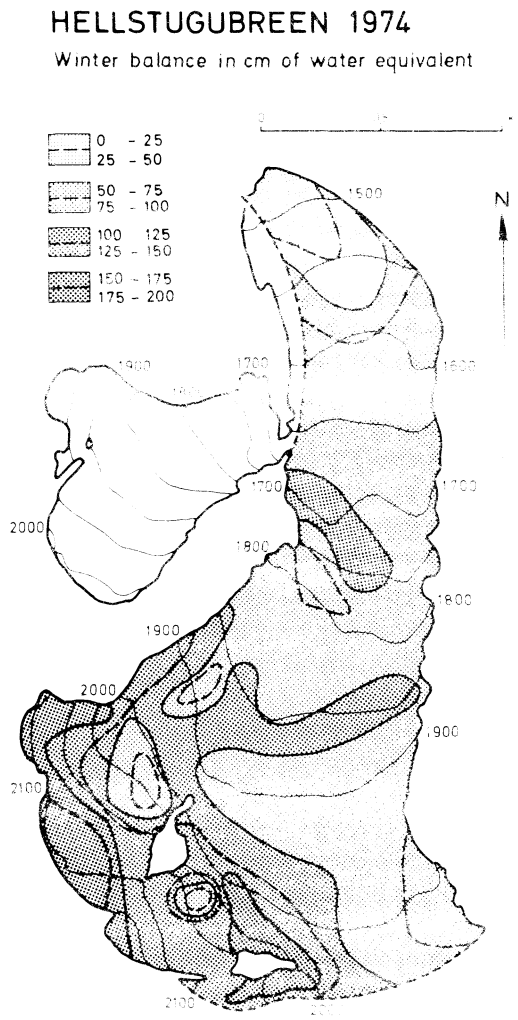


Fig. 20 Kart som viser vinterbalansen 1974.

Map of the winter balance 1974.

Stakene ble målt og ettersett 15. juli, 20. august og 23. september. Ved alle disse målingene var det kommet nysnö over det meste av breflaten. I september var det fra 5 til 60 cm nysnö og all smelting hadde opphört. De store og hyppige snöfallene gjennom hele sommeren förte til at all disponibel varme-

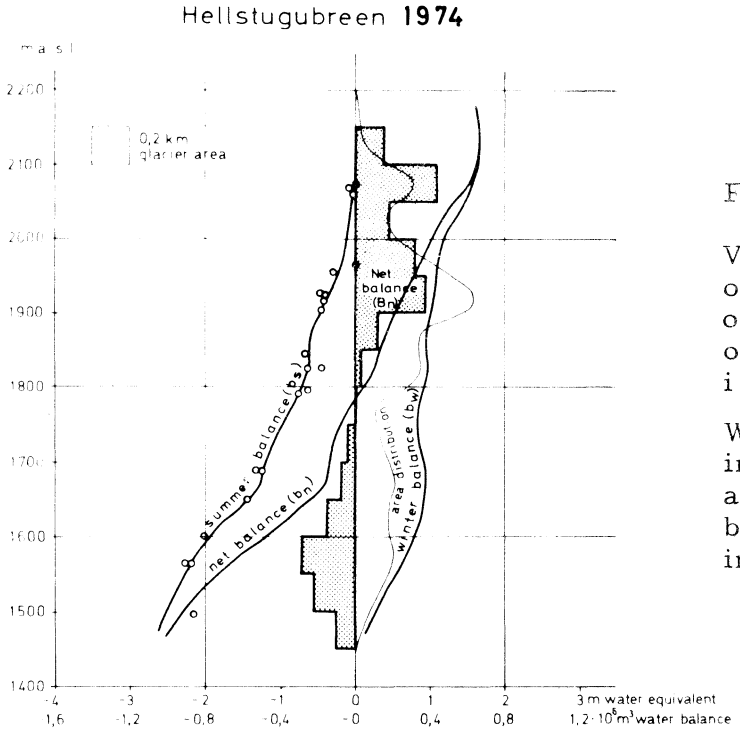


Fig. 21

Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height interval.

HELLSTUGUBREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km^2	Vinterbalanse B_w 10^6m^3	b_w m	b_w l/s km^2	Sommerbalanse B_s 10^6m^3	b_s m	b_s l/s km^2	Nettobalanse B_n 10^6m^3	b_n m	b_n l/s km^2
2150-2200	0,021	0,033	1,57	50	0,000	0,00	0	0,033	1,57	50
2100-2150	0,088	0,144	1,64	52	0,000	0,00	0	0,144	1,64	52
2050-2100	0,301	0,469	1,56	49	0,022	0,07	2	0,449	1,49	47
2000-2050	0,159	0,204	1,28	40	0,020	0,13	4	0,184	1,15	36
1950-2000	0,362	0,409	1,13	36	0,073	0,20	6	0,336	0,93	29
1900-1950	0,605	0,613	1,01	32	0,227	0,38	12	0,386	0,63	20
1850-1900	0,368	0,351	0,95	30	0,231	0,63	20	0,120	0,32	10
1800-1850	0,348	0,322	0,93	29	0,235	0,68	22	0,087	0,25	8
1750-1800	0,149	0,123	0,83	26	0,130	0,87	27	-0,007	-0,04	- 1
1700-1750	0,146	0,118	0,81	25	0,164	1,12	35	-0,046	-0,31	-10
1650-1700	0,213	0,194	0,91	29	0,273	1,28	40	-0,079	-0,37	-11
1600-1650	0,182	0,158	0,87	27	0,318	1,75	55	-0,160	-0,88	-28
1550-1600	0,196	0,128	0,65	21	0,424	2,16	68	-0,296	-1,51	-48
1500-1550	0,110	0,035	0,32	10	0,268	2,43	77	-0,233	-2,11	-66
1450-1500	0,045	0,005	0,11	4	0,118	2,62	83	-0,113	-2,15	-79
1450-2200	3,293	3,306	1,00	32	2,503	0,76	24	0,803	0,24	8

energi må brukes til å smelte nysnö i nivåer på breen höyere enn 2100 m o.h. Over denne grense er sommerbalansen derfor satt lik 0.

For hele breen utgjorde sommerbalansen 2,5 · $10^6 m^3$. Dette tilsvarer 0,76 m i spesifikk vannverdi eller 24 l/s km^2 fordelt over hele året.

Hellstugubreen öket i 1974 sin masse med 0,8 · $10^6 m^3$ eller 0,24 m vann fordelt over hele breflaten. Dette betyr at 8 l/s km^2 av årsnedbören på breen ble holdt tilbake fra vassdraget nedenfor breen. Årets likevektslinje lå 1780 m o.h.

Gråsubreen

Materialhusholdning

Breen ble ikke besökt mellom 4. oktober 1973 og 10. mai 1974 da årets vinterbalanse ble målt. Det var lett å sondere over hele breen. Snömengdene var relativt små og fordelingsmönsteret likner meget på tidligere år, se fig. 23.

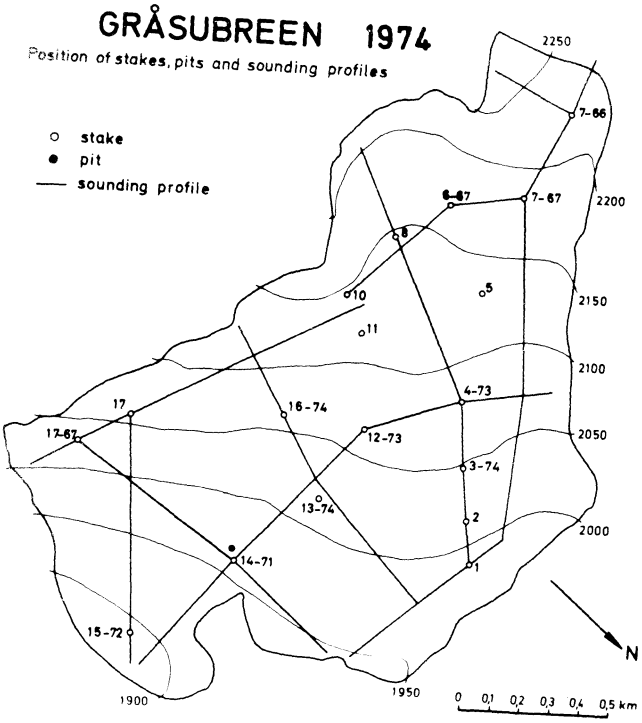


Fig. 22 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

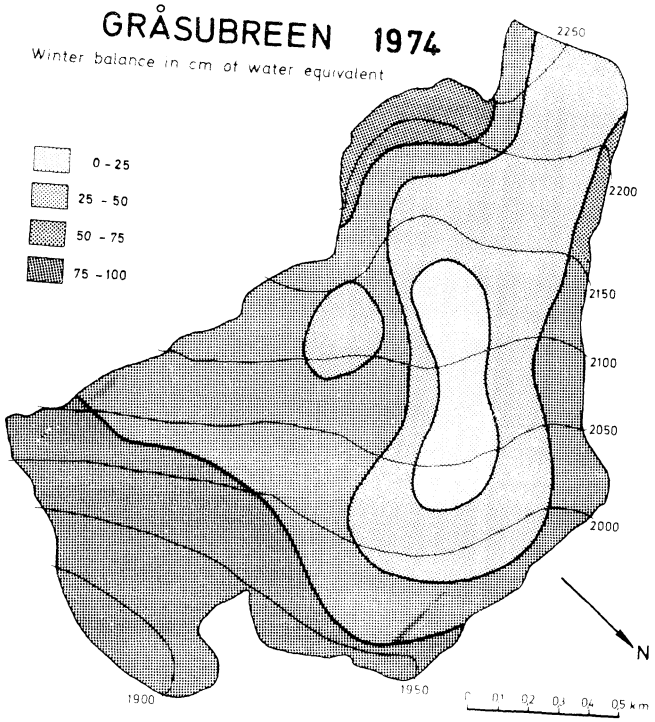


Fig. 23 Kart som viser vinterbalansen 1974.

Map of the winter balance 1974.

Vinterbalansen utgjorde 1,5 · $10^6 m^3$. Dette tilsvarer 0,58 m vann jevnt fordelt over breområdet,hvilket er 81% av midlere vinterbalanse for måleperioden 1962-74.

Gråsubreen ble besökt 17.juli, 22.august og 24.september. Det falt eller var nettopp falt, nysnö ved alle disse besökene. I september var værforholdene så dårlige at alle stakene ikke ble funnet og endel supplerende målinger måtte derfor gjöres også ved neste besök 5.februar 1975. Som beskrevet for Hellstugubreen, var smeltingen så lav på Gråsubreen denne sommeren at sommerbalansen er satt lik 0 for breområdet höyere enn 2150 m o.h.

Sommerbalansen belöp seg til 0,6 · $10^6 m^3$ vann eller 0,24 m regnet som et jevnt lag over hele breen. Bortsett fra sommeren 1962 er dette den laveste sommerbalanse som er registrert på Gråsubreen siden målingene startet i 1962.

Gråsubreen kunne for 1974 oppvise et overskudd i materialhusholdningen lik 0,9 · $10^6 m^3$ vann. Forrige år med overskudd var 1967. Gjennomsnittlig ökte breen med 0,34 m og alle höydeintervaller hadde positiv nettobalanse. Fölgelig lå årets likevektslinje lavere enn selve breen og kan derfor ikke bestemmes eksakt. Ved å ekstrapolere nettobalansekurven i fig. 24 kan en likevel antyde en likevektslinje i ca. 1830 meters höyde.

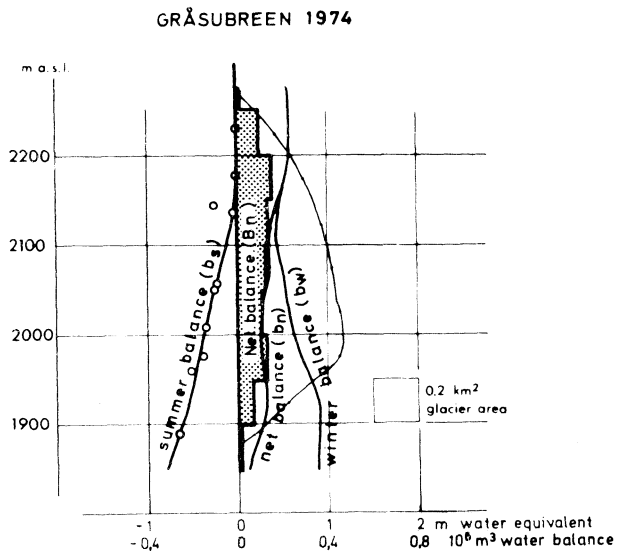


Fig. 24 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

GRÅSUBREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	Sommerbalanse B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	Nettobalanse B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
2250-2300	0,034	0,019	0,55	17	0,000	0,00	0	0,019	0,55	17
2200-2250	0,179	0,102	0,57	18	0,000	0,00	0	0,102	0,57	18
2150-2200	0,305	0,159	0,52	16	0,003	0,01	0	0,156	0,51	16
2100-2150	0,384	0,161	0,42	13	0,019	0,05	2	0,142	0,37	12
2050-2100	0,416	0,208	0,50	16	0,075	0,18	6	0,133	0,32	10
2000-2050	0,464	0,255	0,55	17	0,144	0,31	10	0,111	0,24	8
1950-2000	0,457	0,324	0,71	22	0,197	0,43	14	0,127	0,28	9
1900-1950	0,214	0,187	0,88	28	0,120	0,56	18	0,067	0,32	10
1850-1900	0,065	0,057	0,88	28	0,045	0,69	22	0,012	0,19	6
1850-2300	2,518	1,472	0,58	18	0,603	0,24	8	0,869	0,34	11

Høgtuvbreen

Materialhusholdning

Högtuvbreen ble besökt med skifly 23. desember og 12. januar. 4 staker ble funnet og forlenget. Fra 18.-20. januar ble det satt ut 6 nye staker på breen. Snödypet varierte da fra 3,5 m til 5,5 m ved disse stakene. I resten av vintersesongen ble stakene ettersett i alt 3 ganger ved korte besök med skifly fra Mo i Rana. Vinteren var relativt nedbörsrik i Svartisområdet med störst nedbörsoverskudd för årskiftet. For perioden 1. oktober - 1. juni er nedbörsummen beregnet til å være 126% av normalnedbören.

Vinterbalansen ble målt 3. - 7. mai. Snödypet varierte fra 4 m nederst på breen til rundt 9 meter i gunstige lokaliteter höyt oppe på breen. Det var tildels vanskelig å sondere på de övre deler av breen grunnet en dårlig utviklet sommeroverflate fra 1973. Sonderingene måtte derfor kontrolleres etterhvert som stakene fra 1973 smeltet fram. Noen supplerende kjerneboringer ble også utfört i löpet av sommeren.

Beregnet ut fra fig. 26 utgjorde vinterbalansen $9,0 \cdot 10^6 m^3$ vann eller 3,46 m jevnt fordelt over breflaten.

Sommerobservatörene foretok avlesning og kontroll av stakene fra 21. juni til 12. september, normalt med 7 dagers intervall. Nysnö falt bare i korte perioder på breens övre deler og influerte ikke nevneverdig på ablasjonsforholdene

denne sommeren. Ablasjonshastigheten var relativt jevn gjennom hele sommeren, men holdt seg höy også ut september måned. Alle fjorårets staker smeltet etterhvert fram og erstatningstakene kunne fjernes. Ved sommersesongens slutt lå den temporære snögrensa ca. 900 m o.h. og fremstod da som overgang mellom firn fra 1973 og årets snö, se fig. 27. Siste stakeavlesning ble foretatt 10. oktober. Breen var da dekket av nysnö over 750-meters nivået. Bare ubetydelig ablasjon kan ha forekommet etter denne tid.

Sommerbalansen varierte fra 5,3 m nederst på bretunga til 3,0 m ved de höyestliggende stakene. For hele breen ble den gjennomsnittlig 3,68 m tilsvarende $9,6 \cdot 10^6 m^3$ vann.

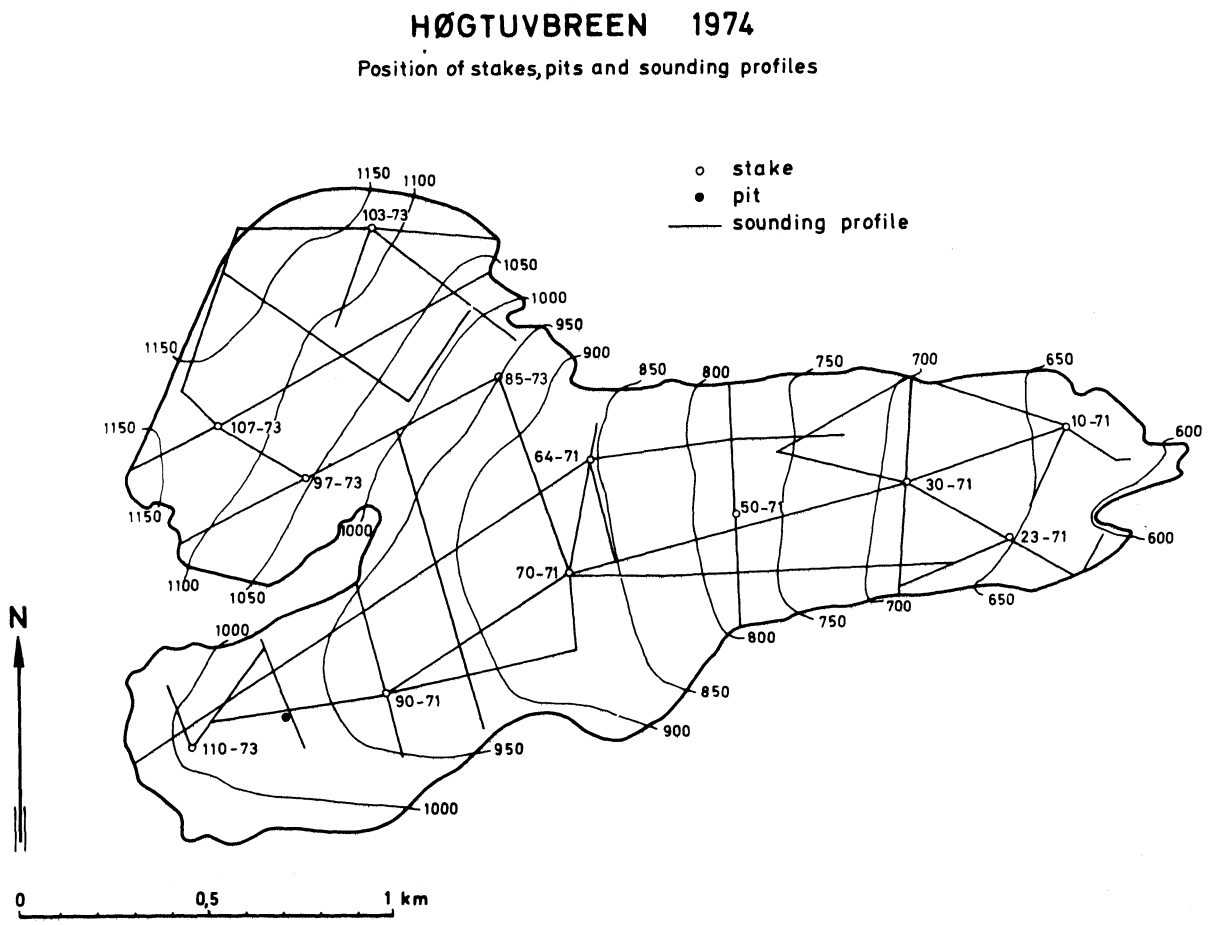


Fig. 25 Beliggenheten av staker, snösjakter og sonderingsprofiler på Högtuvbreen.

The location of stakes, pits and sounding profiles on Högtuvbreen.

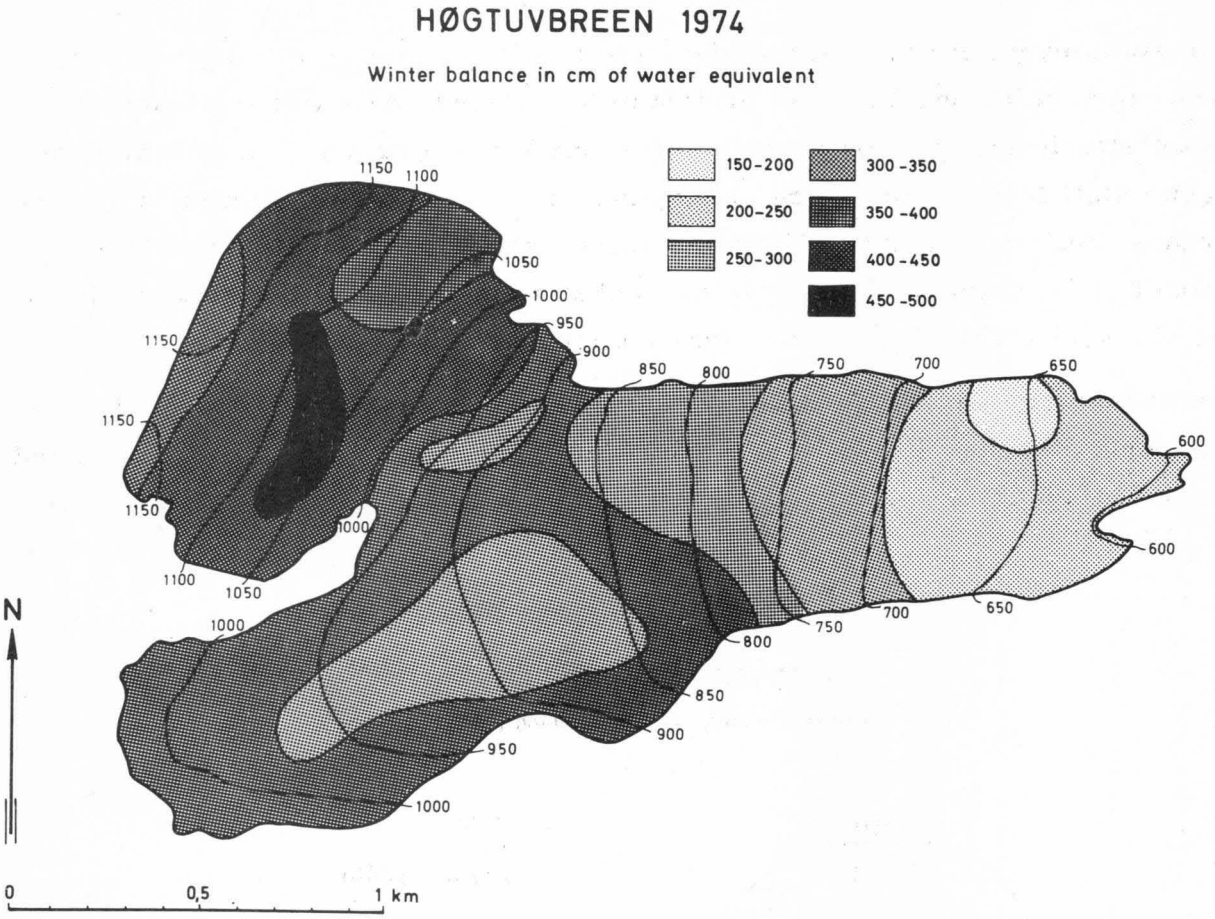


Fig. 26 Vinterbalansens fordeling på Högtuvbreen 1974.
Distribution of the winter balance on Högtuvbreen 1974.

