

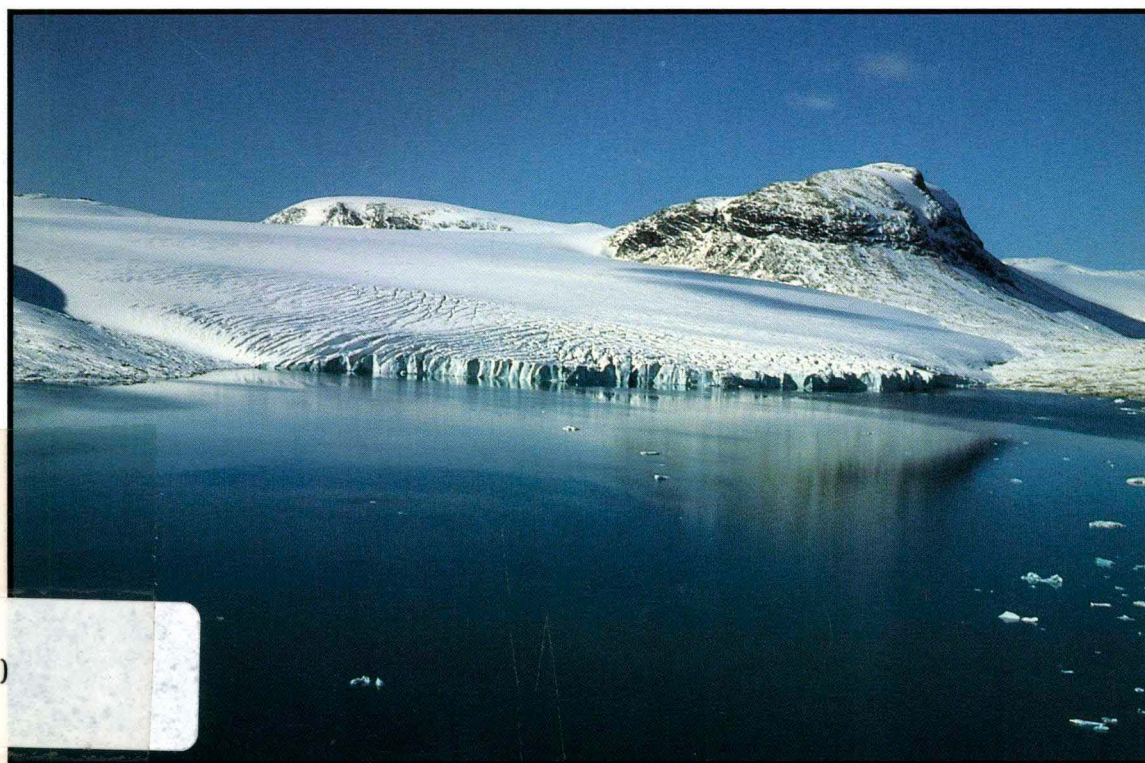


NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

PUBLIKASJON

Red.: Hallgeir Elvehøy og Nils Haakensen

GLASIOLOGISKE UNDERSØKELSER I NORGE 1990 OG 1991



6(05)
08

HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

Nr 3
1992

Omslagsbilde

Austdalsbreen, en nordøstlig utløper fra Jostedalsbreen, kalver ut i Austdalsvatnet som ble regulert i 1988. Etter reguleringen har kalvingen økt i omfang slik at brefronten trakk seg omtrent 250 meter tilbake mellom 1988 og 1991. Sammenlign bildet fra høsten 1991 med figur 22 på side 51. Foto: Hallgeir Elvehøy

Austdalsbreen, a north-eastern outlet from the Jostedalsbreen Ice Cap, calves into Lake Austdalsvatn which was regulated in 1988. Due to the regulation calving increased considerably, and the terminus retreated approx. 250 meters between 1988 and 1991. Compare the photograph taken in september 1991 with figure 22 on page 51.

TITTEL Glasiologiske undersøkelser i Norge 1990 og 1991.	PUBLIKASJON 3/1992
	DATO April 1992
FORFATTER Hallgeir Elvehøy (red), Nils Haakensen (red), Mike Kennett, Bjarne Kjølmoen, Tron Laumann, Bjørn Wold	ISBN 82-401-0137-1
	ISSN 0802-2569

SAMMENDRAG

I 1990 var vinterbalansen på norske breer tildels rekordstor mens sommerbalansen var relativt liten. De fleste målte breene hadde positiv nettobalanse. I 1991 var både vinter- og sommerbalansen nær eller litt under gjennomsnittet på de fleste breene. De maritime breene hadde positiv nettobalanse, mens de med mer kontinental beliggenhet hadde masseunderskudd. Resultater av hastighets-målinger på Austdalsbreen, Engabreen og Svartiseibreen er presentert. Undersøkelser av Baklibreen, en utløper av Jostedalsbreen, viser at det er økende fare for ras fra breen. Målinger av istykkelse med breradar på Blåmannsisen i Nordland er også presentert.

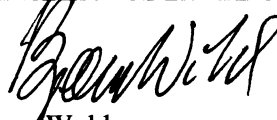
ABSTRACT

In 1990 the winter balance on Norwegian glaciers was among the largest ever measured while the summer balance was relatively small. Most glaciers had a positive net balance. In 1991 both winter and summer balances were close to or less than the average of the measured periode on most of the glaciers. The maritime glaciers had positive net balance and the more continental ones had negative net balance. Results from velocity measurements at Austdalsbreen, Engabreen and Svartiseibreen is presented. Studies of Baklibreen, an outlet glacier from Jostedalsbreen, indicates an increasing danger of avalanches from this glacier. Results from thickness measurements using radar at Blåmannsisen, Nordland county, is also presented.