Högtuvbreen mistet dette året masse tilsvarende 0,5 · $10^6 m^3$ vann hvilket igjen betyr en gjennomsnittlig senkning av overflaten lik 0,22 m. Ekstratilsiget til Leiråga vassdraget ble 7 l/s km^2 fordelt over hele året. Årets likevektslinje ble liggende 900 m.o.h.

Meteorologiske observasjoner

Stasjonen ved brefronten (620 m o.h.) var bemannet fra 17. juni til 12. september. Det meteorologiske måleprogrammet denne sommeren var det samme som ble beskrevet for 1972 og 1973 (Tvede 1974a og 1975). I fig. 29 er en del av observasjonene presentert visuelt.

Midlere skydekke ble 7,3 for hele sommeren med 8,3 i juli og 7,6 som måneds-middelverdi for august. Av ialt 88 observasjonsdögn var 2 helt skyfrie, 20 var

Fig. 27 Högtuvbreen 10. september 1974. Den temporære snögrensen var på dette tidspunkt meget nær likevektslinjens beliggenhet i et år med balanse i materialhusholdningen.

The glacier Högtuvbreen photographed on 10. September 1974. The transient snow line was then - at the end of the melt season - close to its average position in years of steady state mass balance conditions.

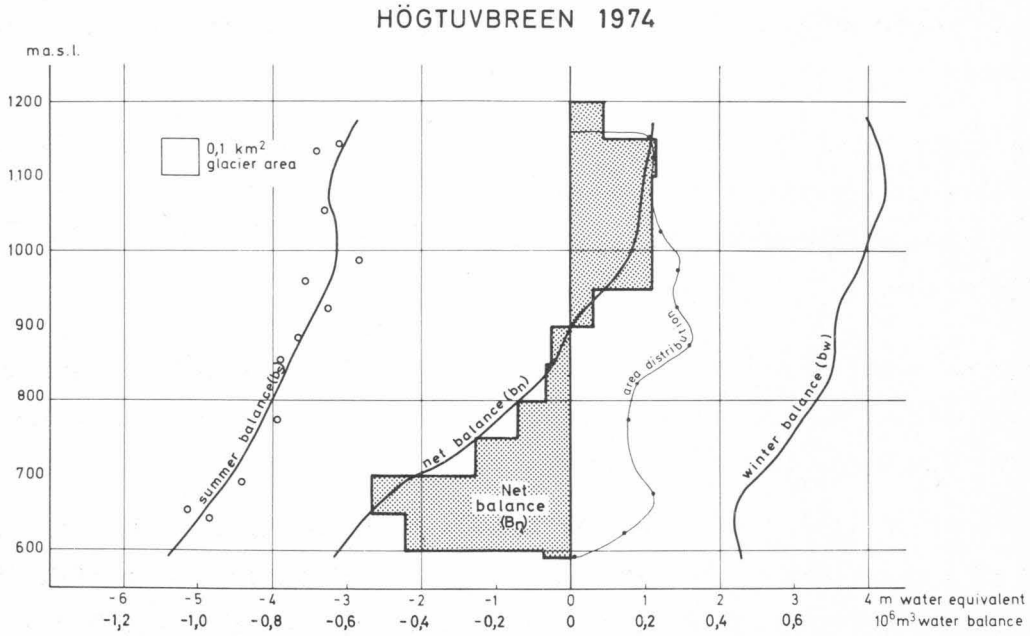


Fig. 28 Variasjonene med höyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

The diagram illustrates winter, summer and net balances in relation to elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height interval.

HÖGTUVBREEN 1974

Höyde intervall m.o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	Sommerbalanse B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	Nettobalanse B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1150-1160	0,080	0,318	3,98	126	0,234	2,88	91	0,084	1,10	35
1100-1150	0,214	0,893	4,17	132	0,669	3,13	99	0,224	1,04	33
1050-1100	0,220	0,930	4,22	133	0,718	3,26	103	0,212	0,96	30
1000-1050	0,252	1,010	4,01	127	0,794	3,15	99	0,216	0,86	27
950-1000	0,318	1,222	3,84	121	1,009	3,17	100	0,213	0,67	21
900- 950	0,321	1,138	3,55	112	1,080	3,37	106	0,058	0,18	6
850- 900	0,316	1,101	3,51	111	1,155	3,66	116	-0,054	-0,15	- 5
800- 850	0,177	0,616	3,48	110	0,686	3,88	123	-0,070	-0,40	-13
750- 800	0,161	0,514	3,19	101	0,662	4,13	130	-0,148	-0,94	-30
700- 750	0,162	0,450	2,78	88	0,710	4,38	138	-0,260	-1,60	-51
650- 700	0,217	0,488	2,25	71	1,027	4,73	149	-0,539	-2,48	-78
600- 650	0,148	0,326	2,20	69	0,760	5,14	162	-0,444	-2,94	-93
588- 600	0,012	0,027	2,25	71	0,064	5,38	170	-0,037	-3,13	-99
588-1160	2,598	9,033	3,46	109	9,568	3,68	116	-0,535	-0,22	- 7

halvskyet eller klarere, mens 32 dager er notert som helt overskyet eller med tåke.

Vindstyrken varierte mellom 9,7 m/s som ble målt 22. august og 0,6 m/s som var laveste døgnmiddelverdi (31. august). Middelverdien for hele sommeren ble 3,9 m/s.

Ingen dager ble notert med negative temperaturer. Kaldest var det 23. juni da døgnmiddelverdien var 2,9° C. Varmeste døgn var 18. juni med 13,3° C som middeltemperatur. Gjennomsnittet for hele måleperioden ble 7,7° C, med månedsmiddelverdiene 7,7° C både i juli og august.

Ved observasjonshytta ble det målt ialt 479 mm nedbør fra 17. juni til 12. september. Av dette kom 152 mm i juli og 208 mm i august. Høyeste døgnverdi var 48 mm regn som ble målt 9. september.

Utenom nedbørsmåleren ved observasjonshytta var det satt ut "Pluviuser" i 7 punkter på breen eller på fjellet nær brekanten. Det lyktes å få pålitelige målinger gjennom det meste av sommeren, vesentlig fordi nesten all nedbør denne sommeren kom som regn over hele breen. 3 nedbørsperioder er tatt ut og resultatet presentert visuelt i fig. 30. Det foregår tydeligvis en kraftig økning av nedbørsmengdene oppover breen. Ved måler nr. 8, 1130 m o.h., synes nedbören å være dobbelt så stor som ved observasjonshytta. Derimot er det

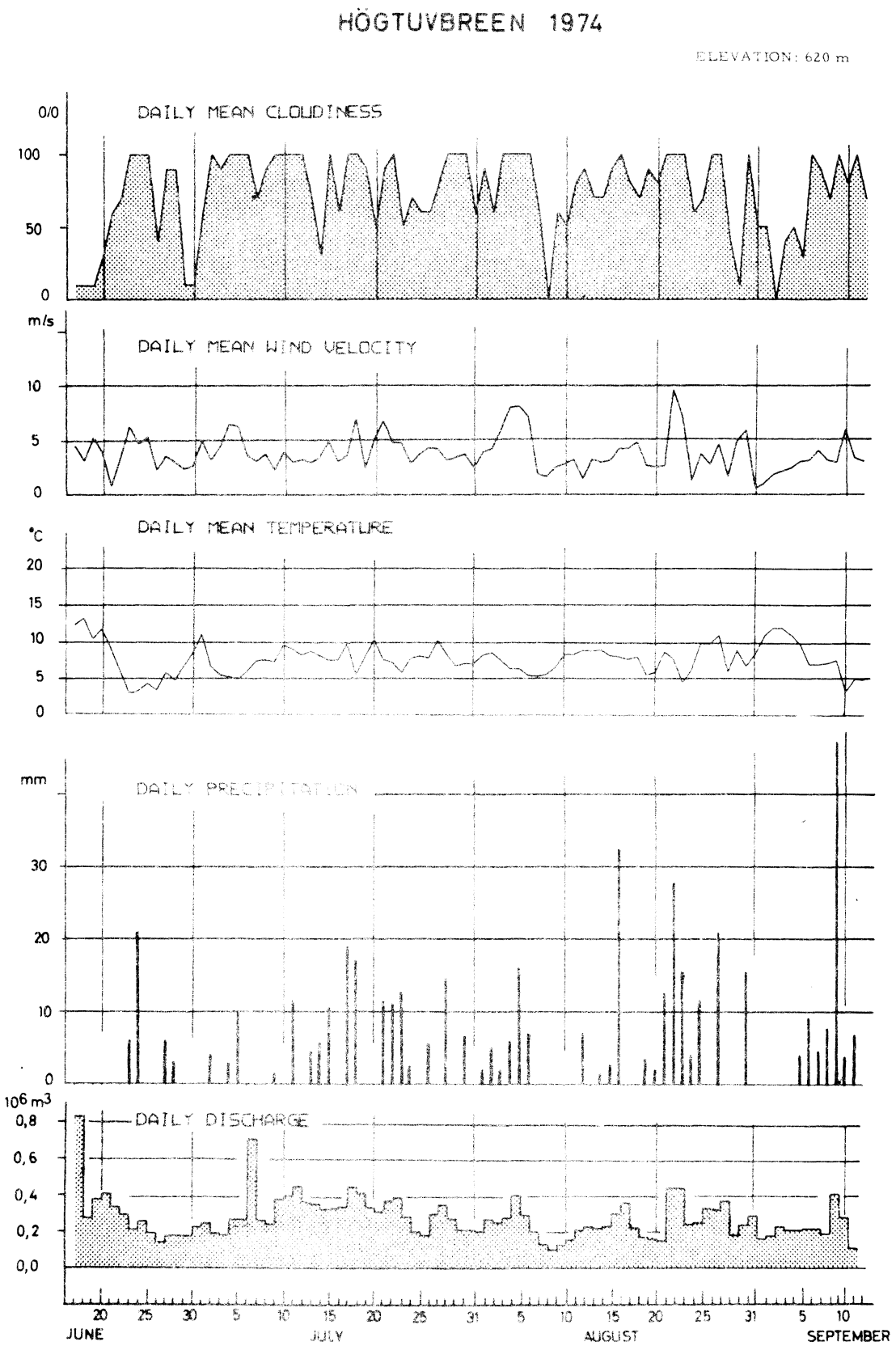


Fig. 29 Resultatene av de meteorologiske observasjonene ved observasjonshytta samt beregnet dögnavlöp i breelva.

The daily meteorological observations and computed daily discharge in the glacier river.

meget stor forskjell mellom nedbörsmålere plassert på fjell og målere plassert på selve breen, se f. eks. mellom måler nr. 6 og 7 samt nr. 8 og 9. Forskjellen er så stor at den ikke kan tilskrives reelle nedbörsvariasjoner. Det er grunn til å tro at mer turbulente vindforhold over de ujevne fjellpartier gir noe av forklaringen. Fig. 30 kan derfor være et eksempel på hvor forsiktig en bör være med å basere seg på en enkelt punktmåling av nedbören i et breområde.

Avrenning

Totalavlöpet registrert ved limnigrafen nedenfor brefronten var 24,2 · $10^6 m^3$ fra 17. juni til 12. september. Den meget höye vannföringen som ble registrert 18. juni skyldes, ihvertfall delvis, isoppstuving ved limnigrafen. Utenom denne dagen var höyeste dögnavlöp 0,45 · $10^6 m^3$ som ble målt 12. og 18. juli.

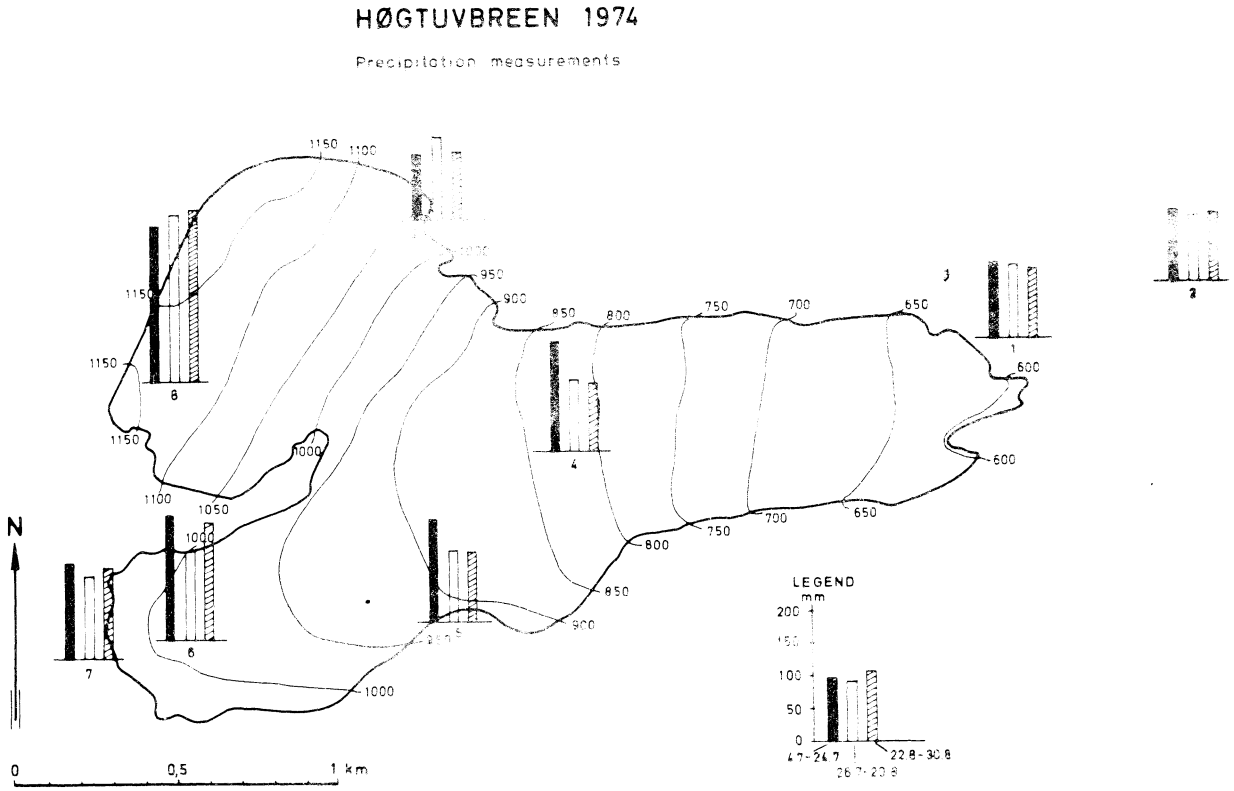


Fig. 30 Beliggenheten av nedbörsmålere på Högtuvbreen sommeren 1974, samt registrerte nedbörshöyder i 3 perioder.

The location of precipitation gauges on Högtuvbreen 1974, and the observed precipitation during 3 periods.

Engabreen

Materialhusholdning

Ved et besök på Engabreen 8. og 9. desember 1973 ble ialt 9 staker funnet, alle lavere enn 1200 m o.h. Snödypet ved disse stakene var ca. 3 m. 5 staker ble satt ut på ny. Gjennom resten av vintersesongen ble breen besökt en rekke ganger ved hjelp av skifly fra Mo i Rana. Stakene ble da målt og om nödvendig forlenget. Nesten alle stakene som var synlig eller ble utsatt i desember, klarte seg derfor gjennom resten av vinteren.

Vinterbalansen ble målt fra 16. - 24. mai. Det var gode værforhold under målingene og smeltingen var i gang på de lavere deler av breplatået. Den dårlige sommeroverflaten fra 1973 gjorde at sonderingene ikke kunne utföres direkte til sommeroverflaten på de övre deler av breen. Et markert islag fra oktober dannet derimot en god referanseflate ved sonderingsarbeidet. Ut fra

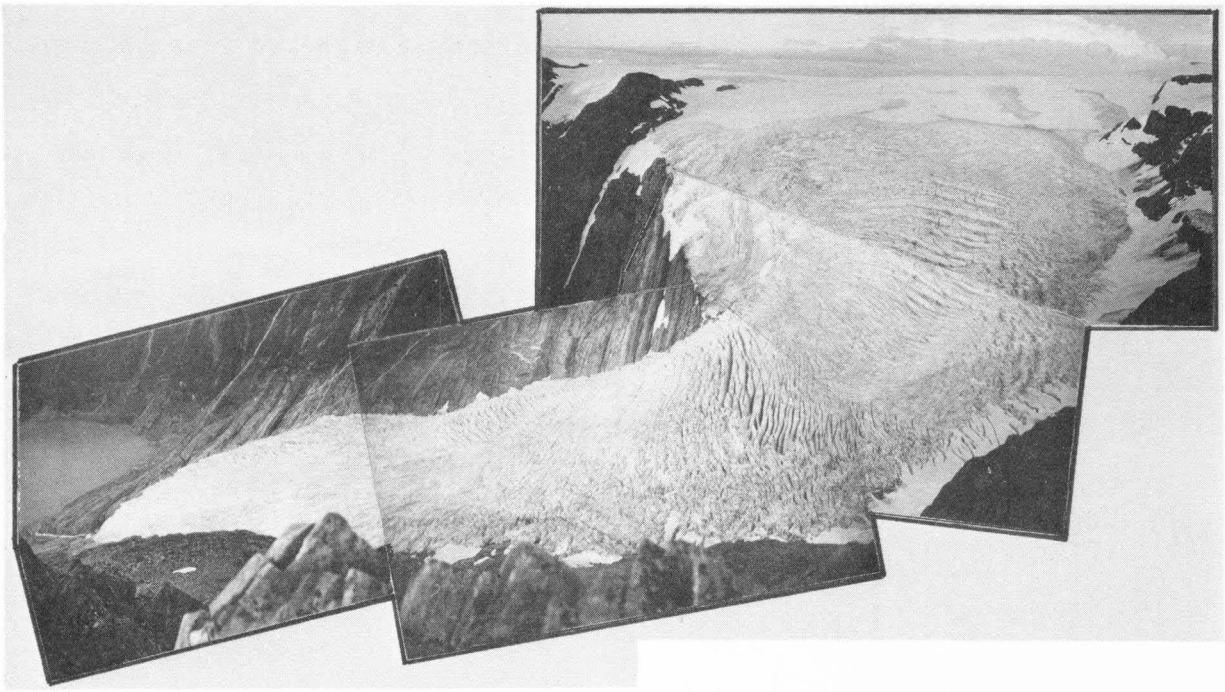


Fig. 31 Engabreens nedre del fotografert 11. august 1974. Engavatn helt til venstre. I det sterkt oppsprukne partiet mellom 500 og 900 m o.h. har det ikke vært mulig å utföre målinger. Akkumulasjon og ablasjonstall blir beregnet ved ekstrapolasjon fra de observerte områder ovenfor og nedenfor.

The lower part of Engabreen photographed from the south on 11. August 1974. A part of the lake Engavatn can be seen to the left. In the most crevassed area in the middle (between 500 and 900 m a.s.l.) it proved impossible to perform any mass balance measurements. Accumulation and ablation figures were estimated by extrapolation from observed areas above and below.

målingene i desember og ved å sammenlikne med de stakene som hadde overlevet vintersesongen, kunne snölaget mellom dette islaget og den egentlige sommeroverflaten beregnes og adderes til sonderingene. En del kjerneboringer ble også foretatt ved stakeposisjoner på breens övre deler. Kartet over vinterbalansen, fig. 33, baserer seg derfor på flere, og stort sett bedre, data enn tidligere år. Vinterbalansens fordelingsmönster er i store trekk det samme som tidligere år, men ökningen mot breens övre deler er ikke fullt så stor som enkelte tidligere vintere.

Vinterbalansen er beregnet til å utgjöre 129,0 · $10^6 m^3$, tilsvarende 3,39 m vann fordelt over breflaten.

Mellom 20. juni og 5. september foretok fast stasjonerte observatörer hyppige avlesninger av stakene på breen og wire på bretunga. De fleste av fjorårets staker smeltet etterhvert fram i nivåene under 1250 m o.h. Det falt nysnö i flere korte perioder gjennom hele sommersesongen, men nysnödypet var sjelden over 10 cm og som oftest lokalisert til områdene over 1250 m o.h. Nysnö influerte derfor på langt nær så mye på ablasjonshastigheten denne sommeren

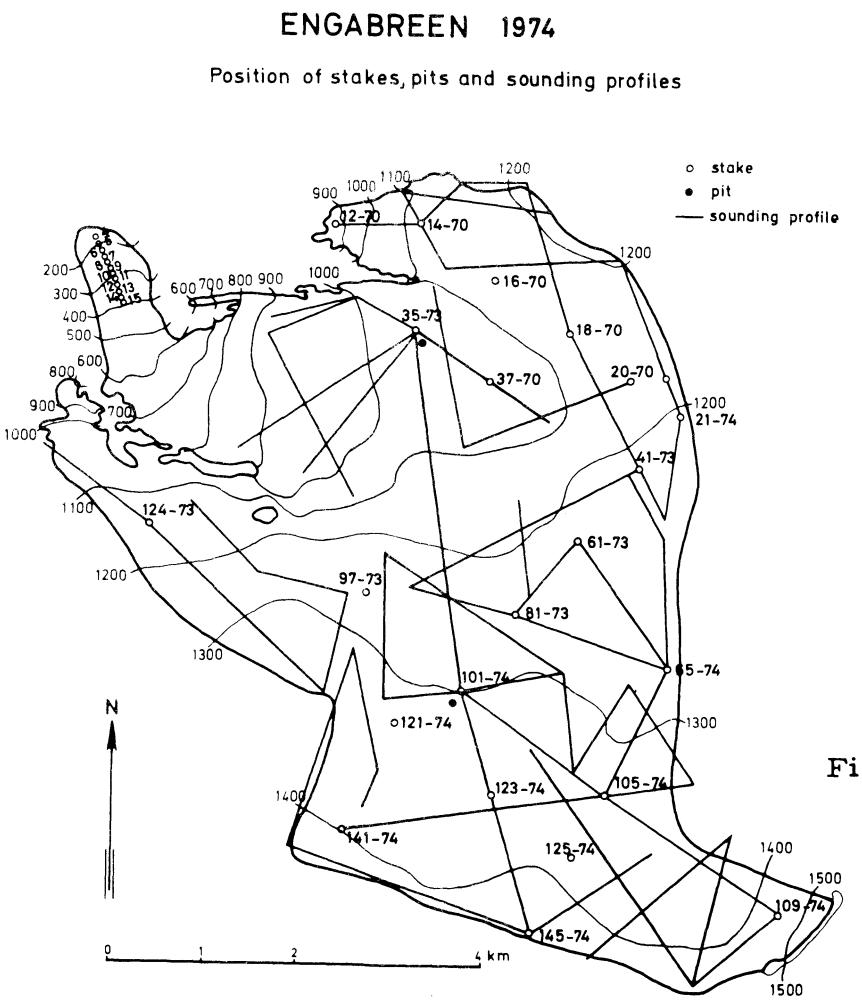


Fig. 32 Beliggenhet av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

som sommeren 1973. Siste avlesning av stakene 5. oktober viste at det var kommet fra 40 til 90 cm nysnö over hele breplatået og sommersesongen var avsluttet.

Sommerbalansen målt ved wire på bretunga og staker på resten av breen varierte mellom 10,0 m i 200-metersnivået til 1,4 m ved enkelte höytliggende staker. Regnet for hele breen utgjorde den 98,7 · $10^6 m^3$ vann eller 2,59 m som spesifikk verdi.

Engabreen öket sin masse dette året tilsvarende 30,3 · $10^6 m^3$ vann hvilket igjen ville utgjöre 0,80 m jevnt fordelt over hele breflaten. Årstilsiget til Engabrevatn må derfor korrigeres med 25 l/s km^2 for 1974. Likevektslinja ble liggende 1030 m o.h. Se ellers fig. 34 og tabellen på s. 42 for flere detaljer.

Meteorologiske observasjoner

Det meteorologiske måleprogrammet sommeren 1974 var stort sett det samme som ble beskrevet for 1973. Foruten observasjoner av nedbör, temperatur,

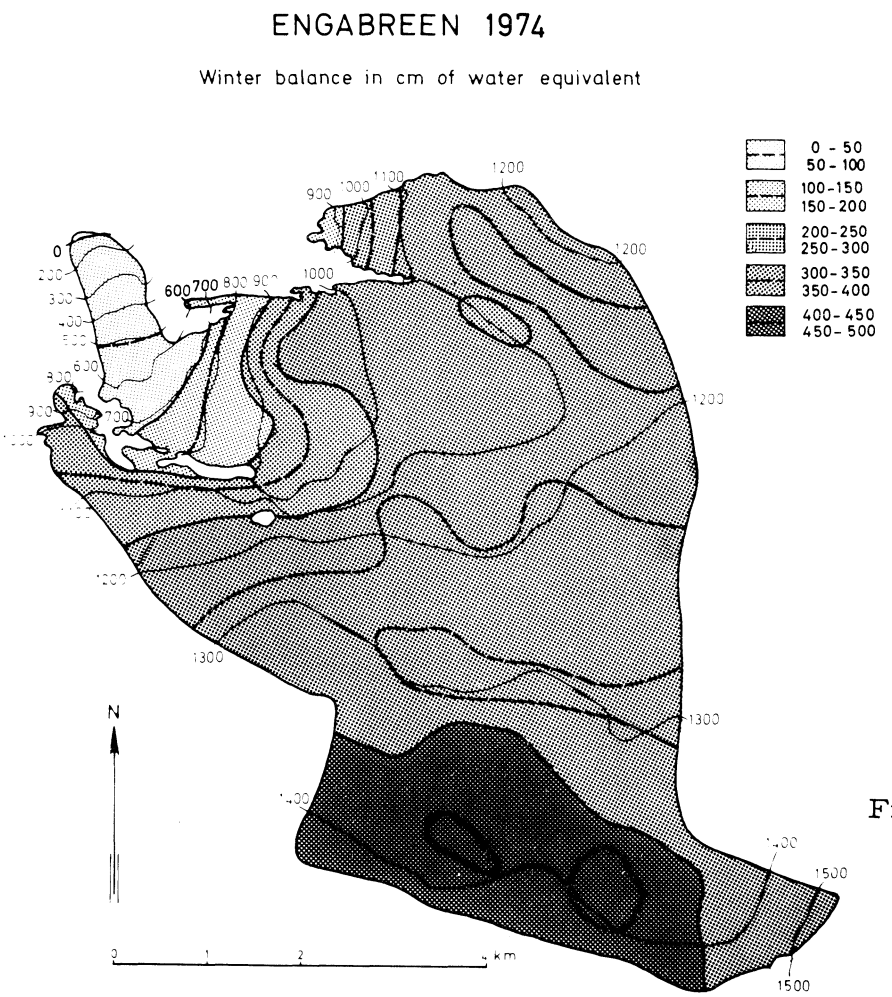


Fig. 33 Kart som viser vinterbalansen 1974.

Map of the winter balance 1974.

ENGABREEN 1974

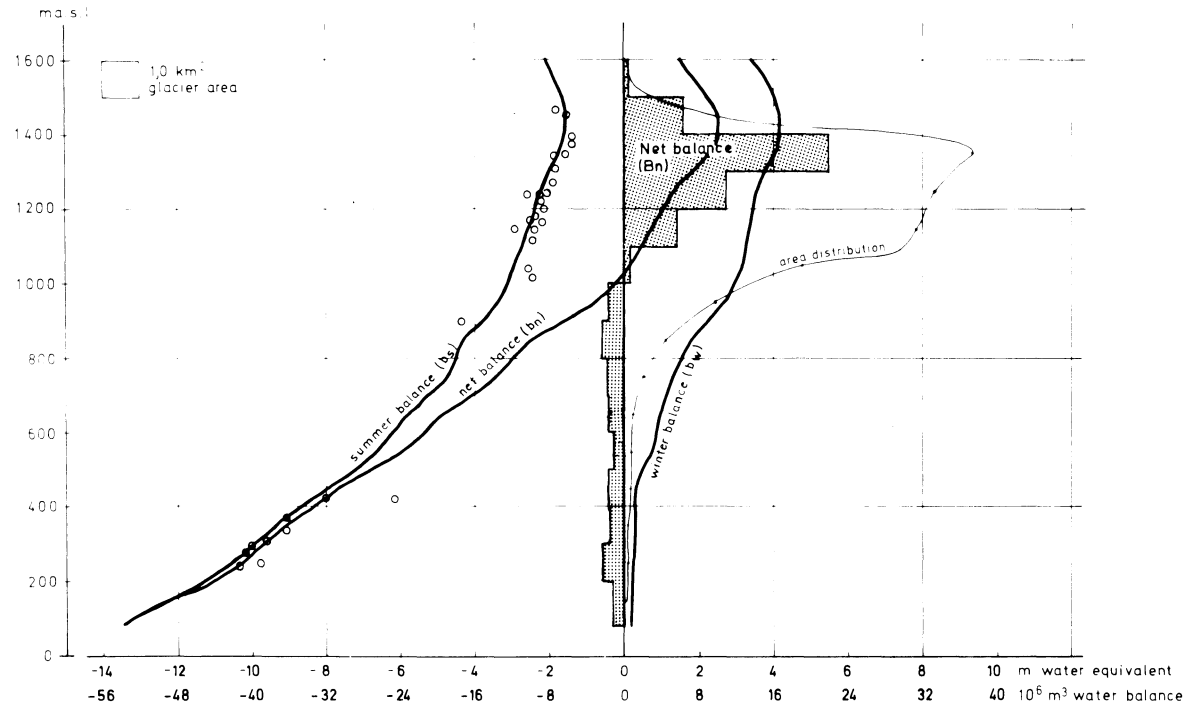


Fig. 34 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal balance in every 50 m height interval.

ENGABREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	Sommerbalanse B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	Nettobalanse B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1500-1594	0,124	0,465	3,75	118	0,230	1,88	59	0,235	1,87	59
1400-1500	2,508	10,308	4,11	130	4,038	1,61	51	6,270	2,50	79
1300-1400	9,348	38,140	4,08	129	16,172	1,73	54	21,968	2,35	75
1200-1300	8,548	30,345	3,55	112	19,489	2,28	72	10,856	1,27	40
1100-1200	7,600	25,384	3,34	105	19,608	2,58	81	5,776	0,76	24
1000-1100	4,662	14,685	3,15	99	13,893	2,98	94	0,792	0,17	5
900-1000	2,460	6,642	2,70	85	8,364	3,40	107	-1,722	- 0,70	- 22
800- 900	0,940	1,701	1,81	57	4,080	4,34	137	-2,379	- 2,53	- 80
700- 800	0,500	0,625	1,25	39	2,412	4,73	149	-1,787	- 3,48	-110
600- 700	0,370	0,363	0,98	31	2,153	5,82	184	-1,790	- 4,84	-153
500- 600	0,270	0,203	0,75	24	1,663	6,65	210	-1,460	- 5,90	-186
400- 500	0,210	0,054	0,25	8	1,715	7,94	251	-1,661	- 7,69	-243
300- 400	0,165	0,041	0,25	8	1,600	9,41	297	-1,559	- 9,16	-289
200- 300	0,220	0,055	0,25	8	2,310	10,50	332	-2,255	-10,25	-324
80- 200	0,095	0,019	0,20	6	1,190	12,55	396	-1,171	-12,35	-390
80-1594	38,020	129,030	3,39	107	98,710	2,59	82	30,320	0,80	25

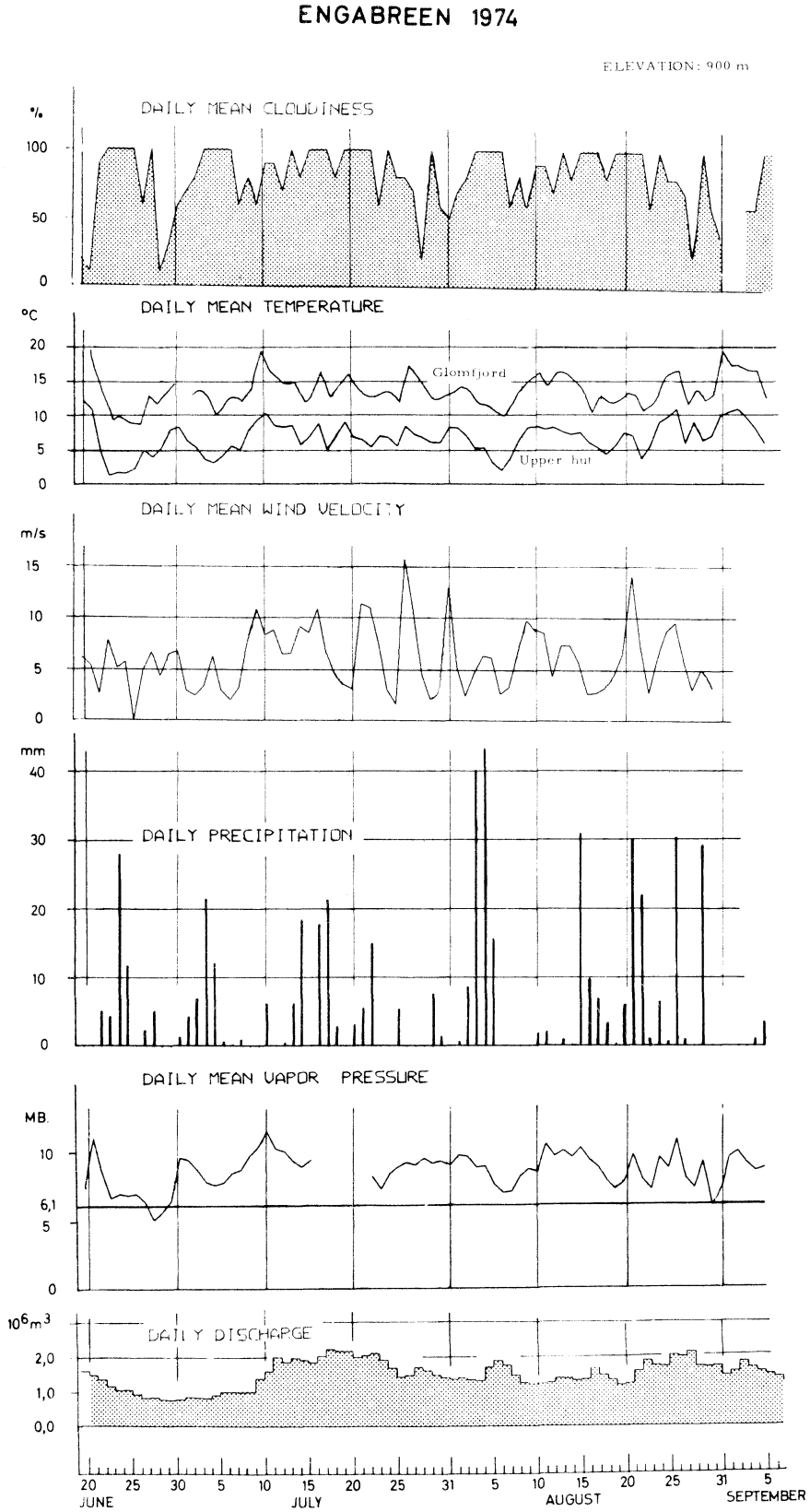


Fig. 35 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene samt beregnet dögnavlöp ved utlöpet av Engavatn.

The daily meteorological observations and computed daily discharge at Engabreen.

vindstyrke, fuktighet, skydekke og kortbölget innstråling ved observasjonshytta, 880 m o.h., var en pluviograf og en termograf montert på et breskjær nær Snötind, 1361 m o.h. Et utvalg av observasjonsresultatene er presentert visuelt i fig. 35. Se ellers artikkelen på s. 53 i foreliggende rapport for en nærmere omtale av Engabreens varmebalanse sommeren 1974.

Midlere skydekke på övre hytte ble 8,0 for perioden fra 20. juni til 7. september. Juli hadde 8,4 som månedsmiddel mens august hadde 8,3. Ingen dager var helt skyfrie, 8 var halvskyet eller klarere mens hele 34 dager er notert som helt overskyet eller hadde tett tåke. Midlere dögnvindstyrke kom opp i 15,7 m/s den 27. juli, mens laveste dögnmiddelverdi ble målt til 0,0 m/s eller helt vindstille den 26. juni. Middelverdien for hele måleperioden ble 6,0 m/s og alle månedsmiddelverdiene lå nær opptil denne verdien.

Middeltemperaturen for perioden 20. juni - 7. september ble 6,7° C og middelverdien for både juli og august ble 6,7° C. Ingen dager hadde negative temperaturer ved övre hytte, kaldest var det 23. juni med 1,3° C mens middeltemperaturen på sommerens varmeste dag, 20. juni, var 12,2° C. Ut fra temperaturobservasjoner i Glomfjord og ved Högtuvbreen kan en anta at temperaturen på Engabreen var enda höyere 17. og 18. juni. Temperaturgradienten mellom Glomfjord og övre hytte er beregnet til 0,81° C pr. 100 m i juli, 0,77° C i august og 0,82° C som gjennomsnitt for hele måleperioden.

Ved övre hytte oppfanget standardnedbörsmåleren ialt 508 mm nedbör i observasjonsperioden. Av dette kom 160 mm i juli og 288 mm i august. Nedbörstasjonen i Glomfjord registrerte i samme periode 368 mm.

Utenom målerne ved övre hytte var det satt ut ialt 12 nedbörsmålere på breplatået. Disse ble tömt forholdsvis regelmessig og en kunne denne sommeren avgrense flere nedbörsperioder hvor nesten all nedbören hadde kommet som regn over hele breen. En periode fra 11. juli til 1. august er presentert nærmere i fig. 36. Nedbörsfordelingen i denne perioden var meget veldefinert og öket så regelmessig med höyden at isopletlinjer kunne trekkes for en del av Engabreen. I denne perioden registrerte Glomfjord 72 mm nedbör, övre hytte fikk 110 mm mens nedören ved Engabreens tyngdepunkt 1220 m o.h., var ca. 150 mm. Det resultat som ble antydet i rapporten for 1972 om at nedören på Engabreens övre deler er av störrelsesorden det dobbelte av nedören målt i Glomfjord, bekreftes derfor av årets målinger.

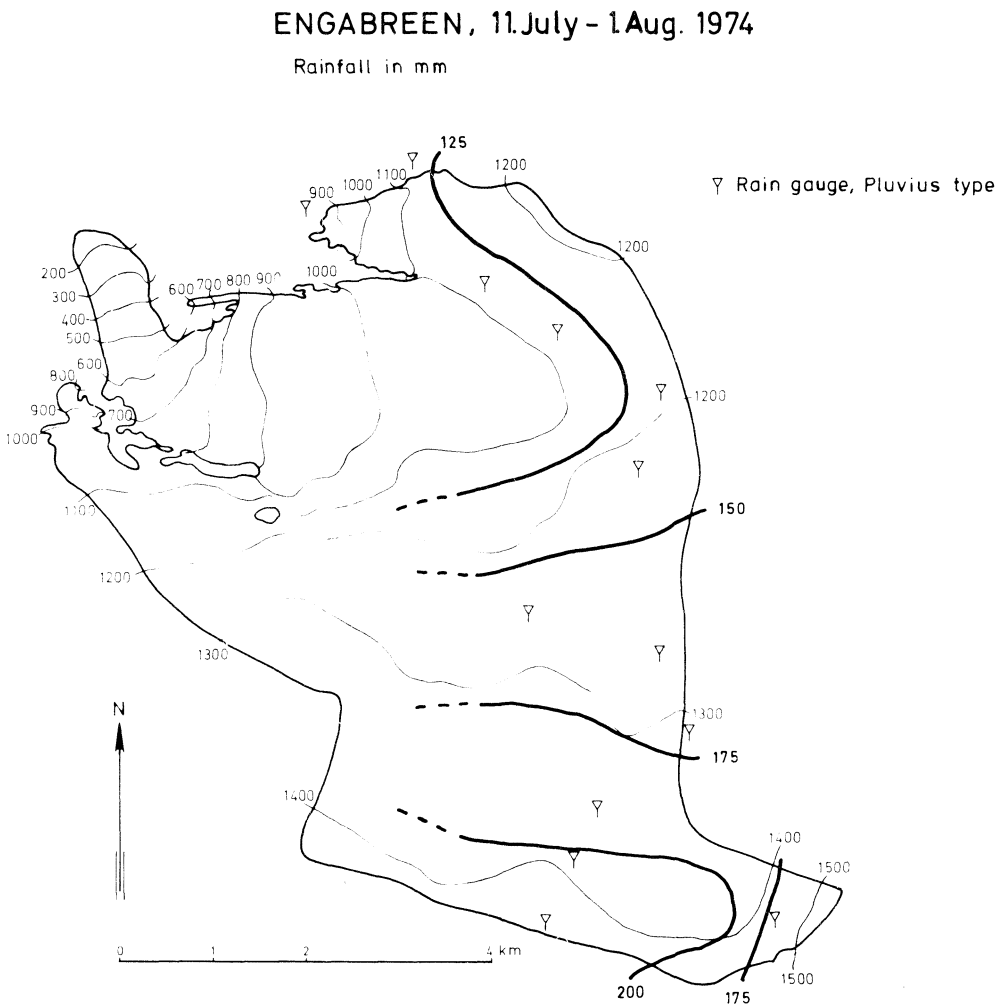


Fig. 36 Beliggenheten av nedbörsmålere, samt nedbörsfordelingen for deler av Engabreen i perioden 11. juli - 1. august 1974.

The location of precipitation gauges and rainfall distribution of parts of Engabreen during the period 11.Juli - 1. August 1974.

Midlere vanndamptrykk var 9, 1 mb i juli, 8, 7 mb i august og 8, 6 mb som gjennomsnitt for hele måleperioden. Bare to dager, 28. og 29. juni, var vanndamptrykket under 6, 1 mb og sublimasjon fra breoverflaten kan ha forekommet.

Avrenning

Totalavlöpet fra 3. juni til 8. september var 129, 5 · $10^6 m^3$ ved limnigrafen i Engavatn. Störste dögnavlöp ble registrert 18. august og var 2, 23 · $10^6 m^3$. Det var ellers ingen markerte flomperioder i löpet av sommeren 1974, da både nedbörs- og temperaturvariasjonene var moderate i dette breområdet.

Trollbergdalsbreen

Materialhusholdning

Breen ble besökt 27. og 28. januar 1974. 4 staker ble funnet og forlenget, dessuten ble 4 nye staker satt ut på breen. Snödypet ved stakene var mellom 4 og 5 meter. Vinterbalansemålingene ble utfört mellom 10. og 13. mai. Bortsett fra nivåene höyere enn 1100 m o.h. var det mulig å sondere snödypet direkte. For de höyestliggende områdene måtte en også stötte seg til kjerneboringer seinere på sommeren samt målinger på fjorårets staker, når disse smeltet fram. Fordelingen av vinterbalansen fremgår av fig. 38, se også fig. 39.

Vinterbalansen belöp seg til 4,7 · $10^6 m^3$, som igjen ville utgjöre et vannlag på 2,57 m fordelt over hele breen.