EMNEORD /SUBJECT TERMS

Glasiologi
Massebalanse
Brehydrologi
Brehastighet
Istykkelse

ANSVARLIG UNDERSKRIFT


Bjørn Wold
avd. direktør

92/224

556(05)
N98

ex 2

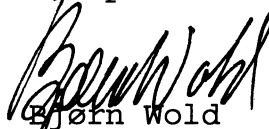
FORORD

Denne publikasjonen er utarbeidet på grunnlag av en rekke notater som omhandler undersøkelser på de enkelte breene. Det meste av undersøkelsene er bestilt av eksterne oppdragsgivere, og er presentert i notater til disse.

For perioden 1985 til 1989 er det gitt ut to publikasjoner som kun omhandler massebalansemålinger. Foreliggende rapport ligner mer tidligere publikasjoner i serien "Glasiologiske undersøkelser i Norge 19.." ved at flere sider av arbeidet på Bre- og snøseksjonen er tatt med. Alle massebalanseundersøkelsene og det meste av brehastighetsmålingene er tatt med. Undersøkelsen av Baklibreen etter rasulykken i 1986 er tatt med fordi den har interesse utover det glasiologiske aspekt. Som eksempel på målinger av istykkelse med breradar er noen av resultatene fra undersøkelsene på Blåmannsisen tatt med. Slike undersøkelser er gjort på flere breer.

Arbeidet, både i felt og på kontoret, er utført med deltagelse av samtlige medarbeidere på Bre- og snøseksjonen.

Oslo, april 1992


Bjørn Wold
avd. direktør

INNHALDSFORTEGNELSE

MASSEBALANSEUNDERSØKELSER I NORGE I 1990 OG 1991	4
INNLEDNING	4
ÅLFOTBREEN (086.6C1B) (Nils Haakensen)	7
NIGARDSBREEN (076.EZ) (Nils Haakensen)	10
AUSTDALSBREEN (076.H) (Tron Laumann)	14
SPØRTEGGBREEN (076.Z og 075.42) (Tron Laumann) . . .	16
HARDANGERJØKULEN (050.4C1Z) (Tron Laumann)	20
STORBREEN (002.DHBBZ) (Jon Ove Hagen)	22
HELLSTUGUBREEN (002.DHBAZ) (Nils Haakensen)	24
GRÅSUBREEN (002.DGDC) (Nils Haakensen)	27
AUSTRE OKSTINDBREEN (155.4G) (Niels Tvis Knudsen) .	30
SVARTISHEIBREEN (159.33A) (Bjarne Kjøllmoen)	32
ENGABREEN (159.81) (Nils Haakensen)	34
TROLLBERGDALSBREEN (161.F) (Bjarne Kjøllmoen) . . .	36
LANGFJORDJØKULEN (211.33A) (Nils Haakensen)	38
SAMMENDRAG 1990	40
INNLEDNING - 1991	42
ÅLFOTBREEN (086.6C1B) (Hallgeir Elvehøy)	42
NIGARDSBREEN (076.EZ) (Hallgeir Elvehøy)	46
AUSTDALSBREEN (076.H) (Hallgeir Elvehøy)	48
SPØRTEGGBREEN (076.Z og 075.42) (Tron Laumann) . . .	52
HARDANGERJØKULEN (050.4C1Z) (Tron Laumann)	54
STORBREEN (002.DHBBZ) (Jon Ove Hagen)	56
HELLSTUGUBREEN (002.DHBAZ) (Nils Haakensen)	58
GRÅSUBREEN (002.DGDC) (Nils Haakensen)	60
AUSTRE OKSTINDBREEN (155.4G) (Niels Tvis Knudsen) .	62
SVARTISHEIBREEN (159.33A) (Hallgeir Elvehøy)	64
ENGABREEN (159.81) (Hallgeir Elvehøy)	68
TROLLBERGDALSBREEN (161.F) (Hallgeir Elvehøy) . . .	72
STORSTEINSFJELLBREEN (173.AB6B) (Hallgeir Elvehøy) .	73
LANGFJORDJØKULEN (211.33A) (Hallgeir Elvehøy) . . .	76
SAMMENDRAG 1991	78

HASTIGHETSMÅLINGER I 1990 OG 1991 (Tron Laumann)	79
HASTIGHETSMÅLINGER PÅ AUSTDALSBREEN 1990 OG 1991 . .	79
HASTIGHETSMÅLINGER PÅ ENGABREEN 1990 OG 1991	87
HASTIGHETSMÅLINGER PÅ SVARTISHEIBREEN 1990 OG 1991 .	93
 ANDRE BREUNDERSØKELSER	94
ISRAS FRA BAKLIBREEN, JOSTEDALEN (Tron Laumann) . .	94
ISTYKKELSEN PÅ BLÅMANNSISEN, NORDLAND (Mike Kennett)	97
 ENGLISH SUMMARY	100
 REFERANSER	103

MASSEBALANSEUNDERSØKELSER I NORGE I 1990 OG 1991

INNLEDNING

I årene 1990 og 1991 ble det utført massebalansemålinger på tilsammen 14 norske breer - 8 i Sør-Norge og 6 i Nord-Norge. Breenes beliggenhet er vist på figur 1.

På Storbreen i Jotunheimen utføres målingene av Norsk Polar-institutt, og på Okstindbreen i Nordland er det Geologisk Institut ved Universitetet i Aarhus som står for målingene. Alle andre målinger utføres av NVE. Av de målte breene har sju en måleserie som er lenger enn 20 år. Den lengste serien har Storbreen som er målt siden 1949. Mange av undersøkelsene ble igangsatt og blir fremdeles drevet pga. vannkraftutbygging i breens nedslagsfelt, f.eks. i Jostedalen og i Svartisen-området.

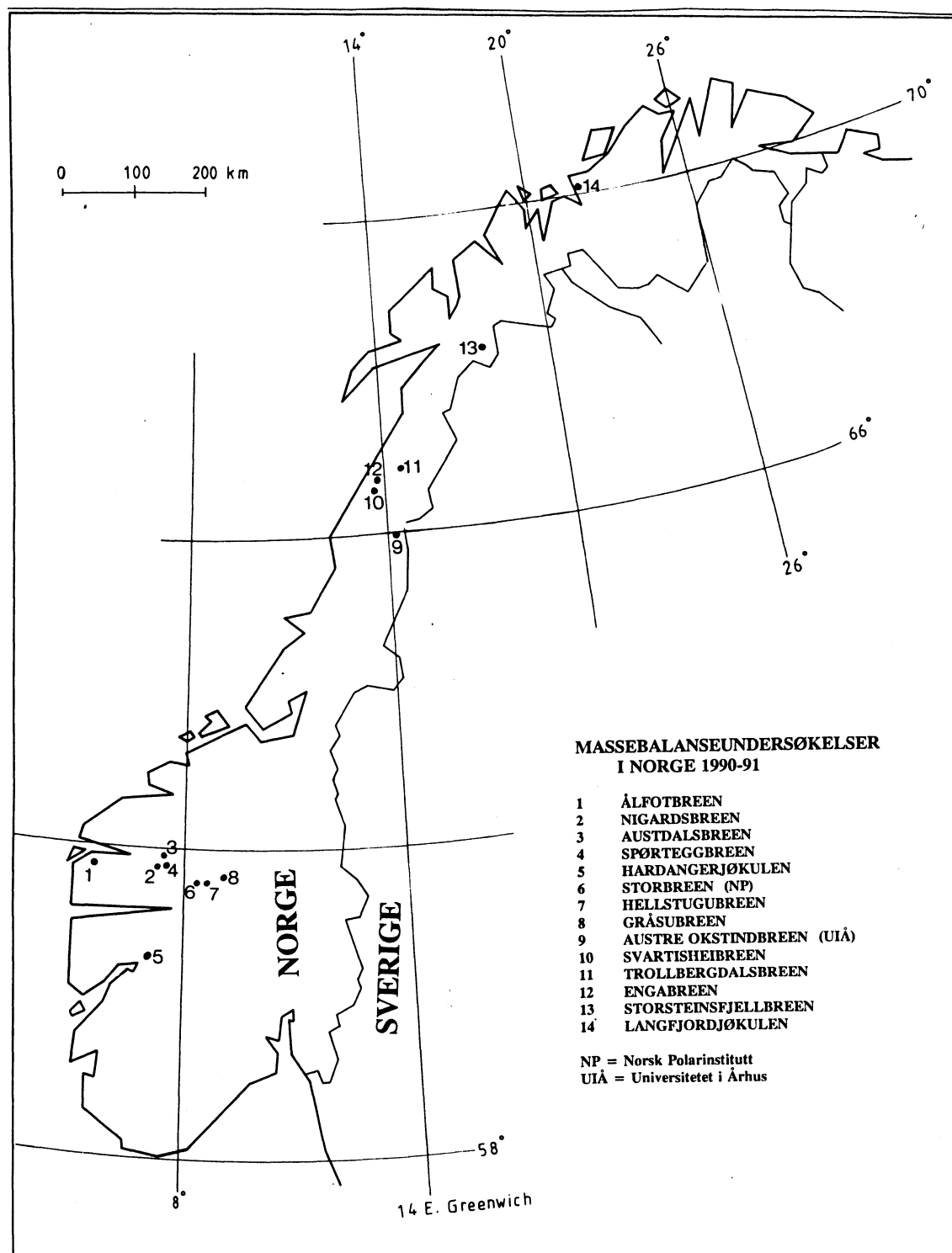
På Ålfotbreen i Nordfjord fortsettes målingene som har pågått i 29 år. Disse målingene betales av Sogn og Fjordane Energi-verk.

Målingene på Nigardsbreen, som har pågått siden 1962, er konsesjonspålagt Leirdøla Kraftverk og betales av Statkraft. Statkraft finansierer også målingene på Austdalsbreen og Spørteggbreen, der målinger ble startet i forbindelse med Jostedalsutbyggingen. Målingene på Spørteggbreen ble avsluttet i 1991.

På Hardangerjøkulen utføres undersøkelsene på den største av utløperne, Rembesdalsskåkje, som drenerer vestover til Simadalen. Målingene, som har pågått i 29 år, er konsesjonspålagt Eidfjordanleggene og betales av Statkraft.

I Jotunheimen startet Norsk Polarinstitut massebalanse-målinger på Storbreen i 1949. Måleserien derfra er den lengste i Norge. På Hellstugubreen og Gråsubreen ble undersøkelsene startet i 1962 som hovedfagsstudier. Målingene ble overtatt og utføres nå av NVE.