Mellom 15. juni og 1. september var det faste observatörer på breen og disse foretok kontroll av stakene ca. hver 5. dag. Som beskrevet for Högtuvbreen og Engabreen kom det bare ubetydelige mengder nysnö i löpet av sommeren og ablasjonshastigheten var relativ jevn. Ved siste stakeavlesning 28. september, var hele breen dekket av nysnö.

Sommerbalansen utgjorde 5,4 · $10^6 m^3$ som igjen tilsvarer 2,97 m regnet som spesifikk verdi.

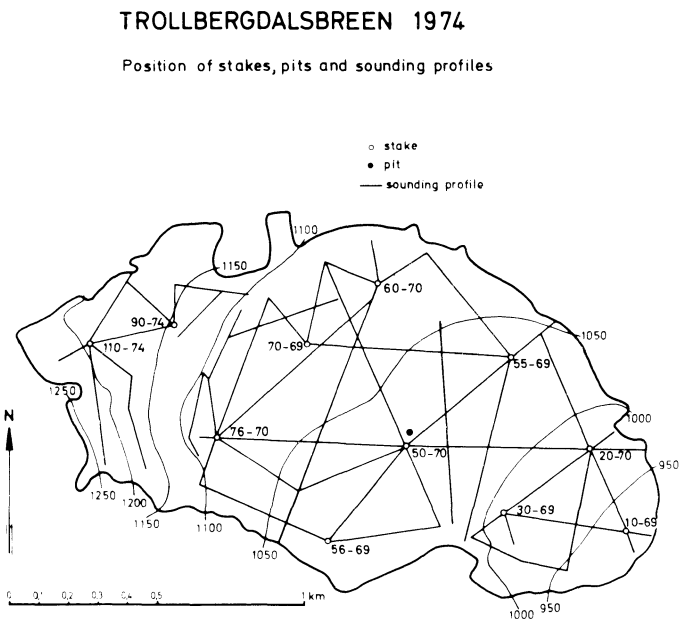


Fig. 37 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

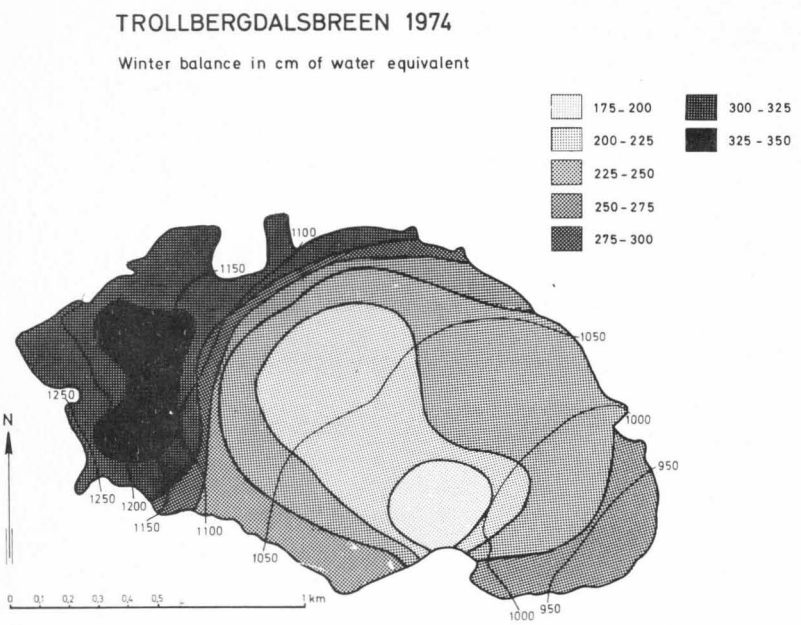


Fig. 38

Kart som viser vinterbalansen 1974.

Map showing the winter balance 1974.

Trollbergdalsbreen hadde i 1974 underskudd i sin materialhusholdning og mistet totalt 0,7 · $10^6 m^3$ vann. Dette betyr at 0,40 m av bremassen ble fjernet, jevnt fordelt over hele breflaten. Dette ga igjen 13 l/s km^2 ekstra tilsig til vassdraget nedenfor breen. Likevektslinjen ble liggende 1105 m o.h.

Meteorologiske observasjoner

Stasjonen ved Trollbergdalsbreen var bemannet fra 19. juni til 1. september. De meteorologiske observasjonene ble som tidligere sommere utfört ved observasjonshytta 960 m o.h. og de viktigste resultater er presentert i fig. 41.

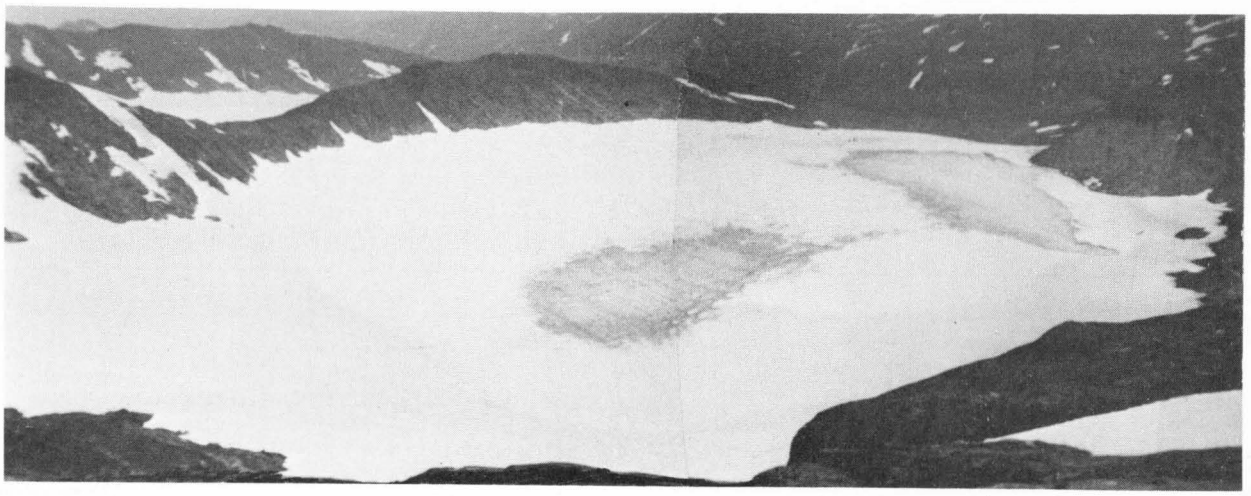


Fig. 39 Trollbergdalsbreen 12. august 1974. Litt breis er smeltet fram på de områder av breen hvor vinterbalansen er minst, se fig. 38.

Trollbergdalsbreen seen from a point above the firn basin on 12. August, 1974. Relatively small areas of glacier ice have been exposed in places where the winter balance is small (compare Fig. 38).

TROLLBERGDALSBREEN 1974

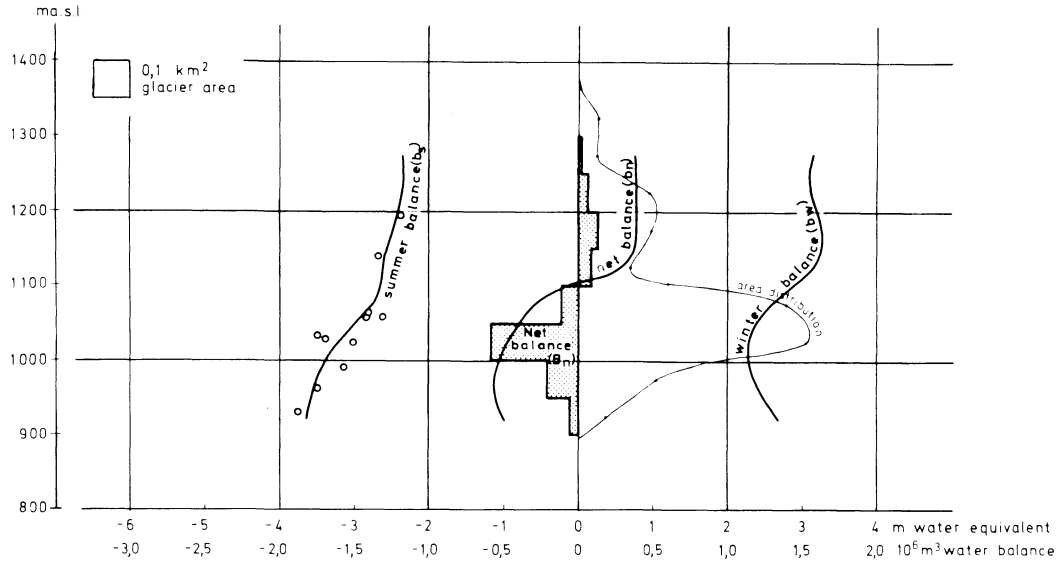


Fig. 40 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

TROLLBERGDALSBREEN 1974

Höyde intervall m o.h.	Areal S km²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w $10^6 m^3$	b_w m	b_w l/s km²	B_s $10^6 m^3$	b_s m	b_s l/s km²	B_n $10^6 m^3$	b_n m	b_n l/s km²
1250-1300	0,005	0,016	3,13	99	0,012	2,38	75	0,004	0,75	24
1200-1250	0,080	0,250	3,14	99	0,190	2,38	75	0,060	0,76	24
1150-1200	0,173	0,559	3,23	102	0,427	2,47	78	0,132	0,76	24
1100-1150	0,128	0,409	3,19	101	0,336	2,63	83	0,073	0,56	18
1050-1100	0,556	1,400	2,52	80	1,521	2,73	86	-0,121	-0,21	- 7
1000-1050	0,615	1,397	2,27	72	1,991	3,24	102	-0,594	-0,97	-31
950-1000	0,199	0,472	2,37	75	0,698	3,51	111	-0,226	-1,14	-36
900- 950	0,063	0,165	2,62	83	0,228	3,63	115	-0,063	-1,01	-32
900-1300	1,819	4,668	2,57	81	5,403	2,97	94	-0,735	-0,40	-13

Midlere skydekke for hele observasjonsesongen ble 8,1 med månedmiddelverdiene 8,9 i juli og 8,3 i august. Hele 30 dager av ialt 74 var det helt overskyet, ingen dager var skyfrie mens 10 dager var halvskyet eller klarere.
Vindstyrken varierte mellom 10,6 m/s (22. august) og 0,5 m/s (12. juli) regnet som dögnmiddelverdi. Middelverdien for hele sommeren ble 3,8 m/s med h.h.v. 3,4 m/s i juli og 4,2 m/s i august.

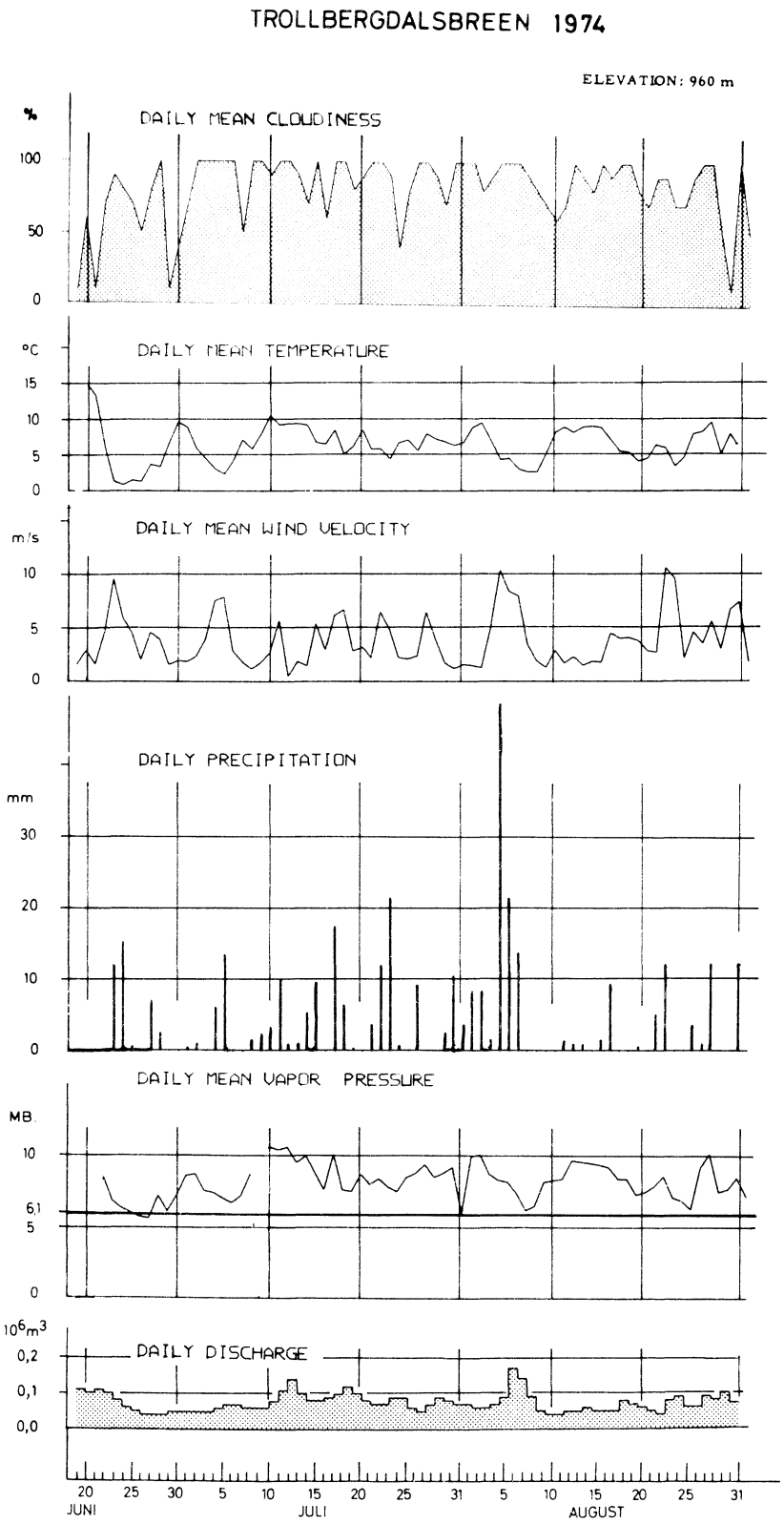


Fig. 41 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene samt beregnet dögnavlöp i breelva.

The daily meteorological observations and computed daily discharge in the glacier river.

Varmeste dögn var 20. juni da middeltemperaturen ble 15,1° C mens det var kaldest 24. juni med 0,9° C. Månedsmiddeltemperaturen var 6,8° C i juli, 6,5° C i august og 6,5° C for hele observasjonsperioden.

Pluviusen ved observasjonshytta oppfanget ialt 341 mm nedbör i löpet av sommeren. Av dette kom 143 mm i juli og 161 mm i august. Störst dögnnedbör ble målt 4. august med ialt 49 mm. I Glomfjord ble det registrert hele 86 mm denne dagen, mens Högtuvbreen bare fikk 6 mm. Det kraftige regværet 4. august synes derfor å ha vært forholdsvis lokalt. Endel "Pluviuser" var plassert på breen og fjellet rundt breen også denne sommeren. Resultatene bekrefter forrige sommers konklusjoner og viser at nedbören målt ved observasjonshytta omtrent tilsvarer middelnedbören i dreneringsområdet.

Vanndamptrykket varierte mellom 10,6 mb (10. juli) og 5,6 mb (27. juni). Middelverdien for hele sommeren ble 8,0 mb med månedsverdiene 8,2 mb i juli og 8,3 mb i august. Som for stasjonen ved Engabreen var det bare noen få dager i slutten av juni at vanndamptrykket var lavere enn 6,1 mb og lufttemperaturen samtidig var over 0°C.

Avrenning

Ialt $5,5 \cdot 10^6 m^3$ vann passerte limnigrafen ved brefronten. Midlere dögnavlöp var $0,07 \cdot 10^6 m^3$ og höyeste avlöp $0,17 \cdot 10^6 m^3$ ble målt i forbindelse med stor nedbör den 5. august.

EN SAMMENLIKNING AV MATERIALHUSHOLDNINGEN PÅ DE ENKELTE BREER

Antallet undersökte breer i Norge var 11 i 1974. Se nærmere omtale under innledningskapitelet. Den geografiske fordeling av breområdene regnes for å være relativt god og alle större breområder i Sör-Norge er representert. I Nord-Norge er undersökelser igang bare i Svartisområdet og en vet derfor relativt mindre om de glasio-hydrologiske forholdene i denne landsdelen.

Årets resultater fra målinger av materialhusholdningen på de undersökte breer presenteres samlet i tabellen nedenfor og verdiene er også fremstilt visuelt i fig. 42. I motsetning til flere av de foregående år viser verdiene fra 1974

	Areal	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse			Likevekts-
	S	B_w	b_w		B_s	b_s		B_n	b_n		linje
	km^2	$10^6 m^3$	m	$l/s\ km^2$	$10^6 m^3$	m	$l/s\ km^2$	$10^6 m^3$	m	$l/s\ km^2$	m o.h.
Ålfotbreen	4,79	17,09	3,57	113	12,16	2,54	80	4,93	1,03	33	1065
Blomsterskardbreen	45,72							23,32	0,51	16	1325
Gråbreen, Folgefonni	9,55	20,58	2,14	68	14,83	1,55	49	5,75	0,59	19	1380
Nigardsbreen	47,21	97,24	2,06	65	74,46	1,58	50	22,78	0,48	15	1490
Hardangerjökulen	17,79	33,98	1,91	61	26,69	1,50	47	7,29	0,41	13	
Storbreen	5,40	6,80	1,26	40	5,51	1,02	32	1,29	0,24	8	
Hellstugubreen	3,29	3,31	1,00	32	2,50	0,76	24	0,80	0,24	8	1785
Gråsubreen	2,52	1,47	0,58	18	0,60	0,24	8	0,87	0,34	11	(1830)
Högtuvbreen	2,60	9,03	3,46	109	9,57	3,68	116	-0,54	-0,22	- 7	900
Engabreen	38,02	129,03	3,39	107	98,71	2,59	82	30,32	0,80	25	1030
Trollbergdalsbreen	1,82	4,67	2,57	81	5,40	2,97	94	-0,74	-0,40	-13	1105

liten variasjon mellom vestlige og mer östlige breområder i Sör-Norge. Alle breene hadde relativt moderate overskudd i nettobalansen og 1974 ble derfor det förste år siden 1967 hvor samtlige breer i Sör-Norge öket sitt volum. Vinterbalansen var relativt störst på Ålfotbreen og verdiene fra 1974 lå ca. 15% over den omtalte normale vinterbalanse. På Jostedalsbreen, Folgefonni og i Jotunheimen var vinterbalansen derimot meget nær eller endog litt under normalverdiene. Nedbörstasjonen Björkehaug hadde i perioden fra 1. oktober til 1. juni 94% av normalnedbören, og det aller meste kom för årskiftet.

Sommeren var i Sör-Norge preget av kaldt og fuktig vær. Bare juni hadde middeltemperaturer over det normale. På Björkehaug var månedene juni, juli,

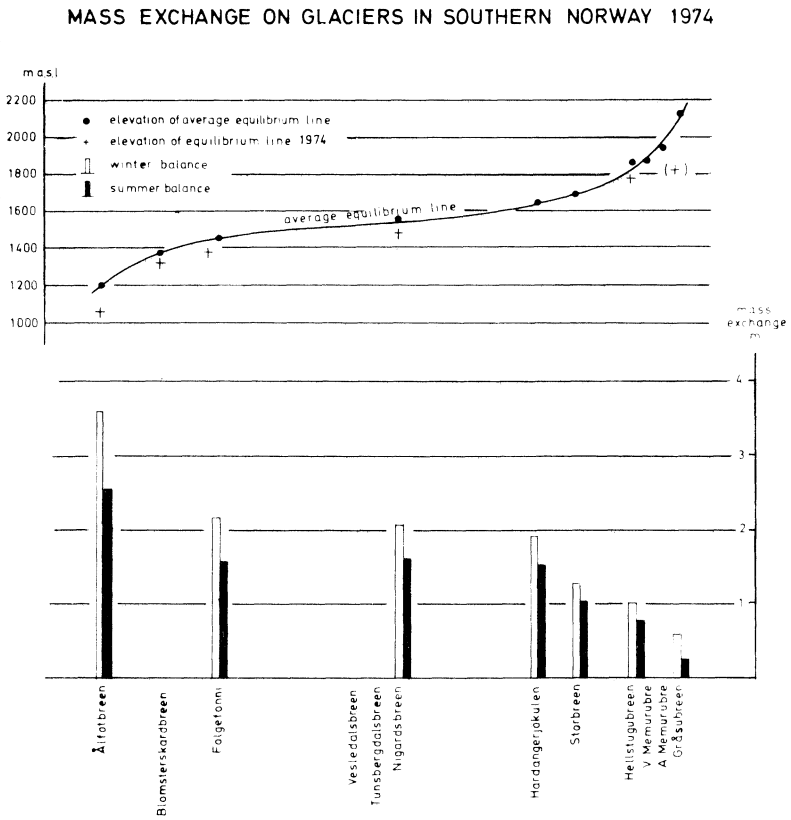


Fig. 42

Materialomsetningen på de undersökte breene i Sör-Norge. Et profil er lagt fra Ålfotbreen til Gråsubreen, og de övrige breer er plassert i forhold til likevektslinjens höyde et år breene er i likevekt.

The mass exchange on glaciers in Southern Norway. The glaciers are placed on a profile from Ålfotbreen to Gråsubreen according to the height of the equilibrium line calculated for steady state conditions on the glaciers.

august og september 1,0° C kaldere enn normalt, störst var temperaturunderskuddet i juli med 2,4° C under normalen. En stor del av nedbören i juli og august kom som snö på de höyestliggende deler av breene og sinket ablasjonen betydelig. Over ca. 2100 m o.h. var det overhodet ingen smelting av vintersnöen denne sommeren. Det er derfor sommerbalanseverdier under det normale som förte til at breene i Sör-Norge öket i volum. Dette med unntak for Ålfotbreen hvor også vinterbalansen var over det normale.

Fig. 43 viser at Ålfotbreen, Nigardsbreen og Hardangerjökulen har öket sitt volum i perioden 1963-74. Det samme er antakelig også tilfelle for Folgefonni, men målinger fra 1969 mangler for denne breen. For breene lenger öst har det vært en avtakende tendens.