På Austre Okstindbreen, som ligger litt sør og øst for Svartisen nær vannskillet mot Sverige, har Geologisk Institut ved Aarhus Universitet drevet forskjellige undersøkelser siden 1987. Det er bl.a. gjort omfattende massebalanse-målinger. I 1991 fikk Bre- og snøseksjonen, NVE, bestilling fra Statkraft-Ranaverkene på 5 års massebalanse-målinger på breen. Det ble da inngått avtale med Aarhus Universitet om utførelsen av målingene og rapportering av resultater. Kapitelet om Austre Okstindbreen er et sammendrag av rapporten fra Aarhus Universitet.



Figur 1: Kartet viser beliggenheten til breene der det ble gjort massebalansemålinger i 1990 og 1991.

Location map showing Norwegian glaciers where mass balance investigations were performed in 1990 and 1991.

I Svartisenområdet utføres det målinger på tre breer, - Engabreen, Svartisheibreen og Trollbergdalsbreen. På alle disse breene finansieres målingene av Statkraft i forbindelse med kraftutbyggingen i området. Den lengste måleserien i Nord-Norge er fra Engabreen der det er målt i 22 år. På Svartisheibreen startet målingene i 1988. På Trollbergdalsbreen i Beiarn ble det gjort massebalansemaalinger i årene 1970-75, og målingene ble gjenopptatt i 1990.

På Storsteinsfjellbreen i Skjomen ble massebalansemaalinger gjenopptatt i 1991. Det ble gjort målinger på breen i årene 1964-68 i forbindelse med kraftutbygging i området. De gjenopptatte målingene på Storsteinsfjellbreen gir muligheter for å sammenligne de glasiologiske forholdene ved Svartisen med forholdene i Skjomen. Målingene betales av Statkraft-Innsetverkene.

På Langfjordjøkulen på grensen mellom Troms og Finnmark fortsatte massebalansemaalningene som startet i 1989. Vi har hatt svært liten kunnskap om hvorledes forholdene er på breene lengst nord i landet. Dette var et viktig argument for å starte målinger på Langfjordjøkulen i 1989. Målingene finansieres av NVE med tilskudd fra Konesjonsavgiftsfondet.

I det etterfølgende refereres samtlige massebalansemaalinger på norske breer i årene 1990 og 1991. For hver enkelt bre er massebalansen oppgitt i vannekvivalenter presentert i tabell. På den måten kan resultatene fra forskjellige breer lett sammenlignes. For bruk til hydrologiske beregninger er også resultatene angitt som spesifikke avløpstall. Videre er resultatene fremstilt på diagramform som viser vinter-, sommer- og nettobalansens variasjon med høyden. Diagrammene har samme forhold mellom enhetene på x- og y-aksen slik at nettobalanseskurven for de forskjellige breene lett kan sammenlignes.

Vårforholdene i balanseåret 1989 - 90

I september og oktober 1989 var det typisk vestavær over hele landet med temperatur nær eller litt over det normale. I breområdene var nedbøren opp til 150% av normalen. Bortsett fra Ålfotbreen begynte akkumulasjonen på breene i september.

Perioden fra midt i november til midt i desember var preget av nordvest med bygevær, og perioden hadde nedbør noe over det normale i Sør-Norge og opp til 300% av det normale i Nord-Norge.

Fra midten av desember dominerte sørvestlig vind med kraftig lavtrykksaktivitet og store nedbørmengder over det meste av landet. Denne situasjonen varte mer eller mindre sammenhengende frem til midten av april. I disse 4 månedene var nedbøren i breområdene i Sør-Norge 300 - 400% av normalen, og på flere steder var nedbøren i mars 3 - 4 ganger større enn normal oktober nedbør. I Nord-Norge var nedbøren i denne perioden 200 - 300% av normalen.

Det ble også målt rekordhøye temperaturer over hele landet, og flere stasjoner hadde i disse månedene middeltemperatur 6-8°C (i mars opp til 10°C) høyere enn normalt. Dette medførte at det tidvis kom nedbør som regn helt til topps på breene. Dette førte igjen til at snøens tetthet i 1990 var større enn vanlig. På Ålfotbreen ble det endog påvist fritt vann flere steder i snøpakken.

Den uvanlige vinteren medførte at rekordakkumulasjonen fra 1989 ble overskredet med 10 - 15% på de fleste breene i Sør-Norge. I Nord-Norge ble akkumulasjonen noe mindre enn i 1989.

Ablasjonssesongen startet tidlig. Mai og juni 1990 var rundt 2 °C varmere enn normalt både i Sør-Norge og i Svartisenområdet, mens juli og august var litt kaldere enn normalt i Sør-Norge og litt varmere enn normalt i Svartisenområdet. I Finnmark var temperaturen 1.5 - 3.0 °C over normalen i perioden juni - september, noe som resulterte i lang ablasjonssesong med stor avsmelting.

Til tross for at sommertemperaturen var litt over normalt ble sommerbalansen i Sør-Norge noe under gjennomsnittet pga. den store vinterakkumulasjonen som førte til at det ble liggende igjen snø over størstedelen av overflaten på breene det meste av sommeren. Albedoen var derfor større enn normalt hele sommeren slik at smeltingen ble mindre enn forventet utifra lufttemperaturen.

ÅLFOTBREEN (086.6C1B)

Ålfotbreen ble besøkt 3 ganger i 1990. Ved første besøk 19. - 26. april ble akkumulasjonsmålingene gjort. Ingen av målestakene hadde overlevd vinteren, og 7 nye ble derfor satt ut. Snødypet ble sondert i ca 70 punkt. På breens øverste del var sommeroverflaten fra 1989 vanskelig å kjenne, men sommeroverflaten fra 1988, da all snøen på breen smeltet vekk, var ennå svært tydelig. Denne lå på 14 - 18 m dyp og var til stor hjelp ved sonderingen av årets snødyp som stort sett lå mellom 10 og 12 meter. Målingene ble kontrollert med 7 kjerneboringer, men heller ikke i kjernene lot sommeroverflaten fra 1989 seg påvise på de øvre deler av breen. Her kunne imidlertid målingene kontrolleres mot et måletårn som smeltet frem senere på sommeren.

Det ble tatt tetthetsprøve ned til 10 m i høyde 1220 m o.h. Pga. den varme vinteren hadde snøen uvanlig stor tetthet, - 0.55 g/cm³. Det var flere lag med våt snø som viste at det hadde vært perioder med regn på breen i løpet av vinteren

ÅLFOTBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1350-1380	0.274	1.52	5.55	176	0.96	3.52	112	0.56	2.03	64
1300-1350	1.015	5.89	5.80	184	3.62	3.57	113	2.26	2.23	71
1250-1300	0.811	4.91	6.06	192	3.07	3.78	120	1.85	2.28	72
1200-1250	0.765	4.71	6.16	195	3.11	4.06	129	1.61	2.10	67
1150-1200	0.649	3.98	6.13	194	2.78	4.29	136	1.19	1.84	58
1100-1150	0.553	3.37	6.10	193	2.57	4.64	147	0.81	1.46	46
1050-1100	0.356	2.14	6.02	191	1.79	5.02	159	0.36	1.00	32
1000-1050	0.216	1.28	5.91	187	1.19	5.50	174	0.09	0.41	13
950-1000	0.125	0.72	5.76	183	0.75	6.02	191	-0.03	-0.26	-8
900-950	0.047	0.26	5.62	178	0.31	6.50	206	-0.04	-0.88	-28
870-900	0.004	0.02	5.60	178	0.03	6.90	219	-0.01	-1.30	-41
870-1380	4.815	28.80	5.98	190	20.18	4.19	133	8.62	1.79	57

Tabell 1.

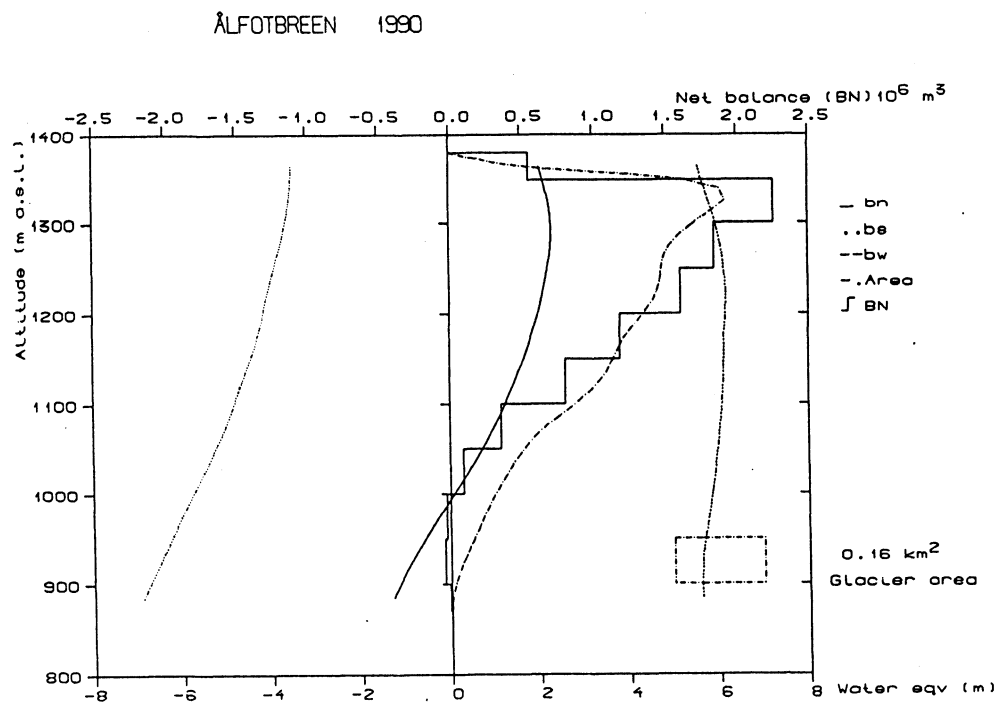
Neste besøk var 16. - 18. august. Da var 3 staker samt tårnet på toppen smeltet frem. Tårnets øverste ledd var krøllet sammen pga. nedising sist vinter.

Minimumsmålingene ble gjort 19. - 21. oktober. Stakene var blitt 6 - 9 m lenger i løpet av sommeren, og det lå igjen 3 - 4 m snø på toppen av breen. På tungen var det så vidt kommet fram litt blåis. Det var kommet ca 1 m nysnø øverst på breen og ingenting nederst.

Vinterbalansen ble beregnet til 5.98 m vannekvivalenter. Det utgjør 28.8 mill m³ vann på den delen av breen som drenerer til Breelva (4.82 km²). Noen spredte målinger på nabobreen mot øst viste at akkumulasjonen var noe (15 - 20%) mindre der. Årets akkumulasjon er 170% av middelverdien for måleperioden 1963 - 89 og er den største som er målt. Den tidligere største målte vinterbalansen var fra 1989 med 5.20 m (25 mill m³).

Sommerbalansen ble beregnet til 4.19 m (20.2 mill m³). Det er 127% av midlere sommerbalanse i måleperioden. Bare i 1969 og 1988 ble det målt større avsmelting på Ålfotbreen.