I Svartisområdet var vinterbalansen over det normale. Nedbörstasjonen Glomfjord hadde for perioden 1. oktober - 1. juni 126% av normal nedbörsum og omtrent samme forhold synes å ha hersket på breene i området. Sommeren var

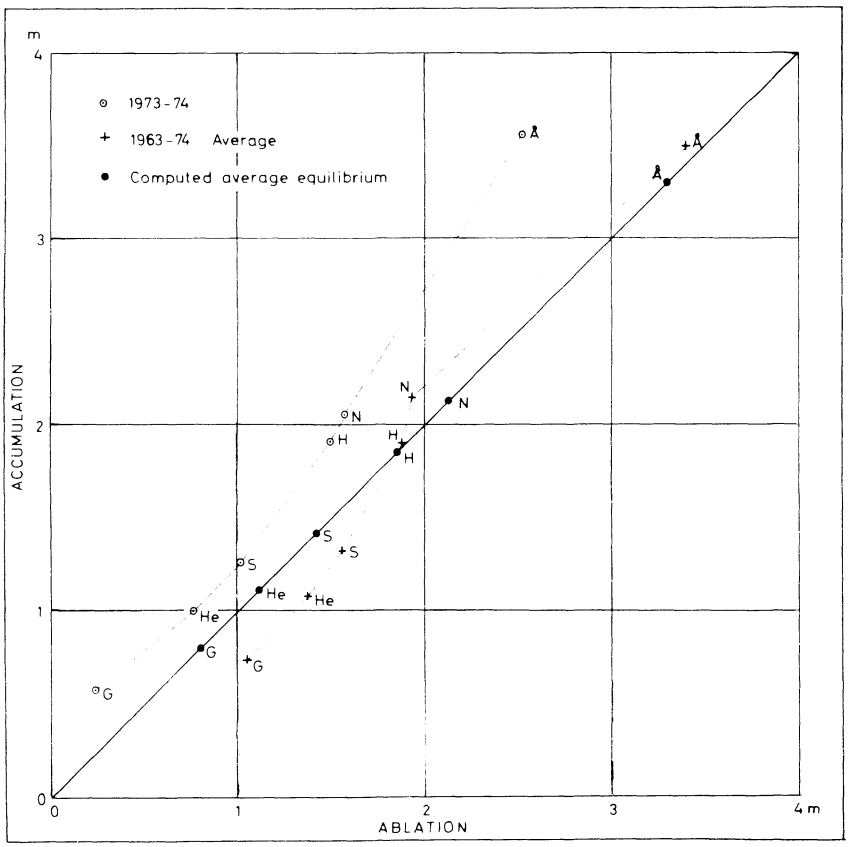


Fig. 43 Diagrammet viser forholdet mellom vinter- og sommerbalansen i 1974 sammenliknet med middelverdiene av de siste 12 års målinger og et år med beregnet "normal" materialomsetning.

Å - Ålfotbreen, N - Nigardsbreen, H - Hardangerjökulen, S - Storbreen, He - Hellstugubreen og G - Gråsubreen.

Relation between winter and summer balance in 1974 compared to the mean of the previous twelve years and also to that of a year with a computed "normal" mass exchange. For code explanation, see above.

her omtrent som normal m.h.t. temperatur og nedbörforhold. Juni og september hadde temperaturoverskudd, mens juli og august var litt kaldere enn normalt. For alle 4 månedene var middeltemperaturen 0,2° C varmere enn normalt i Glomfjord. Den höye middeltemperaturen i september förte til en noe lenger ablasjonsesong enn normalt. Dette sammen med fravær av snöfall i sommermånedene medförte at sommerbalansen på Svartisen ble godt i overkant av det antatt normale. Nettobalansen på Högtuvbreen og Trollbergdalsbreen ble derfor noe negativ, mens Engabreen også i 1974 öket sitt volum betydelig. Forskjellen mellom breene i Svartisområdet var derfor også iår större enn hva en har kunnet registrere for tilsvarende breområder i Sör-Norge.

ENERGIBALANSEN PÅ UTVALGTE BREER

Innledning

Registrering av stråling og ablasjon sammen med de mer vanlige meteorologiske parametre har dannet grunnlag for energibalanseregistreringer på 9 breer i Norge. På kartet (fig. 44) er breene markert. I regi av Brekontoret startet energibalanse-undersökelser på Austre Memurubre og Ålfotbreen sommeren 1970, og de ble fortsatt sommeren derpå. I 1972 flyttet man instrumentene fra Austre Memurubre til Nigardsbreen, mens virksomheten på Ålfotbreen holdt fram som i tidligere sommersesonger. I de to seneste sommersesongene har undersökelsene pågått på Nigardsbreen og på Engabreen. På Nigardsbreen varte 1974-sesongen fra 22.6 til 6.9. Observasjonene på Engabreen pågikk denne sesongen gjennom samme tidsrom som på Nigardsbreen.

Undersökelsene i 1974 er nær identisk med dem som i tidligere år er utfört. Både på Nigardsbreen og Engabreen har man lagt vekt på å kjöre et arbeidsprogram hvor måling av stråling og ablasjon greitt lar seg kombinere med de årvisse målinger Brekontoret utförer i forbindelse med massebalanse-undersökelser. Innholdet i denne artikkelen er et supplement til det som er skrevet i foreliggende rapport vedrörende massebalansen. Imidlertid er energibalanse-undersökelsene også lagt opp slik at de föyer seg inn i rekken av bestrebelser som gjöres på breer over hele verden for å få oversikt over hvordan de meteorologiske faktorer virker inn på bre-avsmeltingen.

Nærmere presentasjon av tidligere undersökelser er gitt i tabell III og i tidligere års rapporter (Tvede 1971, 1973, 1974a og 1975).

Metoder og instrumenter

Siden undersökelsene på Nigardsbreen og Engabreen i 1974 er utfört på tilnærmet samme måte som i 1973-sesongen, må det være tillatt å henvise til forrige bre-rapport (Tvede 1975) der framgangsmåten ved energibalanse-undersökelsene ganske nöye er presentert.

Bortsett fra enkelte kortvarige problem med Robitzch-aktinografene (fig. 45) og 2-3 dögn med ufullstendige observasjoner på hver av breene, ble arbeidsprogrammet utmerket gjennomfört av observatörene. De innsamlete data fra breene er supplert med observasjonsutskrifter fra nærliggende meteorologiske stasjoner, slik at de enkelte hull i observasjonsrekkene på breene er tettet ganske bra igjen. Samlet gir 1974-sesongens data antakelig det beste grunnlag for energibalanse-beregninger siden Brekontoret startet disse undersökelsene i 1970.

Resultater

De dögnlige verdier for ablasjon og netto stråling er i fig. 46 framstilt grafisk for både Engabreen og Nigardsbreen. I figuren er også globalstrålingen fra dag til dag tegnet inn.

De raskt skiftende værforhold på breene illustreres godt i fig. 46 ved de ganske markerte variasjoner i globalstråling og ablasjon. Netto tilfört stråling holder seg imidlertid relativt jevnt fram gjennom sommeren. Dette skyldes hovedsakelig at globalstrålingen får begrenset virkning på ablasjonen (albedoen var i gjennomsnitt 56% på

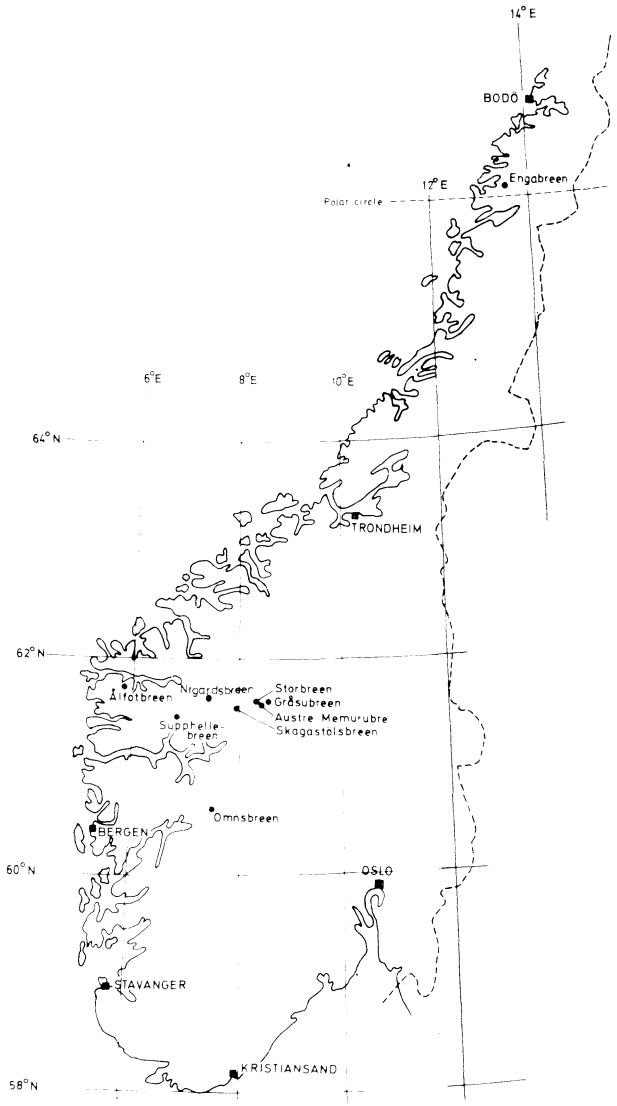


Fig. 44

Kart som viser beliggenheten av de breer hvor energibalanseundersökelser er foretatt. Nigardsbreen og Engabreen er undersökt i 1974.

Map of Southern Norway, containing the location of glaciers where heat balance investigations have been performed. Nigardsbreen and Engabreen are the two glaciers examined in 1974.

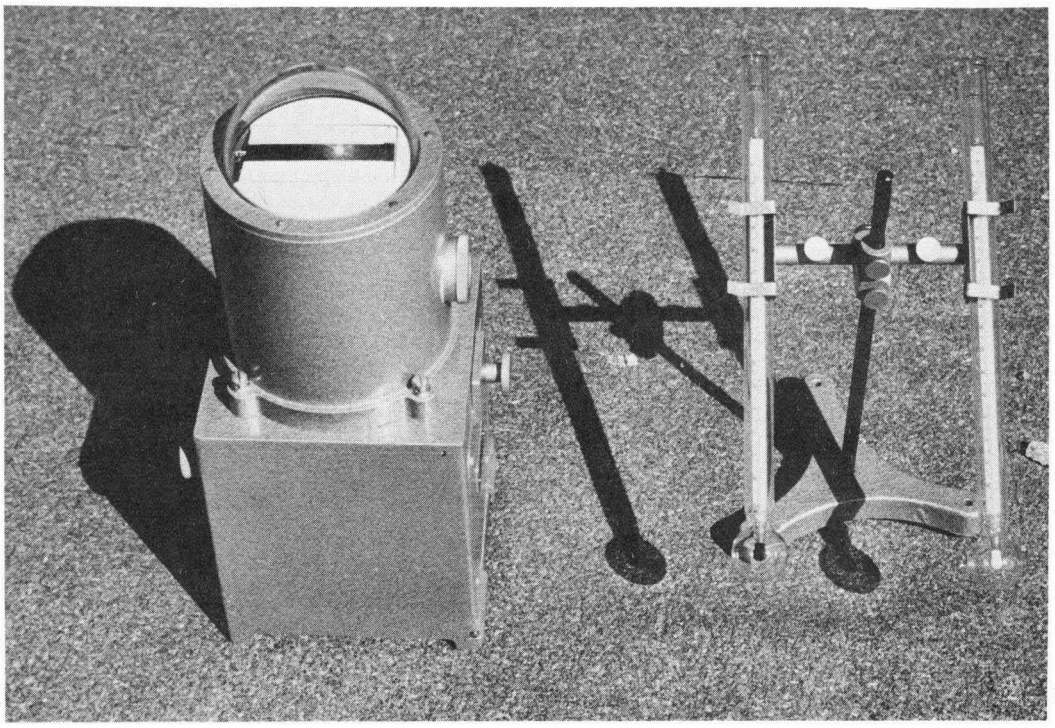


Fig. 45 Robitzsch aktinograf har vist seg å være en driftsikker og pålitelig registrator av globalstrålingen. Til höyre et strålingstermometer (referanseinstrumentet).

The Robitzsch actinograph, a very good instrument for global radiation registering on glaciers. To the right a radiation thermometer (used for control).

Engabreen og hele 68% på Nigardsbreen) samtidig som den langbölgete strålingen svinger i tilnærmet motsatt fase av globalstrålingen. Verdiene for nettostråling synker naturligvis noe fra sommersolverv til sommersesongens slutt - dog heller lite på Engabreen, der albedoen sank ettersom mer og mer blå-is smelta fram. På Nigardsbreen sörget stadige snöfall for at albedoen forble relativt hög hele sommeren.

Ved målestedet på Engabreen er bare 5 av 77 dögn beregnet til å ha hatt dominans av såkalt vinterklima. Vinterklima betyr at netto tilfört strålingsenergi er större enn energien som er gått med til ablasjon; med andre ord kan en si at de non-radiative faktorene avkjöler överste lag av bremassen slik at noe (i enkelte dögn all) strålingsenergi blir brukt til å varme opp snö og is til smeltepunket.

På Nigardsbreen finner en at 48 av 77 dögn, altså vel 60% av observasjonsperioden, har vært "vinterdögn". Dette er et adskillig höyere tall enn i de foregående sesonger.

Den dårlige korellasjon mellom netto tilfört stråling og ablasjon, både på

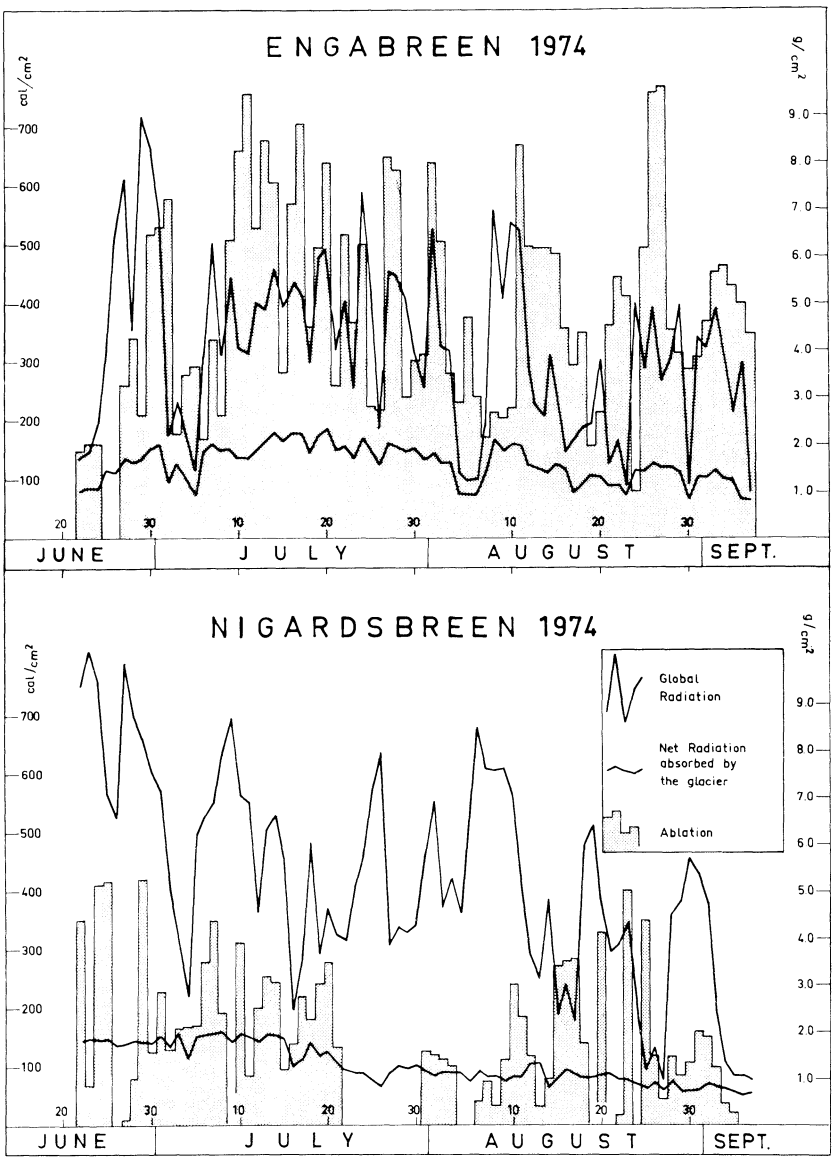


Fig. 46 Dögnlige ablasjons- og strålingsforhold på Engabreen (överst) og Nigardsbreen, sommeren 1974.

Daily ablation- and radiation-conditions on Engabreen (top) and Nigardsbreen during the summer season 1974.

Engabreen og på Nigardsbreen, skulle stötte tidligere års erfaringer med at det er de non-radiative faktorer (hovedsakelig konveksjon og kondensasjon) som dirigerer ablasjons-svingningene fra dögn til dögn. Det synes åpenbart at strålingen stor sett tilförer breene en noenlunde jevn "grunnsum" av ablasjonsenergi fram gjennom sommeren.

For Nigardsbreen er de mest interessante energibalanse-faktorer for hver uke fört opp i tabell I. Ablasjonen og dens bidrag fra de dominerende faktorene er tegnet som söylediagram i fig. 47; ukentlige verdier er grunnlaget også her.

I observasjonsperioden sett under ett bidro strålingen med ca. 99 g/cm^2, altså nesten 77% av den registrerte ablasjon på ca. 129 g/cm^2. Konveksjon og kondensasjon forårsaket om lag 23%, mens nedbör såvel som sublimasjon har vært ubetydelige i denne sammenheng.

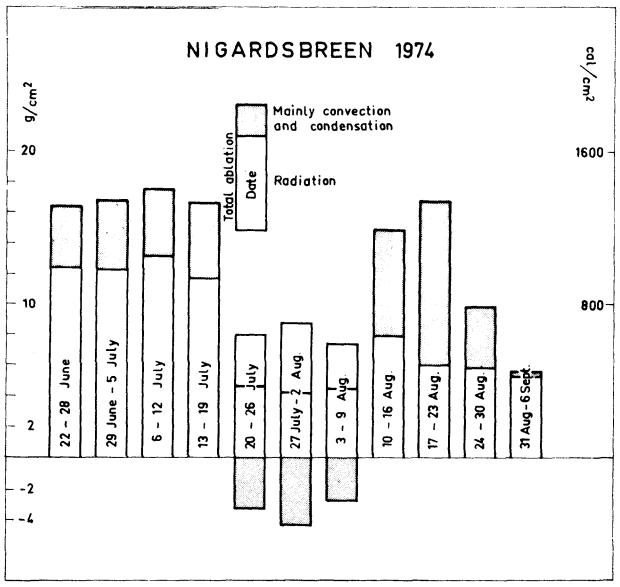
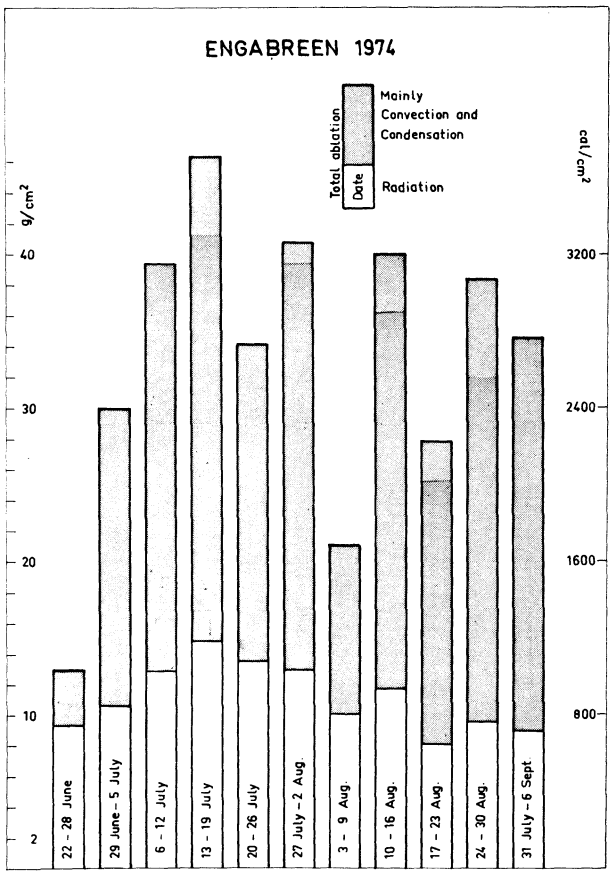


Fig. 47 Uke-verdier av ablasjon, med markering av bidrag fra stråling og fra de non-radiative faktorer på Nigardsbreen i 1974. Merk de tre periodene med dominans av "vinterklima" (fra 20/7 til 9/8).

Ablation and the contribution of radiation and non-radiative factors. Weekly accounts during the summer season on Nigardsbreen in 1974. Note the three weeks, from July 20. to August 9. where "winter climate" is predominant.



Uke-verdier av ablasjon, med markering av bidrag fra stråling og fra de non-radiative faktorer på Engabreen i 1974.

Ablation and the contribution of radiation and non-radiative factors. Weekly accounts during the summer season on Engabreen in 1974.

Sommerens relativt barske klima kommer altså klart til uttrykk i disse tallene. Den höge albedoen på grunn av hyppige snöfall er verd å merke seg; bare 32% av globalstrålingen ble absorbert av breen. En barsk sommer medförer, med andre ord, at ablasjonseffekten også fra solá blir liten. - Og dessuten, i og med at massebalansen ble positiv (jfr. kapitelet om massebalansen), vil albedoen bli forskjövet mot höyere verdi enn normalt for værforholdene kommende sesong. Strålingen får dermed mindre virkning, og 74-sesongens vinterlige karakter vil således påvirke 75-sesongens massebalanse i positiv ret-

ning. Denne side av en bre's labile oppförsel er naturlig nok mer virkningsfull jo mer kontinental (og dermed mer strålingsdominert) breen er.