Til tross for den store avsmeltingen ble det et stort masseoverskudd på Ålfotbreen. Nettobalansen ble beregnet til +1.79 m (8.6 mill m³), og 30% av årets akkumulasjon ble liggende igjen. Likevektslinjen lå 990 m o.h. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 2 og tabell 1.



Figur 2: Massebalansediagram for Ålfotbreen 1990. Vinterbalansen var 5.98 m vannekvivalenter som er den største som er målt siden målingene tok til i 1963. Til tross for relativt stor avsmelting ble likevektslinjen liggende 990 m o.h.

The mass balance diagram for Ålfotbreen 1990 indicates a specific winter balance of 5.98 m w.eq. This is the largest winterbalance ever measured on a Norwegian glacier. At some places the snow depth was more than 14 meters. Due to the large winter balance, there was a substansial mass surplus even though the summer balance was higher than average. Only at the very lowest part of the glacier (below 1000 m a.s.l.) was bare ice visible at the end of the summer. The equilibrium line altitude (ELA) was 990 m a.s.l. which corresponds to an accumulation area ratio (AAR) of 97%.

Siden målingene startet i 1963 er det bare 3 år som har hatt større nettobalanse. I 1989 var overskuddet 2.93 m. Midlere nettobalanse for perioden 1963 - 89 er +0.24 meter. Siden 1963 har Ålfotbreen hatt et samlet overskudd på 8.2 meter vann-ekvivalenter. Av dette er 4.7 m kommet i løpet av de siste 2 årene.

NIGARDSBREEN (076.EZ)

Akkumulasjonsmålingene ble utført 20. - 25. april. Sonderingsforholdene var svært vanskelige over 1600 m o.h. pga. hyppige snøfall sommeren 1989. Sommeroverflaten lot seg ikke enkelt påvise. Det ble utført 12 kjerneboringer uten at det ga noen ytterligere avklaring. Over 1600 m o.h. ble snødypet bestemt til å være fra 7 - 8 m og opp til 10 - 12 m. En mer nøyaktig bestemmelse av akkumulasjonen fikk man i løpet av sommeren, da en stake og 2 tårn smeltet frem i breens øvre deler. Under 1600 m o.h. var sommeroverflaten godt definert. Snødybden avtok noenlunde jevnt fra 7 m 1600 m o.h. til rundt 2 m nederst på bretungen. Tetthetsprøver ble tatt hhv. 1540 og 1800 m o.h. med middeltetthet 0.45 g/cm^3 og 0.50 g/cm^3 . Det ble satt ut 7 erstatningsstaker på breplatået, samt 2 wirer på bretungen (ca 1000 m o.h. og 550 m o.h.).

Breen ble igjen besøkt 19. august. Stakene oppe på breplatået var blitt 3 - 5 m lenger i løpet av sommeren. De to tårnene inne på breplatået var smeltet frem og gjorde det mulig å korrigere de usikre snødypmålingene fra akkumulasjonsmålingene. På bretungen var det smeltet 7 - 8 m is siden april.

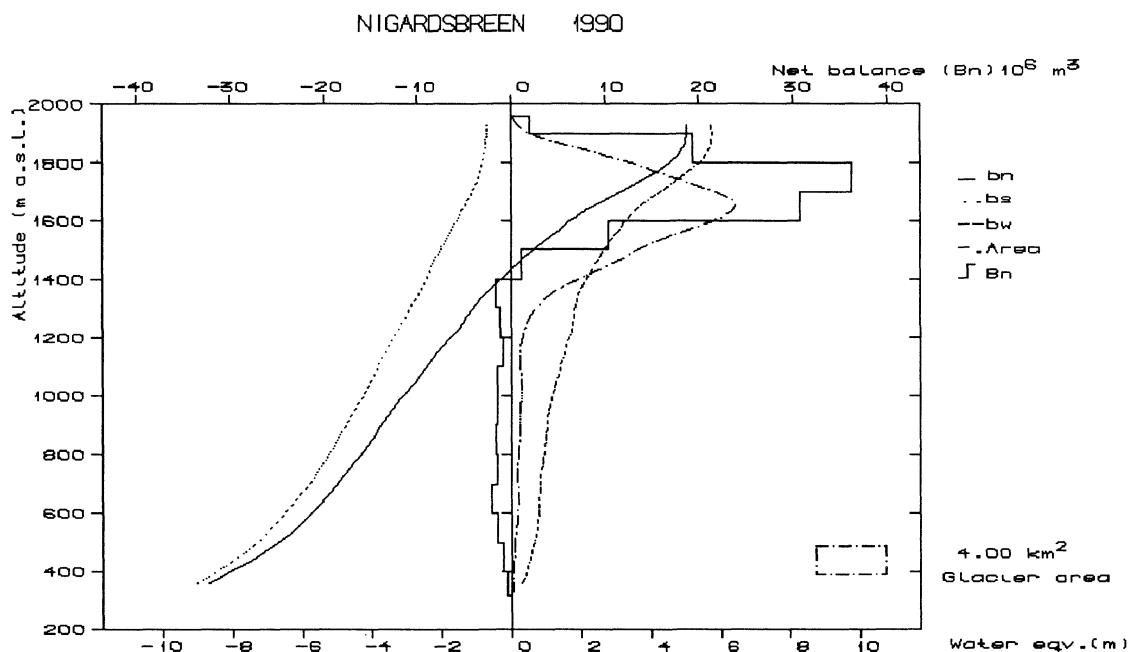
Minimumsmålingene ble utført 19. oktober. Det var smeltet 30 - 50 cm is og snø siden august. Dessuten var det kommet opp til 1 meter nysnø. Fem målestaker ble funnet. De to wirene på bretungen var smeltet ut, og to nye ble derfor smeltet ned til 10 - 12 m dyp.

Vinterbalansen ble beregnet til 3.52 m vannekvivalenter og utgjorde 168.15 mill m^3 vann. Det er 152% av middelveiden for perioden 1962 - 89. Bortsett fra 1989, da vinterbalansen var 4.05 m, er det ikke målt større vinterbalanse på Nigardsbreen.

Sommerbalansen ble beregnet til 1.75 m vannekvivalenter (83.86 mill m^3) som er 90% av midlere sommerbalanse.

Den beregnede nettobalansen ble +1.77 m eller 84.3 mill m^3 vann. Ca 50% av vinterens akkumulasjon ble liggende igjen. Det store overskuddet skyldes først og fremst den store vinternedbøren. Foruten rekordåret 1989, da masseoverskuddet var 3.47 m, er det bare i 1962 og i 1967 det er målt større masseoverskudd på Nigardsbreen. Midlere nettobalanse i perioden 1962 - 89 er +0.41 m vannekvivalenter. Siden 1962 har Nigardsbreen hatt et samlet masseoverskudd på rundt 12 m vann. Av dette har halvparten kommet i løpet av de siste 4 år.

Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 3 og i tabell 2. Likevektslinjen lå 1430 m o.h.



Figur 3: Massebalansediagram for Nigardsbreen 1990. Vinterbalansen var som i 1989 svært stor, over over 5 m vannekvivalenter på den øvre delen. Likevektslinjen lå 1430 m o.h.

The mass balance diagram for Nigardsbreen 1990 shows a large winter balance. At the upper parts of the glacier the winter balance was more than 5 m w.eq. The average winter balance was 3.52 m w.eq. Only once before during 30 years of investigations has a larger winter balance been measured. The summer balance was 1.75 m w.eq. which is less than average. The net balance turned out to be substantially positive amounting to 1.77 m w.eq. Only in 1962 and 1989 has the net balance at Nigardsbreen been larger. The ELA was 1430 m a.s.l., and the AAR was 83%.

Brefronten hadde ikke reagert særlig på de siste års masseoverskudd. Breen gikk fram 7 m fra 1989 til 1990, og brefronten lå høsten 1990 ca 30 m lenger tilbake enn i 1975 da den store tilbaketrekningen, som da hadde pågått uavbrutt siden 1930, stoppet opp.

NIGARDSBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km
1900-1960	0.380	2.18	5.74	182	0.27	0.70	22	1.92	5.04	160
1800-1900	3.920	22.27	5.68	180	2.98	0.76	24	19.29	4.92	156
1700-1800	9.390	45.35	4.83	153	9.11	0.97	31	36.25	3.86	122
1600-1700	12.880	48.04	3.73	118	17.26	1.34	42	30.78	2.39	76
1500-1600	9.180	27.08	2.95	94	16.71	1.82	58	10.37	1.13	36
1400-1500	5.820	14.08	2.42	77	13.04	2.24	71	1.05	0.18	6
1300-1400	2.280	4.38	1.92	61	6.11	2.68	85	-1.73	-0.76	-24
1200-1300	0.900	1.58	1.76	56	2.84	3.15	100	-1.25	-1.39	-44
1100-1200	0.450	0.68	1.50	48	1.63	3.63	115	-0.96	-2.13	-68
1000-1100	0.580	0.74	1.28	41	2.34	4.04	128	-1.60	-2.76	-88
900-1000	0.470	0.50	1.06	34	2.12	4.52	143	-1.63	-3.46	-110
800-900	0.440	0.43	0.98	31	2.20	5.00	159	-1.77	-4.02	-127
700-800	0.330	0.28	0.85	27	1.82	5.52	175	-1.54	-4.67	-148
600-700	0.390	0.31	0.79	25	2.39	6.14	195	-2.09	-5.35	-170
500-600	0.240	0.17	0.72	23	1.65	6.87	218	-1.48	-6.15	-195
400-500	0.120	0.06	0.52	16	0.94	7.85	249	-0.88	-7.33	-232
320-400	0.050	0.02	0.30	10	0.45	9.00	285	-0.44	-8.70	-276
320-1960	47.820	168.15	3.52	112	83.86	1.75	55	84.29	1.77	57

Tabell 2.



Sondering av snødyp under
akkumulasjonsmåling. Snødypet
kan være opp til 14 meter på de
maritime breene. Det brukes en
bøyeig sonde for å komme ned
til slike dyp.

Foto: Nils Haakensen.

Snow surveying to determine the
thickness of the snow pack. On
the maritime glaciers the snow
depth may be 10 - 14 m. To
reach these depths it is necessary
to use a flexible snow probe.



Et stort problem ved massebalansemålinger på de maritime breene er rimdannelse og nedising ved innbrudd av varm og fuktig luft om vinteren. Målestakene blir så nedtyngt av is og får så stort vindfang at de bøyes ned og brekker i sterk vind. Selv trekantede antennenetårn av stål med sidekanter på 30 cm er flere ganger brukket ned. Bildet viser et nediset tårn på Nigardsbreen. På toppen er det montert en aluminiumsstake med diameter 33 mm. Foto: N. Haakensen.