Engabreen's ukentlige ablasjonsforhold er presentert i tabell II, og illustrert i fig. 47. I observasjonsperioden forårsaket strålingen ca. 122 g/cm^2 av den målte ablasjon på ca. 366 g/cm^2; strålingen bidro altså med om lag 33%, mens de non-radiative faktorene bidro med nær 66%. Regn betydde ca. 1%, mens sublimasjonen må ha vært ganske uten betydning. Resultatene fra Engabreen er nesten identisk med de tilsvarende fra sommersesongen 1973.

TABLE I

ABLATION CONDITIONS NIGARDSBREEN 1974

Period	Mean Albedo	Global Radiation	Net. Rad. absorbed by glacier	Ablation caused by Radiation	Ablation caused by Rain	Registred total Ablation	Relative heat supply by *		
							Radiation	Convection and Condensation	Precipitation
day/month	%	cal/cm^2		g/cm^2			%		
22/6 - 28/6	68	4880	994	12,4	0	16,5	75,2	24,8	0
29/6 - 5/7	67	3441	984	12,3	0,1	16,9	72,8	26,6	0,6
6/7 - 12/7	66	3892	1051	13,1	0,1	17,6	74,4	25,0	0,6
13/7 - 19/7	65	2677	932	11,7	0,1	16,7	70,1	29,3	0,6
20/7 - 26/7	73	3100	629	7,9	0	4,7	168,1	- 68,1	0
27/7 - 2/8	70	2700	706	8,8	0	4,3	204,6	-104,6	0
3/8 - 9/8	70	3811	590	7,4	0	4,6	160,9	- 60,9	0
10/8 - 16/8	68	2258	630	7,9	0,2	14,9	53,0	45,6	1,4
17/8 - 23/8	67	2099	481	6,0	0,1	16,8	35,7	63,7	[illegible]
24/8 - 30/8	66	1649	460	5,8	0,3	9,9	58,6	38,4	3,0
31/8 - 6/9	68	1349	432	5,3	0	5,7	93,0	7,0	0
22/6 - 6/9	68	31856	7889	98,6	0,8	128,6	76,7	22,7	0,6

* Sublimation is calculated as a negative part of condensation; it plays approx. the same role as Rain.

TABLE II

ABLATION CONDITIONS ENGABREEN 1974

Period	Mean Albedo	Global Radiation	Net. Rad. absorbed by glacier	Ablation caused by Radiation	Ablation caused by Rain	Registred total Ablation	Relative Heat Supply by *		
							Radiation	Convection and Condensation	Precipitation
day/month	%	cal/cm^2		g/cm^2			%		
22/6 - 28/6	68	2200	744	9,3	0,1	12,5	74,4	24,8	0,8
29/6 - 5/7	62	2532	846	10,6	0,4	30,1	35,2	63,8	1,0
6/7 - 12/7	58	2563	1032	12,9	0,1	39,5	32,7	67,0	0,3
13/7 - 19/7	55	2839	1178	14,8	0,6	46,4	31,9	66,9	1,2
20/7 - 26/7	54	2664	1078	13,5	0,3	34,2	39,5	59,6	0,9
27/7 - 2/8	54	2749	1037	12,9	0,1	40,9	31,5	68,3	0,2
3/8 - 9/8	53	1721	797	10,0	0,7	21,1	47,4	49,3	3,3
10/8 - 16/8	53	2382	935	11,7	0,1	40,1	29,2	70,6	0,2
17/8 - 23/8	53	1095	640	8,0	0,6	27,9	28,7	69,1	2,2
24/8 - 30/8	52	2112	762	9,5	0,7	38,4	24,7	73,5	1,8
31/8 - 6/9	52	1969	709	8,9	0	34,6	25,7	74,3	0
22/6 - 6/9	56	24826	9758	122,1	3,7	365,7	33,4	65,6	1,0

* Sublimation is insignificant, even compared with Rain.

Som i tidligere sesonger viser tabellene I og II at ablasjonsforholdene kan skifte ganske kraftig fra en uke til den neste. På Nigardsbreen blir dette illustrert best ved de to uke-periodene först i august. På Engabreen finner vi tilsvarende - om enn ikke så markert - i de to ukeperiodene först i observasjonsperioden.

Diskusjon

Usikkerhetsberegningene er utfört på samme måte som i tidligere år. Feilgrensen for dögnlig ablasjon er fastsatt til 0,5 g/cm^2 og for dögnlige verdier av nettostråling lik 15 cal/cm^2. I verdiene for de relative bidrag fra ablasjonsfaktorene, observasjonsperioden sett under ett, er feilgrensen vurdert til å være 4%. Verdiene er satt like for Engabreen og Nigardsbreen; både instrumenter og målemetodikk var meget ensartet på de to breene.

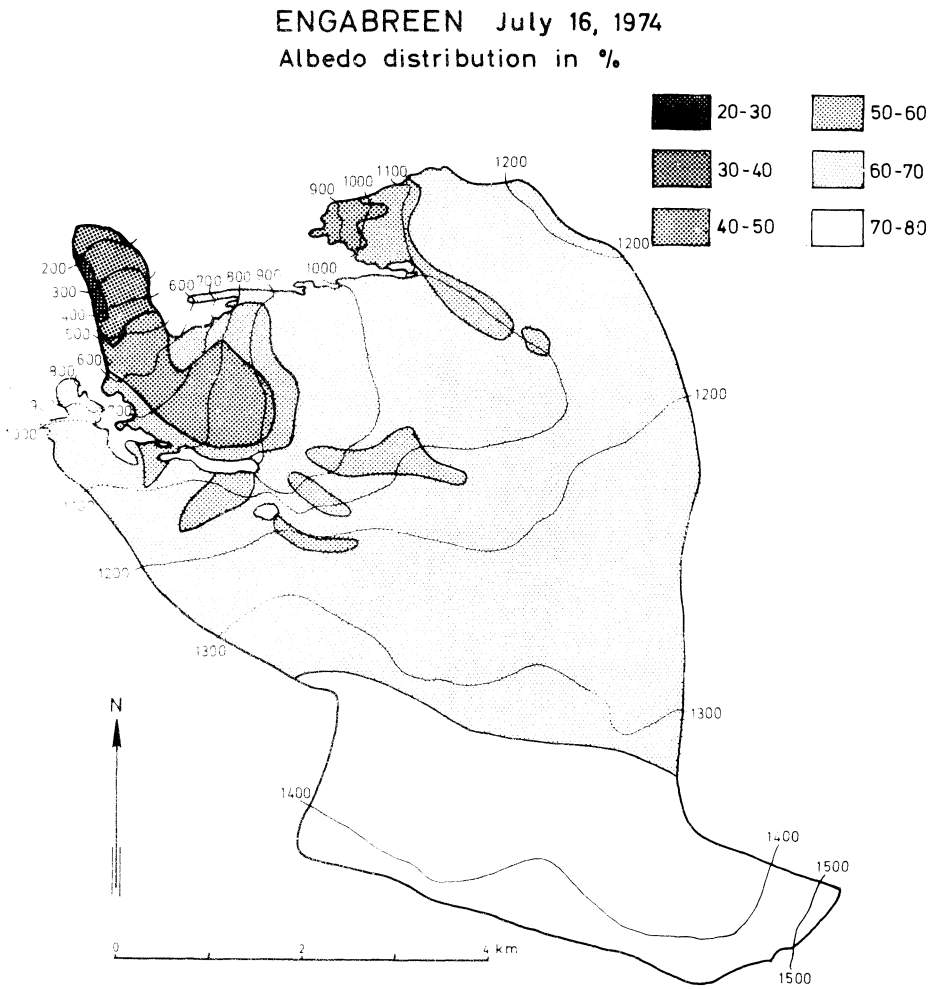


Fig. 48 Albedo-kart for Engabreen, hovedmåling utfört 16. juli 1974. Våt snö og is på breen, unntatt i övre (sörlige) partier. Kartet uttrykker noenlunde de midlere forhold.

The albedo of Engabreen as measured July 16, 1974. The snow and ice are wet all over the glacier except in the highest parts (the southern areas). This picture should be fairly representative for the mean summer conditions on Engabreen.

Som antydet foran, er albedoen en viktig faktor i energibalansemålinger. I 1972 ble et albedokart laget for Nigardsbreen (Tvede 1974a s. 78). Et tilsvarende kart er laget for Engabreen på basis av målinger somrene -73 og -74. Målingene på breen er utfört på tidspunkt som skulle være ganske representative for sommersituasjonen på Engabreen. Kartet, som har 16. juli 1974 som referansedato, er vist i fig. 48.

Dette kartet, såvel som kartet fra Nigardsbreen, viser bl.a. at grovt regnet 3 ganger så mye av strålingsenergien blir brukt til smelting på bretunga sammenliknet med breplatået. De diagrammene som er laget for å vise variasjonene av vinter-, sommer- og nettobalansen med höyden (jfr. kapitelet om massebalansen i denne og tidligere rapporter) gir beskjed om at det smelter om lag 4 ganger så mye på bretunga som på breplatået. De non-radiative faktorer får altså, relativt sett, en öket innflytelse på ablasjonen på bekostning av strålingen når man går fra breplatået ned til bretunga. Tar man topografiske forhold også med i betraktningen, kan man anslagsvis senke verdien for strålingens andel i ablasjonen med 20%. Å gi nærmere utredning om energibalansen på platå og tunge gir albedokartene neppe grunnlag for. En kvantitativ undersökelse på dette felt, med målestasjoner på platå såvel som på tunge, skulle være en interessant oppgave.

TABLE III
ABLATION CONDITIONS ON GLACIERS IN NORWAY

Year of investigation	Period day/month	Glacier (See map)	Position °N °E m.a.s.l.	Ablation components %				Author (year)
				Radiation	Convection	Condensation	Rain and sublimation	
1963	12/6 - 18/6	Gråsubreen	61° 39' 08° 36'	98	2			T. Klemsdal (1968)
	27/7 - 9/8		1975	59	27	14		
1970	26/6 - 30/8	Austre Memurubre	61° 33' 08° 30'	67	33		< 1	S. Messel (1971b)
1971	15/6 - 6/9		ca. 1900	77	23		<1	(1973)
1955	6/7 - 8/9	Storbreen	61° 35' 08° 20' 1600	54	32	14	<1	O. Liestöl (1967)
1954	May - Sept.	Skagastölsbreen	61° 30' 07° 50'	79	21			B. E. Eriksson (1959)
1955	May - Sept.		ca. 1600	66	34			
1968	3/6 - 8/9	Omnsbreen	60° 39' 07° 30'	50	34	16	<1	S. Messel (1971a)
1969	3/6 - 8/9		1540	55	31	14	<1	
1972	15/6 - 6/9	Nigardsbreen	61° 43' 07° 08'	64	36		<1	S. Messel (1974)
1973	22/6 - 6/9		1620	53	47		<1	(1975)
1974	22/6 - 6/9			77	23		<1	see p. 58
1967	1/7 - 12/7	Supphellebreen	61° 30' 06° 48'	32	68			O. Orheim (1970)
	1/8 - 18/8			26	74			
	4/9 - 8/9		ca. 70	14	86			
1970	1/6 - 14/9	Ålfotbreen	61° 45' 05° 40'	44	56		< 1	S. Messel (1971b)
1971	1/6 - 6/9			43	56		1	(1973)
1972	1/6 - 2/8		ca. 1250	53	46		1	(1974)
1973	22/6 - 30/8	Engabreen	66° 40' 13° 50'	32	67		1	S. Messel (1975)
1974	22/6 - 6/9		850	33	66		1	See p. 58

For å gi en oversikt over hvordan de ulike faktorene innvirker på ablasjonen er resultatene fra Engabreen og Nigardsbreen for 1974 fört opp sammen med resultater fra undersökelser som tidligere er gjort i Norge (tabell III).

Ut fra det som er nevnt om variasjoner i faktorenes bidrag fra dag til dag, og fra uke til uke, må den relativt korte observasjonstid for enkelte av undersökelsene oppfört i tabell III påpekes. Det er også grunn til å understreke at verdiene sommersesongen sett under ett kan variere ganske kraftig fra sesong til sesong for en og samme bre. Noen generell slutning fra tabell III skal man derfor ikke trekke med sikker forvissning. Det diagrammet som er presentert i fig. 49 må derfor oppfattes som en forelöpig skisse av hvordan strålingen og de non-radiative faktorene yter sine relative bidrag til ablasjonen i et snitt öst-vest gjennom Sör-Norge's bre-områder. Figuren baserer seg på en undersökelse fra 1972 (jfr. Tvede 1974a s. 86) pluss resultatene fra Nigardsbreen de to seneste sesonger.

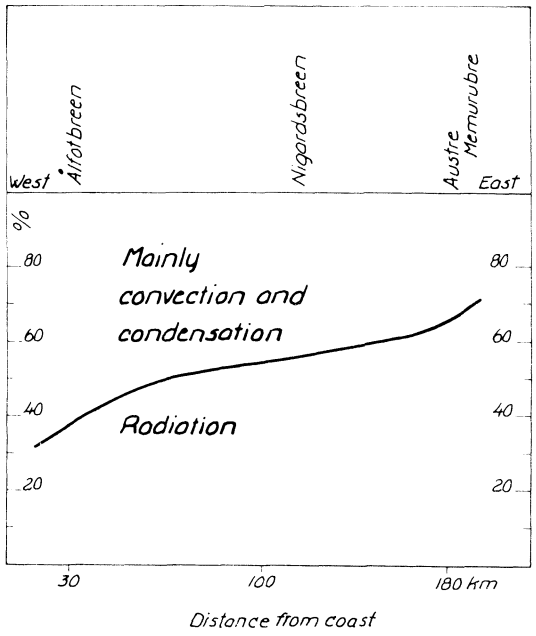


Fig. 49 Stråling og de non-radiative faktorers relative bidrag til ablasjonen i et normalt balanseår for breene i Sör-Norge.

The mean role of radiation and non-radiative factors in the ablation. This profile covers the main glacier regions in Southern Norway.

NYTT BREKART OVER NIGARDSBREEN

Nigardsbreen har vært kartlagt mange ganger av norske og utenlandske forskere. Spesielt tyskerne har vært aktive i området, idet de i 1937 foretok en terrestrisk-fotogrammetrisk oppmåling av deler av Jostedalen og konstruerte et kart som strakte seg fra ca. 1 km syd for Gjerde og opp til litt forbi brefallene på Nigardsbreen. De nederste delene av Bergsetbreen og Tverrbreen (Tuftebreen) var også med på kartet. Et utsnitt er nå nytegnet og reprodusert

på baksiden av det aller nyeste brekart over Nigardsbreen, se nedenfor. Året etter, i 1938, fikk tyskerne ordnet med en flyfotografering (Wideröes oppgave nr. 50) for bl. a. å sammenligne nöyaktigheten ved en kartkonstruksjon fra flybilder med ovennevnte kart (se Pillewizer 1950). Originalfilmene fra denne fotograferingen gikk tapt under krigen, og bare en liten del av det opprinnelige prosjektet kom til utförelse.

I 1951 konstruerte Liestöl et kart over Nigardsbreen på grunnlag av terrestrisk fotogrammetri (bilder tatt fra motsatt side av Jostedalen og fra nunatakker ved breen). Dette kart dekket Nigardsbreen fra dens front, som da sto omtrent midt i vannet, og opp til ca. 1 600 m höyde. I 1961 gjentok Liestöl en kartlegging av breen. Den nederste del av tungen ble konstruert fotogrammetrisk mens den övre delen ble tegnet på grunnlag av tachymetri. Kartet, som ble tegnet i målestokk 1:20 000 og med en ekvidistanse på 20 m, ble brukt da Vassdragsvesenets massebalanseundersökelser startet i 1962 (se Östrem og Karlén 1961).

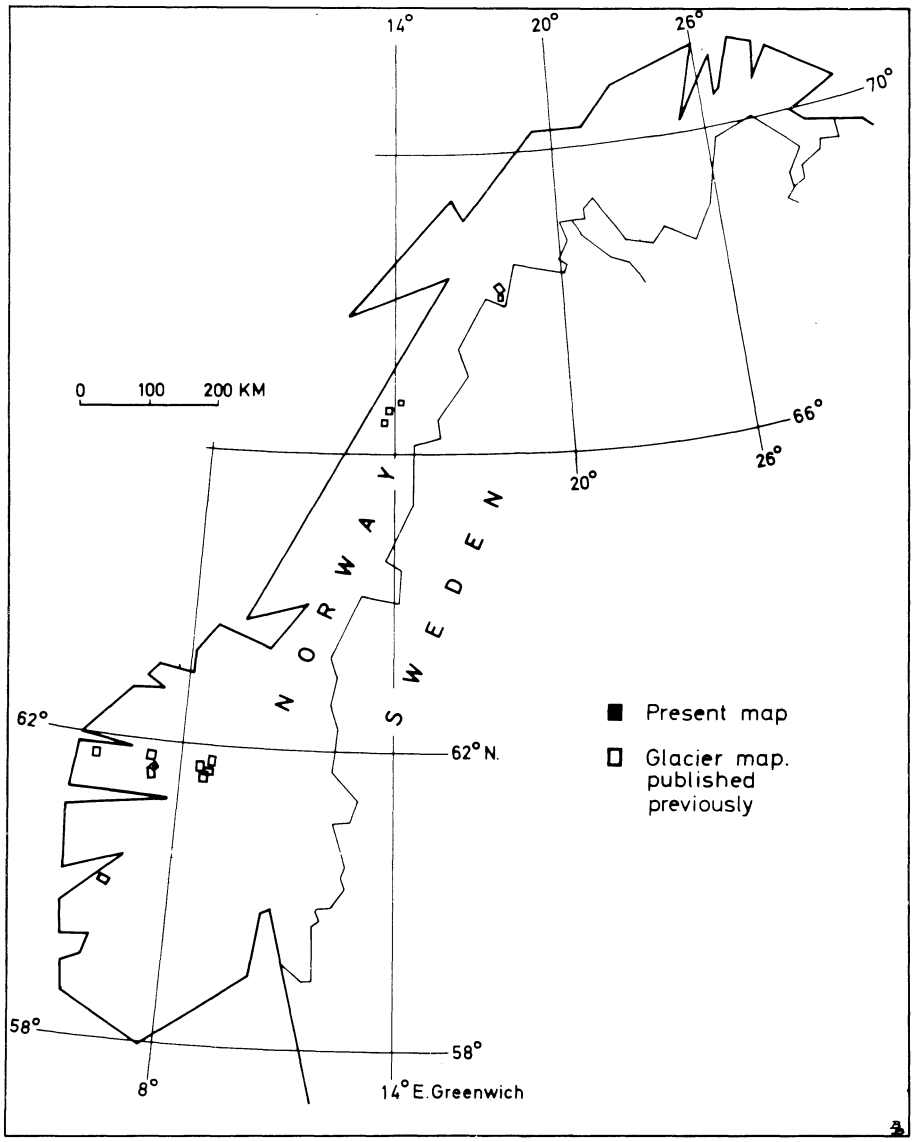


Fig. 50

Oversiktskart for brekart utgitt av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Index map showing location of glacier maps published by the Norwegian Water Resources and Electrisity Board.

For Vassdragsvesenets utbyggingsplaner i området ble det nödvendig å konstruere et kart over Jostedal- og Mörkridsvassdragene. På grunnlag av eldre AMS-bilder opptatt i 1955 og en spesiell brefotografering utfört i september 1964 (da farveposer ble kastet på breen for å markere overflaten, se Östrem 1966) konstruerte Wideröe to kartblad som viste hydrologien, breområdene samt noen valgte höydekurver i et område som strakte seg fra Gaupne i syd til Kupevatn/Erdalsbreen i nord. På disse kartbladene, trykt og utgitt i målestokken 1:50 000, var det trukket 20-meters höydekurver for store deler av Jostedalsbreen. Brekontoret forstörret et utsnitt av kartet til målestokken 1:20 000 og utga dette brekart over Nigardsbreen i 1965. Hittil er dette kart blitt brukt som grunnlag for massebalanseundersökelsene ved Nigardsbreen. Da fotograferingen i september 1964 bare dekket breens sentrale partier måtte konstruksjonen av de fleste bretungene bygge på AMS-fotograferingen fra 1955. Derfor var brekartet over Nigardsbreen beheftet med visse feil når det gjaldt tungen. Imidlertid har dette ikke spillet noen stor rolle ved massebalanseberegningene da tungen representerer en relativt liten andel av breens totale flate.

Ved en fotografering utfört 19. juli 1966 (Wideröes oppgave Nr. 1833) ble hele Jostedalsbreen dekket av flybilder av god kvalitet og en rekke topografiske kart i målestokken 1:50 000 ble konstruert av Norges Geografiske Oppmåling. Denne kartlegging ble bl. a. forsert for å skaffe kartmateriale til Vassdragsvesenets

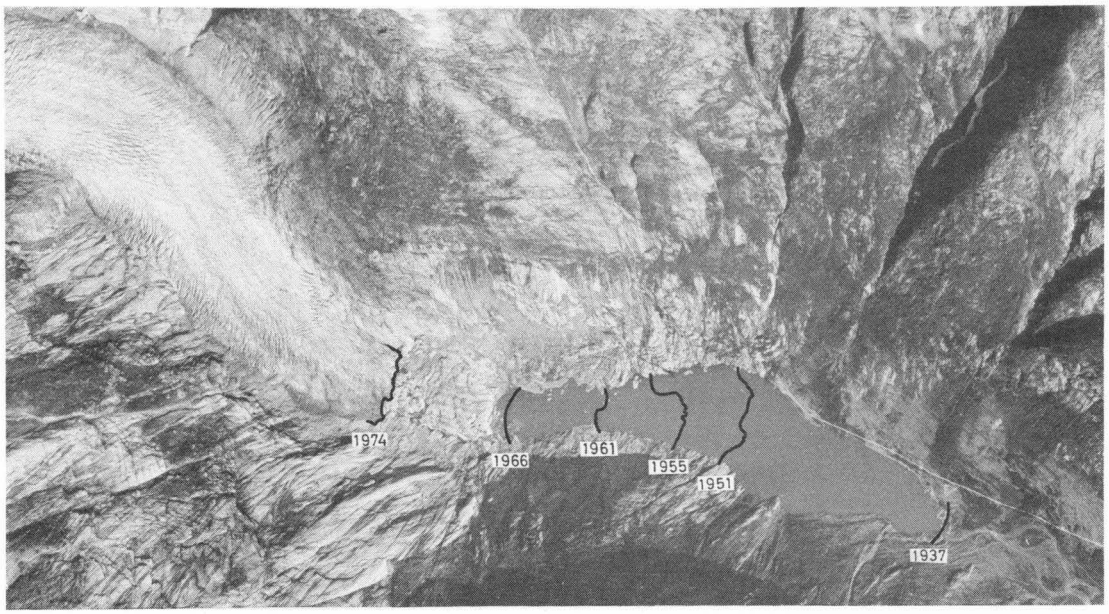


Fig. 51 Flyfoto av nedre del av Nigardsbreen og Nigardsvatnet 29. august 1974. (Wideröe, oppg. nr. 4409). Målestokk ca. 1:30.000. Brefrontens posisjoner er avmerket for årene da kart ble konstruert.

Air-photo of the lower part of the glacier Nigardsbre and the lake Nigardsvatn, taken on 29. August 1974. Approx. scale 1:30.000. The ice-front positions in the lake are marked for various years of mapping.

planleggingsarbeid, men den ble ikke brukt for å korrigere ovennevnte brekart fra 1965.

I august 1974 ble Nigardsbreen atter flyfotografert, denne gang på oppdrag av Brekontoret for å skaffe et helt up-to-date kart over breen. Dessverre viste det seg at ikke hele breens nedslagsfelt ble fullstendig dekket av bildene, så da det nye brekartet skulle konstrueres, måtte man også utnytte deler av den konstruksjon som lå til grunn for ovennevnte topografiske kartverk. Utsnitt av kartbladet Jostedalen og Lodalskåpa ble forstörret og kombinert med den nye fotogrammetriske konstruksjon som var basert på de siste flybildene. Ved konstruksjonen ble det trukket 10 m höydekurver på breen, men da det topografiske kartverket kun har 20 m ekvidistanse, kunne breens höyeste deler i sydvest (mot Högste Breakulen) og breens nordligste del, öst for Kjenndalskruna, bare får 20 meters kurver.

Det nye brekartet vil heretter tjene som grunnlag for glasiologiske beregninger. På kartet er avmerket alle triangelpunkter (både NGO-punkter og andre) som kan brukes ved trianguleringsarbeider på breen, og viktigere sprekkeområder. Kartet ble konstruert av Fjellanger/Wideröe og trykt i fire farger hos Sekkelsten og Sönn. Kartet fölger som bilag bak i boken. På baksiden av kartet er det trykt en del ytterligere opplysninger, bl.a. bilder som viser tungens sterke tilbakegang i vårt århundre.

KART OVER TRIANGELNETT VED ENDEL BREER

Det er nå etablert lokale triangelnett med tilknytning til N.G.O.'s landsnett ved alle breer der NVE driver massebalansemålinger samt ved de to vann hvor deltaet opploddes regelmessig. Som vedlegg i denne rapport fölger kart og koordinatlister for Erdalsbreen, Engabreen, Engavatn, Trollbergdalsbreen og Högtuvbreen. Tilsvarende materiale er publisert for andre breområder (Pytte 1969 og 1970).

På breene i Nord-Norge har det tidligere vært prövet å etablere triangelnett, men p.g.a. værforholdene og viktigere arbeidsoppgaver har man ikke klart å samle tilstrekkelig data til å utföre tilfredsstillende beregninger. Beregningene ved disse breene bygger derfor på flere års feltarbeide, hvorav det meste er utfört somrene 73 og 74.

Datautkjöringen er foretatt av Fjellanger Wideröe A/S som har overtatt landmålingsprogrammene fra Byggedata A/S. Programmet som nyttes for beregning av triangelpunktskoordinater sörger for en fullstendig utjamning av alle

målte retninger, og regner ut feilellipser som angir middelfeilen i x- og y-retningen, samt höydeavviket på hvert enkelt punkt.

Nöyaktigheten for hvert enkelt punkt kan variere noe og det er særlig tilknytningen til N.G.O.-nettet som har den störste innvirkning (se triangelkart). De nöyaktighetsgrenser som er oppgitt på hver enkelt koordiantliste gjelder derfor kun innen det nyopprettete lokale triangelnett. Ved bruk av disse punktene sammen med andre triangelpunkt må man være særlig oppmerksom på dette.

Innen de lokale triangelnett varierer middelfeilen i x- og y-retningen mellom 0.02 og 0.10 m, mens höydeavviket ligger mellom 0.10 og 0.30 m. Triangu-leringenes midlere vinkelfeil har aldri vært over 20^{cc}.

SUMMARY

Mass balance studies, meteorological and hydrological investigations at selected glaciers

Detailed mass balance studies have been performed by the Norwegian Water Resources and Electricity Board since 1962 because hydrologists and water power engineers wanted more data from certain glacierized basins considered to be used in future hydro-electric power production. In the last decade various glaciers were studied throughout periods of 5 years or more, and the collected data were used for serious hydrological calculations (see, for example Östrem 1973).

The glaciers under study in 1974 are shown on the map, Fig. 1. In total 5 glaciers in South Norway and 3 in North Norway were observed, both concerning the winter balance and the summer balance. In addition some meteorological and hydrological observations were performed.

The methods used in these investigations have in general remained unchanged since the studies started in 1962. Working procedures and techniques are described in Östrem and Stanley (1969). The terminology is based upon an Unesco publication (UNESCO 1970), from which the illustration, Fig. 2, was taken. It explains most of the terms and symbols used in this report.

The winter balance is normally measured in April/May when a complete snow survey is made over the entire snow surface. A net of aluminium stakes is maintained throughout the winter season so that the depth of the

previous summer surface can be checked in a great number of points when the snow surface is made. A network of sounding profiles is then placed between the stakes; the location of this network is shown for each glacier on a map, compare for example Fig. 3. Similar maps were constructed for each glacier under study.

The summer balance (i.e. the ablation) is observed in many places by a crew consisting of two summer assistants who are living in a hut close to the glacier throughout the entire melt season. For some glaciers, however, this was not possible for financial reasons, but in these cases the glacier was inspected several times throughout the summer season.

The remaining snow from last winter (strictly termed "firn" at the end of the summer) was normally surveyed in September, so that a good knowledge was gained concerning the total mass loss during the summer.

The net balance was then calculated for each glacier as a whole and, in fact, also for a number of height intervals for each glacier. The results of these calculations are shown in tables, see for example the table on page 10. Finally, diagrams were constructed to visualize the results in the tables, see for example Fig. 6.

The meteorological observations include normally a continious record of air temperature, in many cases both at the observation hut and on a point on the glacier proper. Further, the daily precipitation was measured by several rain gauges distributed on the glacier and adjacent ground. Finally, the air humidity was recorded at some of the stations to make possible a calculation of the daily mean vapour pressure. This is made to investigate whether evaporation or condensation took place at the glacier surface. An example of the result is shown in Fig. 7 (lower curve) from which it is quite obvious that this glacier (Ålfotbreen) situated near the Atlantic Ocean, receives a large amount of energy by condensation because the vapour pressure was in general higher than the saturation pressure at $0^{o}C$ (6.1 mb). Similar conditions prevail at Engabreen in Northern Norway, compare Fig. 35.

Results from the mass balance investigations and the meteorological observations are shown in this report, glacier by glacier, and relevant data can be found in graphs and tables as mentioned above. Some detailed description is given in Norwegian but all captions have an English version and all legends are given in English.

In addition to the glaciers observed by the Norwegian Water Resources and Electricity Board, this report contains also some results originating from other sources, so that in total data from 11 glaciers are reported. The

Norsk Polarinstitutt has conducted mass balance studies on Storbreen in the Jotunheimen area for more than 20 years and on a western outlet glacier from the Hardangerjökulen ice cap for a somewhat shorter period. The data from these glaciers were included in this report to make the picture as complete as possible for the glacier behaviour in Norway in 1974.

In general the glaciers showed a positive balance this year. Except for Högtuvbreen and Trollbergdalsbreen in North Norway all glaciers increased in volume - Ålfotbreen added more than 1 m of water equivalent to its mass, and this is probably due to a relatively cool summer. The winter balance was in general close to average in Southern Norway. June had a mean temperature slightly above average, whereas July was observed to be 2.4°C cooler than normal, as observed in Jostedalen. Consequently, a great part of the precipitation in July arrived as snow on the highest parts of the glaciers. This hampered the ablation considerably.

In Northern Norway the winter accumulation was larger than normal. For several meteorological stations it was reported about 25% more winter precipitation than normal but the summer temperature was close to normal. This explains that Högtuvbreen and Trollbergdalsbreen experienced a slightly negative balance year, but the maritime Engabreen showed a slightly positive mass balance. A table showing winter balance, summer balance and net balance for all observed glaciers in Norway is shown on page 51.

Special radiation studies

Since 1970 a limited program of energy balance studies has been performed at several glaciers. Both Ålfotbreen, Austre Memurubre and Nigardsbreen were originally in focus for these investigations, whereas Engabreen was studied only during the summers of 1973 and 1974. Results from previous years' observations are given in the annual reports on glacier mass balance studies (see, for example, Tvede 1971, 1973, 1974a, 1975). The short-wave radiation was recorded by a Robitzch actinograph (see Fig. 45) whereas a Star solarimeter was used for albedo measurements. The long-wave radiation was calculated from a formula in which the observed cloud cover was taken into account. Most of the measurements were made on a horizontal glacier surface. Results indicate that during days of clear sky the glacier lost more lang-wave radiation than it received, but it received more energy during periods when cloud cover exceeded 95% (thin clouds) or 76% (heavy clouds). The cloud observations were made 5-10 times throughout the day and a daily mean was calculated, whereas the daily ablation was measured

at selected stakes. The results obtained in 1974 at Engabreen and Nigardsbreen are shown in Fig. 46. Weekly data are plotted in Tables 1 and 2, and shown in Fig. 47.

In general, it can be said that the incoming radiation accounted for 77% of the ablation, whereas convection and condensation accounted for 23% at Nigardsbreen. Precipitation and sublimation were negligible factors in the ablation process at this glacier. For Engabreen the incoming radiation accounted for only 33% of the ablation, convection and condensation made up for 66% and rain gave 1%. These results are almost identical with the data obtained at Engabreen in 1973. It should be kept in mind that Engabreen is located closer to the coast than Nigardsbreen, and the climate must be regarded as maritime, with long periods of rainy and/or cloudy weather.

A map of the albedo conditions was constructed for Nigardsbreen in 1972 (see Tvede 1974a, p. 78) and a similar map for Engabreen is shown in this report on p. 59 (Fig. 48).

Based upon similar studies at other Norwegian glaciers in the past, the Table III was compiled (p. 60), showing the relative impact on the ablation on the various components. This table indicates that there is a definite trend of higher radiation importance (over non-radiant components) from the coast inland. At the most continental glacier in Norway, Gråsubreen, the radiation accounts for almost the entire ablation in the early part of the season, decreasing to some 60% at the end of the summer. For the maritime glaciers Ålfotbreen and Engabreen it never accounts for more than about 30-50% (Fig. 49). At these glaciers a considerable amount of energy is brought to the glacier surface by condensation (compare diagrams of water vapour pressure, e.g. Fig. 35).

A new glacier map of Nigardsbreen

Nigardsbreen has been mapped several times due to interests from various scientists. A fairly good photogrammetric map, based upon terrestrial photographs from 1937, was made by Dr. W. Evers, but this map did not cover the entire glacier. Since then several maps of good quality have been produced. O. Liestöl constructed maps in 1951 and 1961, mainly based on terrestrial photogrammetry.

A special experiment was made in 1964 to use powdered dye, thrown on the glacier surface from low-flying aircrafts, to emphasize topographic details in the firn area (Östrem 1966). Vertical air photographs were taken simultaneously and a map was construced at a scale of 1:50,000 for large parts of the Joste-

dalsbreen ice-cap. A section of this map was enlarged to the scale of 1:20,000 and formed the base for the mass balance investigations on Nigardsbreen.

During the last years the glacier has retreated considerably. This is partly demonstrated on a new topographic map of this part of Norway made by the Norwegian Geographical Survey at a scale of 1:50,000 based upon air photographs from July 1966. Since then the glacier has continued to retreat and the glacier map from 1965 proved less suitable for glacier investigations. Therefore, a new air photography of Nigardsbreen was performed in August 1974, and a completely new glacier map was constructed in 1975. The only purpose of this construction was to produce a new glacier map and, consequently, special emphasize could be placed on glaciological features. Prominent crevasse areas are marked on the map and a number of local triangulation points was also plotted. The scale is the same as for previous glacier maps, 1:20,000, but a better detail in surface topography could be obtained by 10 m contour interval. According to proposals from the International Symposium on glacier mapping in Ottawa, Canada, 1965, the map has both geographical coordinates and UTM coordinates. It was printed in four colours. A copy of the map is enclosed with this report, see pocket on the inside back cover. On the reverse side of the map we have reproduced a section of the above-mentioned map based upon the 1937 air photography, as well as photographs taken at various times demonstrating the large glacier retreat during this century.

Maps of triangulation networks

To make possible reliable studies of ice velocity it proved necessary to establish local triangulation networks at all glaciers under observation. These local nets have been later connected to the Norwegian Geographical Survey (NGO) official coordinate system (which consists of two separate system, the glacier networks were linked mainly to the UTM system).

The results from earlier surveys were published in the annual glaciological report series (Pytte 1969, 1970) and the results from later years, mainly 1973 and 1974, is included in this report, see the enclosed maps at the end of this volume.

The accuracy of coordinates given for the various survey points is within 2-10 cm in horizontal direction, and within 10-30 cm in vertical direction. These figures are valid for the local triangulation networks only; somewhat larger errors may arise when reference is made to NGO survey points.

LITTERATUR

Eriksson, B. E.
1959 : An experimental study of heat transmission in the surface layers of the Skagastöl Glacier. - Medd. från Uppsala Univ. Geogr. Inst., Ser. A, no. 141, 10 p.

Klemsdal, T.
1968 : A glacial-meteorological study of Gråsubreen, Jotunheimen. - Norsk Polarinst. Årbok 1968 : 58-74.

Liestöl, O.
1967 : Storbreen Glacier in Jotunheimen, Norway. - Norsk Polarinst. Skrifter 141, 63 p.

Messel, S.
1971a: Mass and heat balance studies on Omnsbreen, a climatically dead glacier in Southern Norway. - Norsk Polarinst. Skrifter 156, 43 p.

1971b: Glasial-meteorologiske undersökelser i Sör-Norge. - I: Tvede, A., 1971 : 69-80.

1973 : Glasial-meteorologiske undersökelser i 1971. - I: Tvede, A., 1973: 72-83.

1974 : Glasial-meteorologiske undersökelser i 1972. - I: Tvede, A., 1974a : 75-87.

1975 : Glasial-meteorologiske undersökelser i 1973. - I:Tvede, A., 1975: 49-58.

Orheim, O.
1970 : Glaciological investigations of Store Supphellebre, West-Norway. Norsk Polarinst. Skrifter 151, 48 p.

Pillewizer, W.
1950 : Bewegungstudien an Gletschern des Jostedalsbre in Südnorwegen. - Erdkunde, Vol. 4 : 201-206.

Pytte, R.
1963 : Materialhusholdningen på en del av Folgefonni 1963. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Stensilert rapport, 24 p.

1967 : Glasio-hydrologiske undersökelser i Norge 1966. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 2/67, 83 p. (English summary).

1969 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1968. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 5/69, 149 p. (English summary).

1970 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1969. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 5/70, 94 p. (English summary).

Pytte, R. & Liestöl, O.
1966 : Glasio-hydrologiske undersökelser i Norge 1965. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Årsrapport fra Brekontoret, 92 p. (English summary).

Pytte, R. & Östrem, G.
1965 : Glasio-hydrologiske undersökelser i Norge 1964. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Medd. nr. 14, 91 p. (English summary).

Tvede, A.
1971 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1970. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 2/71, 111 p. (English summary).

1972 : En glasio-klimatisk undersökelse av Folgefonni. - Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo, 109 p., upubl.

1973 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1971. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 2/73, 110 p. (English summary).

1974a: Glasiologiske undersökelser i Norge 1972. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 1/74, 99 p. (English summary).

1974b: Volumendringer på breer i Sör-Norge, 1962-73. - Vannet i Norden, IHD-nytt nr. 4/74 : 35-43.

1975 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1973. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 1/75, 72 p. (English summary).

UNESCO
1970 : Combined heat, ice and water balances at selected glacier basins. - Technical papers in hydrology, no. 5, 20 p.

Östrem, G.
1966 : Surface colouring of glaciers for air photography. - Can. Journal of Earth Sciences, Vol. 3, No. 6 : 877-880.

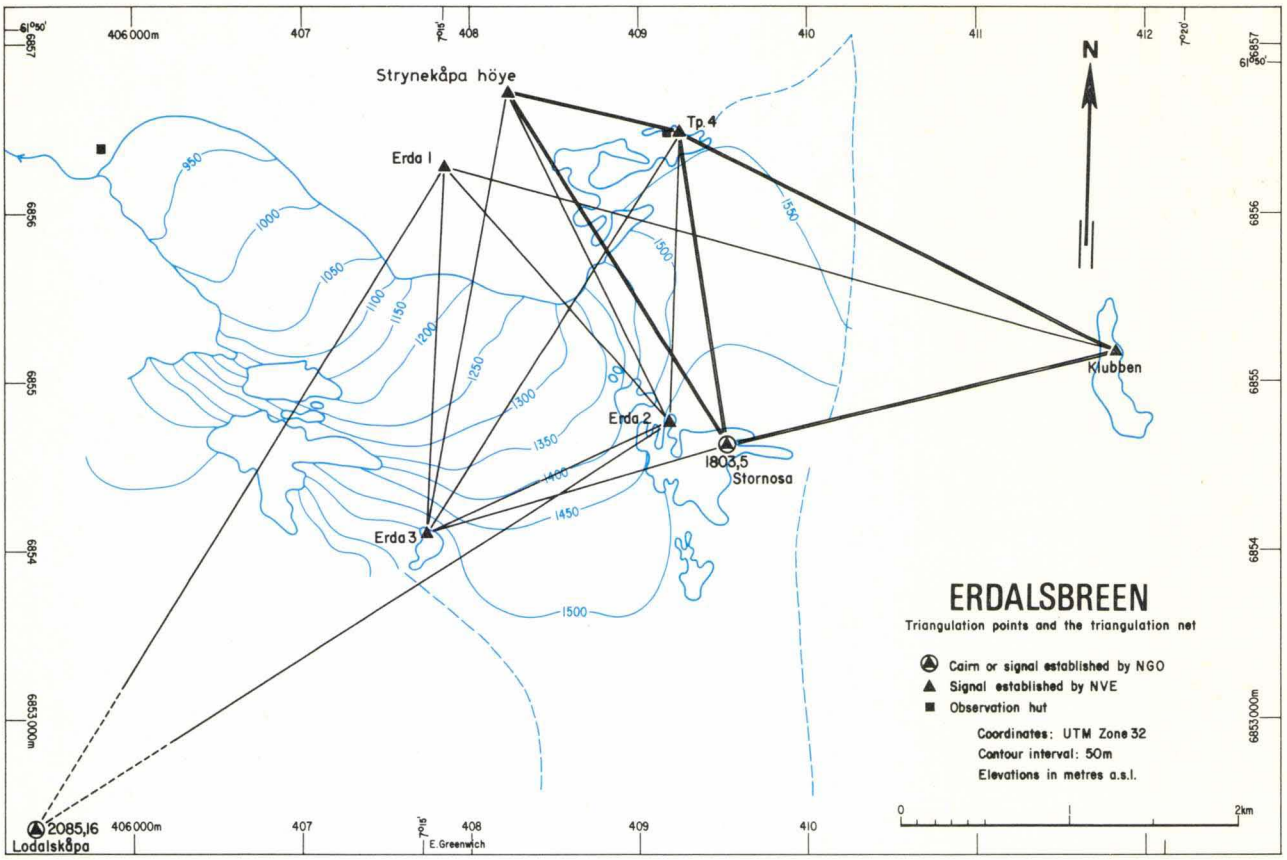
1973 : Runoff forecast for highly glacierized basins. - In: The role of snow and ice in hydrology. Proceedings of the Banff Symposia, September 1972. Vol. 2 : 1111-1123. UNESCO 1973.

Östrem, G. & Karlen, V.
1961 : Nigardsbreens hydrologi 1962. - Norsk Geogr. Tidsskr. 18 : 156-202. Trykt 1962 (English summary).

Östrem, G. & Liestöl, O.
1964 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1963. - Norsk Geogr. Tidsskr. 18 : 281-340. (English summary).

Östrem, G. & Pytte, R.
1968 : Glasiologiske undersökelser i Norge 1967. - Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport nr. 4/68, 131 p. (English summary).

Östrem, G. & Stanley, A.
1969 : Glacier mass balance measurements. - A guide prepared jointly by the Canadian Dept. of Energy, Mines and Resources and the Norwegian Water Resources and Electricity Board, 128 p.

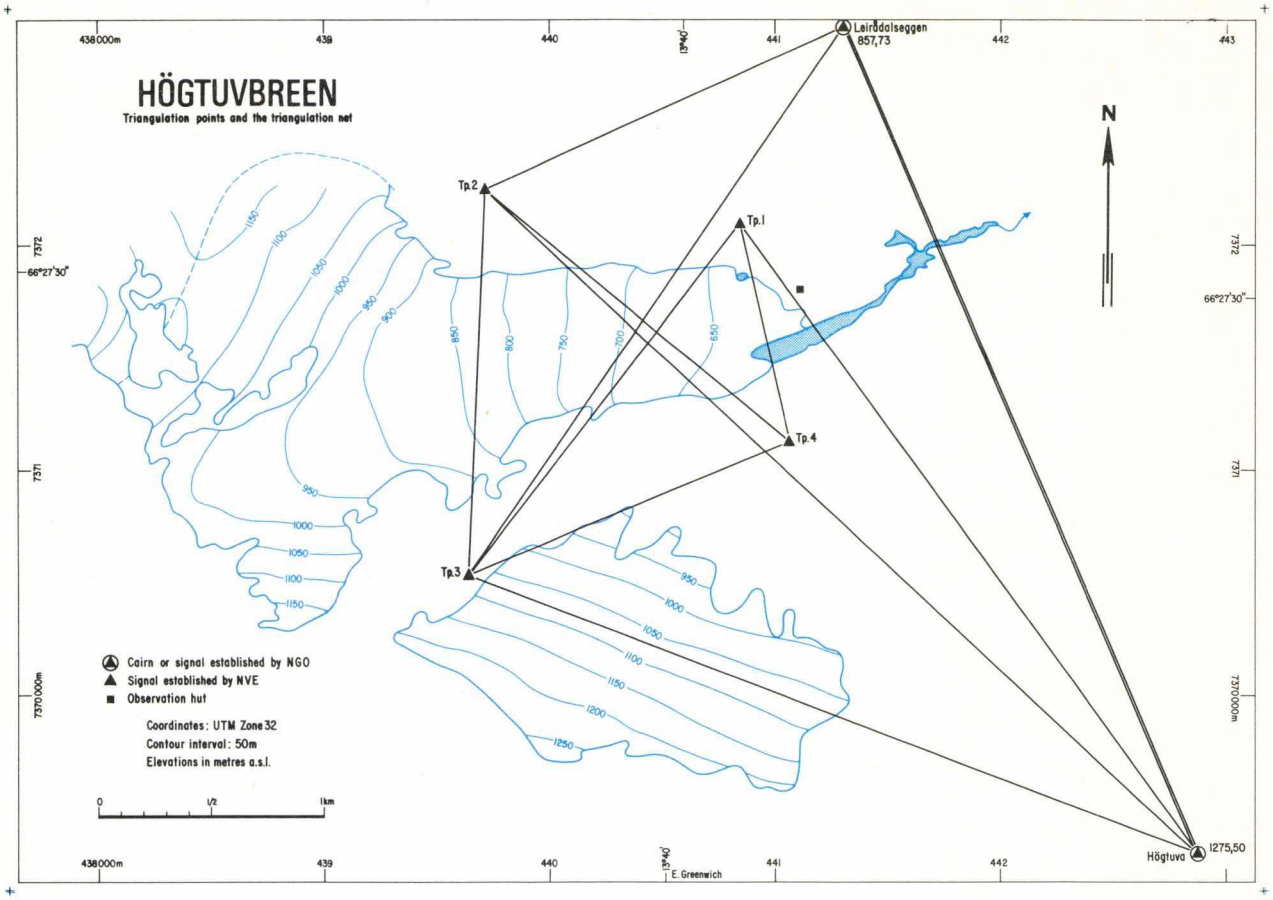


ERDALSBREEN

Navn	UTM koordinater		Höyde Z m o.h.	Signal-höyde m	X, Y og Z refererer seg til	Regnet av
	X	Y				
Lodalskåpa	6 852 358, 64	405 415, 69	2085, 16		Topp varde på höyeste punkt	NGO
Stornosa	6 854 626, 75	409 520, 01	1803, 50	1, 00	Senter og fot liten varde på höyeste topp	NGO
Strynekåpa höye	6 856 715, 03	408 222, 79	1772, 90	2, 00	Fot bolt under bardunsignal på östsiden av platået	NVE
Klubben	6 855 179, 67	411 818, 94	1604, 44	2, 00	Fot bolt under bardunsignal på höyeste topp	NVE
TP 4	6 856 474, 02	409 239, 62	1599, 41	2, 00	Fot bolt ved termoburet	NVE
Erda 1	6 856 273, 98	407 848, 49	1596, 00	2, 00	Fot bolt under stake, utsiktspunkt på fjellrygg	NVE
Erda 2	6 854 758, 20	409 180, 71	1593, 50	2, 00	Fot bolt under stake på "altan"	NVE
Erda 3	6 854 105, 02	407 740, 93	1558, 00	1, 59	Fot bolt under stake nord-vest på skjæret	NVE

MÅLENÖYAKTIGHET

Koordinatlistens 3 nyberegnete punkter har en middelfeil på ± 0, 07 m i x,y retningen, mens höydeavviket er ± 0, 1 - 1, 0 m. Midlere vinkelfeil på samtlige 25 benyttede retninger er 0, 02g. Disse nöyaktighetsgrenser gjelder innenfor det lokale triangelnett. Tilknytningen til N. G. O. -nettet er vist på figuren.

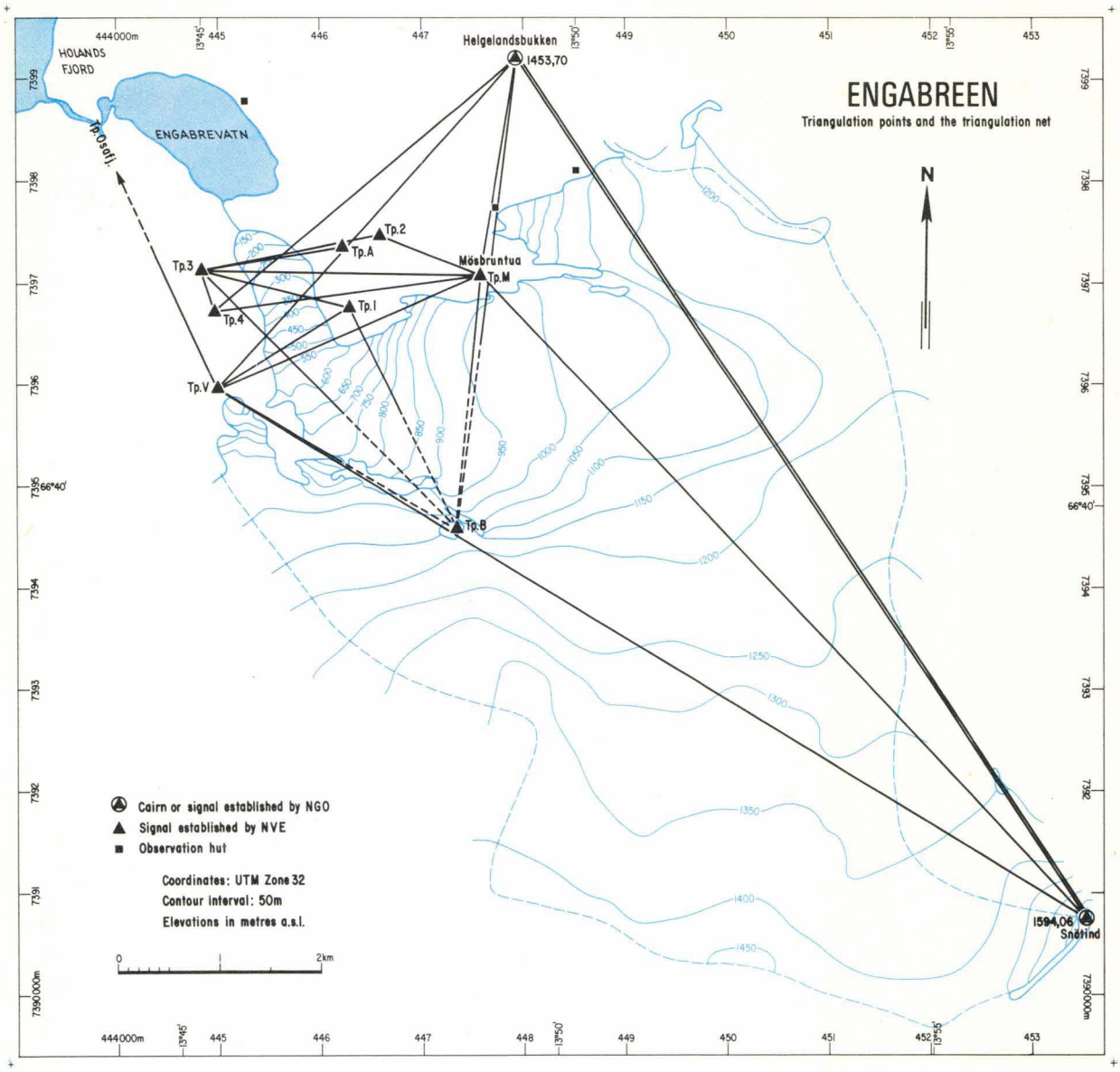


HÖGTUVBREEN

Navn	UTM koordinater		Höyde Z m o.h.	Signal-höyde m	X, Y og Z refererer seg til	Regnet av
	X	Y				
Leirådalsryggen	7 372 971, 21	441 305, 61	857, 73	2, 00	Topp bolt under tresignal midt på ryggen 200 m fra kanten mot Leirådalen	NGO
Högtuva	7 369 297, 38	442 875, 77	1275, 50		Topp bolt under tresignal på höyeste punkt.	NGO
TP 1	7 372 094, 25	440 847, 50	729, 00	2, 00	Fot bolt under stake	NVE
TP 2	7 372 244, 19	439 712, 43	1047, 20	2, 00	Fot bolt under stake	NVE
TP 3	7 370 533, 86	439 640, 08	1081, 10	2, 00	Fot bolt under stake	NVE
TP 4	7 371 125, 27	441 067, 29	770, 20	2, 00	Fot bolt under stake	NVE

MÅLENÖYAKTIGHET

Koordinatlistens 4 nyberegnete punkter har en middelfeil på ± 0, 04 m i x, y retningen, mens höydeavviket er ± 0, 1 - 1, 0 m. Midlere vinkelfeil på samtlige 21 benyttede retninger er 0, 01g. Disse nöyaktighetsgrenser gjelder innenfor det lokale triangelnett. Tilknytningen til N. G. O. -nettet er vist på figuren.

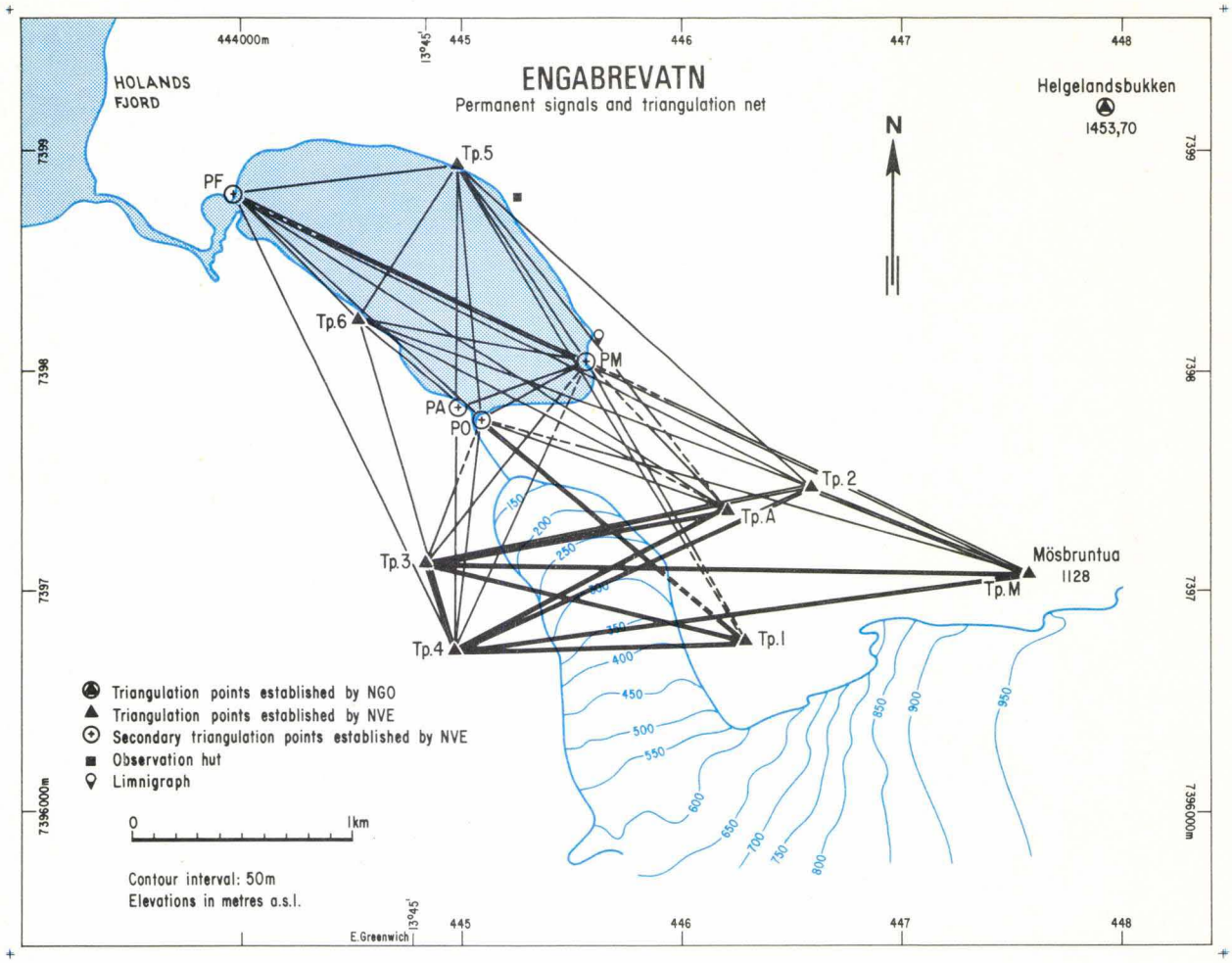


ENGABREEN

Navn	UTM koordinater		Höyde Z m o.h.	Signal-höyde m	X, Y og Z refererer seg til	Regnet av
	X	Y				
Helgelandsbukken	7 399 203, 60	447 930, 37	1453, 70	2, 14	Fot bolt under bardunsignal på höyeste topp.	NGO
Snötind	7 390 754, 78	453 524, 37	1594, 06	2, 52	Fot bolt under bardunsignal på höyeste topp.	NGO
Osafjell	7 408 482, 25	439 094, 21	783, 37		Topp varde med kors	NGO
TP A	7 397 366, 95	446 221, 48	388, 80	2, 00	Fot bolt under stake ved stien til övre hytte	NVE
TP B	7 394 579, 87	447 340, 28	1164, 70	2, 00	Fot bolt under stake på lite skjær	NVE
TP M	7 397 081, 18	447 583, 86	1108, 80	2, 00	Fot bolt under stake 200 m vest for toppen	NVE
TP V	7 395 959, 22	444 988, 83	1091, 40		Topp varde på höyeste topp	NVE
TP 1	7 396 764, 06	446 288, 08	577, 30	2, 00	Fot bolt under stake på liten altan.	NVE
TP 2	7 397 473, 44	446 593, 10	572, 90	2, 00	Fot bolt under stake ved stien til övre hytte.	NVE
TP 3	7 397 130, 18	444 839, 19	450, 60	0, 95	Fot bolt under flagg på stor stein öst for lite tjern.	NVE
TP 4	7 396 728, 90	444 969, 46	613, 90	2, 00	Fot bolt under stake nord for klöft i fjellet.	NVE

MÅLENÖYAKTIGHET

Koordinatlistens 8 nyberegnete punkter har en middelfeil på ± 0, 06 m i x,y retningen, mens höydeavviket er ± 0, 1 - 1, 0 m. Midlere vinkelfeil på samtlige 41 benyttede retninger er 0, 01^g . Disse nöyaktighetsgrenser gjelder innenfor det lokale triangelnett. Tilknytningen til N. G. O. -nettet er vist på figuren.

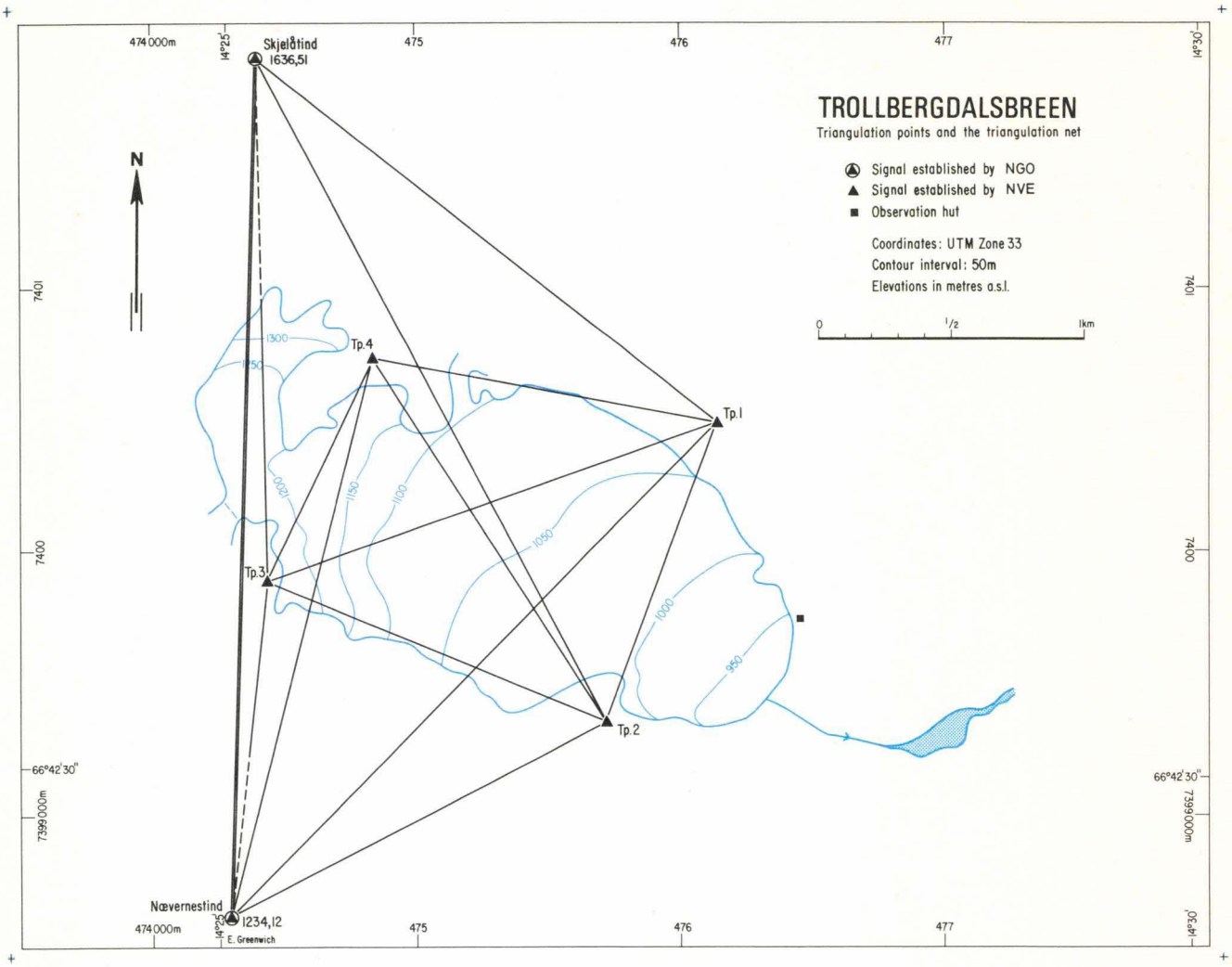


ENGABREVATN

Navn	UTM koordinater		Höyde Z m o.h.	Signal-höyde m	X, Y og Z refererer seg til	Regnet av
	X	Y				
TP A	7 397 366, 95	446 221, 48	388, 80	2, 00	Fot bolt under stake ved stien til övre hytte.	NVE
TP M	7 397 081, 18	447 583, 86	1108, 80	2, 00	Fot bolt under stake 200 m vest for toppen.	NVE
TP 1	7 396 764, 06	446 288, 08	577, 30	2, 00	Fot bolt under stake på liten altan.	NVE
TP 2	7 397 473, 44	446 593, 10	572, 90	2, 00	Fot bolt under stake ved stien til övre hytte.	NVE
TP 3	7 397 130, 18	444 839, 19	450, 60	0, 95	Fot bolt under flagg på stor stein öst for lite tjern.	NVE
TP 4	7 396 728, 90	444 969, 46	613, 90	2, 00	Fot bolt under stake nord for klöft i fjellet.	NVE
TP 5	7 398 926, 29	444 976, 95	15, 10	-	Boltehull i stor stein.	NVE
TP 6	7 398 240, 68	444 526, 46	16, 10	-	Boltehull i stor stein.	NVE
P A	7 397 831, 82	444 986, 04	10, 10	0, 25	Fot bolt i fjell.	NVE
P F	7 398 802, 90	443 973, 69	12, 10	1, 94	Boltehull i stor stein.	NVE
P M	7 398 041, 42	445 568, 67	11, 50	0, 31	Fot bolt i fjell.	NVE
P O	7 397 784, 76	445 091, 95	13, 20	2, 00	Fot bolt i fjell.	NVE

MÅLENÖYAKTIGHET

Koordinatlistens 6 nyberegnete punkter har en middelfeil på ± 0, 01 m i x,y retningen, mens höydeavviket er ± 0, 1 -0, 3 m. Midlere vinkelfeil på samtlige 59 benyttede retninger er 0, 01g. Disse nöyaktighetsgrenser gjelder innenfor det lokale triangelnett. Tilknytningen til N. G. O. -nettet er vist på figuren.



TROLLBERGDALSBREEN

Navn	UTM koordinater		Höyde Z m o.h.	Signal-höyde m	X, Y og Z refererer seg til	Regnet av
	X	Y				
Skjelåtind	7 401 862, 05	474 392, 51	1636, 51	2, 14	Topp bolt under signal på höyeste punkt	NGO
Nævernestind	7 398 614, 24	474 293, 16	1234, 12	2, 13	Topp bolt på höyeste punkt	NGO
TP 1	7 400 487, 64	476 139, 09	1178, 60	2, 00	Fot bolt under 2 m stake	NVE
TP 2	7 399 353, 09	475 717, 23	1104, 40	2, 00	" " " " "	NVE
TP 3	7 399 888, 40	474 431, 09	1297, 20	2, 00	" " " " "	NVE
TP 4	7 400 734, 89	474 835, 15	1334, 60	2, 00	" " " " "	NVE

MÅLENÖYAKTIGHET

Koordinatlistens 4 nyberegnete punkter har en middelfeil på ± 0, 02 m i x,y retningen, mens höydeavviket er ± 0, 1 - 0, 3 m. Midlere vinkelfeil på samtlige 30 benyttede retninger er 0, 01g. Disse nöyaktighetsgrenser gjelder innenfor det lokale triangelnett. Tilknytningen til N. G. O. -nettet er vist på figuren.