A major problem in performing mass balance investigations is maintaining installations (stakes, antenna towers, etc.) during winter. On maritime glaciers frequent occurrences of warm and humid air cause severe rime ice formation. Strong winds can then damage the installations. Even triangular steel antenna towers with 30 cm sides have been broken. The photograph shows an ice covered antenna tower with a 3 m long 33 mm aluminium tube on top on Nigardsbreen.

AUSTDALSBREEN (076.H)

Akkumulasjonsmålingene ble foretatt i april. Snødypet varierte fra 5 m nederst på breen til 8 m øverst på breen, og det er store snømengder i forhold til et normalår. Vinterbalansen ble beregnet til 3.65 m vann jevnt fordelt over breoverflaten og utgjorde 43.6 mill m³ vann.

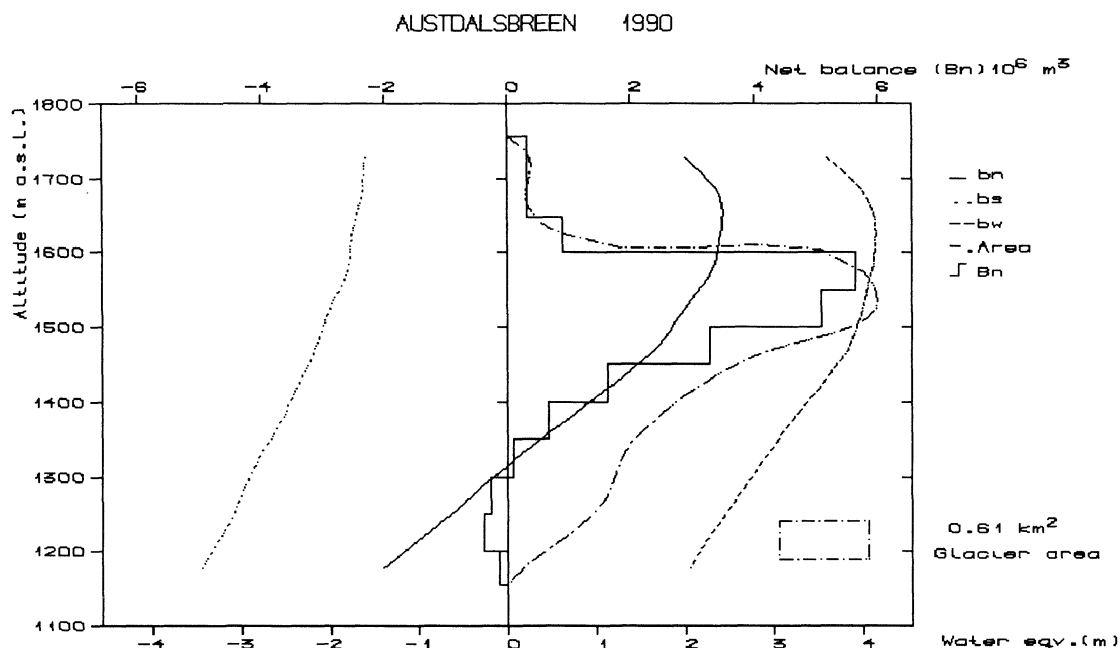
Avsmeltingen ble beregnet til 2.22 meter vann jevnt fordelt over breoverflaten. Breer som kalver mister også noe av sin masse i kalvingsprosessen. I massebalansesammenheng blir dette sett på som ekstra ablasjon. På Austdalsbreen er kalvingen blitt fulgt siden 1987 ved hjelp av landmålingsutstyr, terrestrisk fotogrammetri (skrå stereobilder) og automatisk fotografering. Resultatene av målinger fram til høsten 1989 er publisert i oppdragsrapport nr 6-90 fra Hydrologisk avdeling.

Brefronten ble målt inn 11. oktober 1989 og 8. desember 1990. Utifra disse målingene ble midlere fronttilbakegang i 1990 anslått til ca 50 meter. Store nes hadde kalvet bort, og fronten var blitt mye mer rettlinjert enn før. Med en gjennomsnittshastighet for breen på 40 m/år ved fronten og en kalvingsfront som var 50 m høy og 600 m brei ble den totale kalvingen beregnet å være ca 2.7 mill m³ vann, dvs. ca 10% av smeltingen.

AUSTDALSBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		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
1700-1757	0.157	0.57	3.60	114	0.25	1.60	51	0.31	2.00	63
1650-1700	0.128	0.52	4.05	128	0.21	1.65	52	0.31	2.40	76
1600-1650	0.376	1.56	4.15	132	0.66	1.75	55	0.90	2.40	76
1550-1600	2.448	10.04	4.10	130	4.41	1.80	57	5.63	2.30	73
1500-1550	2.539	10.16	4.00	127	5.08	2.00	63	5.08	2.00	63
1450-1500	1.922	7.40	3.85	122	4.13	2.15	68	3.27	1.70	54
1400-1450	1.355	4.81	3.55	113	3.18	2.35	75	1.63	1.20	38
1350-1400	1.010	3.23	3.20	101	2.58	2.55	81	0.66	0.65	21
1300-1350	0.787	2.28	2.90	92	2.20	2.80	89	0.08	0.10	3
1250-1300	0.687	1.79	2.60	82	2.06	3.00	95	-0.27	-0.40	-13
1200-1250	0.435	1.00	2.30	73	1.39	3.20	101	-0.39	-0.90	-29
1155-1200	0.107	0.22	2.05	65	0.37	3.45	109	-0.15	-1.40	-44
1155-1757	11.951	43.58	3.65	116	26.52	2.22	70	17.06	1.43	46
KALVING					2.70			-2.70		
SUM					29.22	2.45	78	14.36	1.20	38

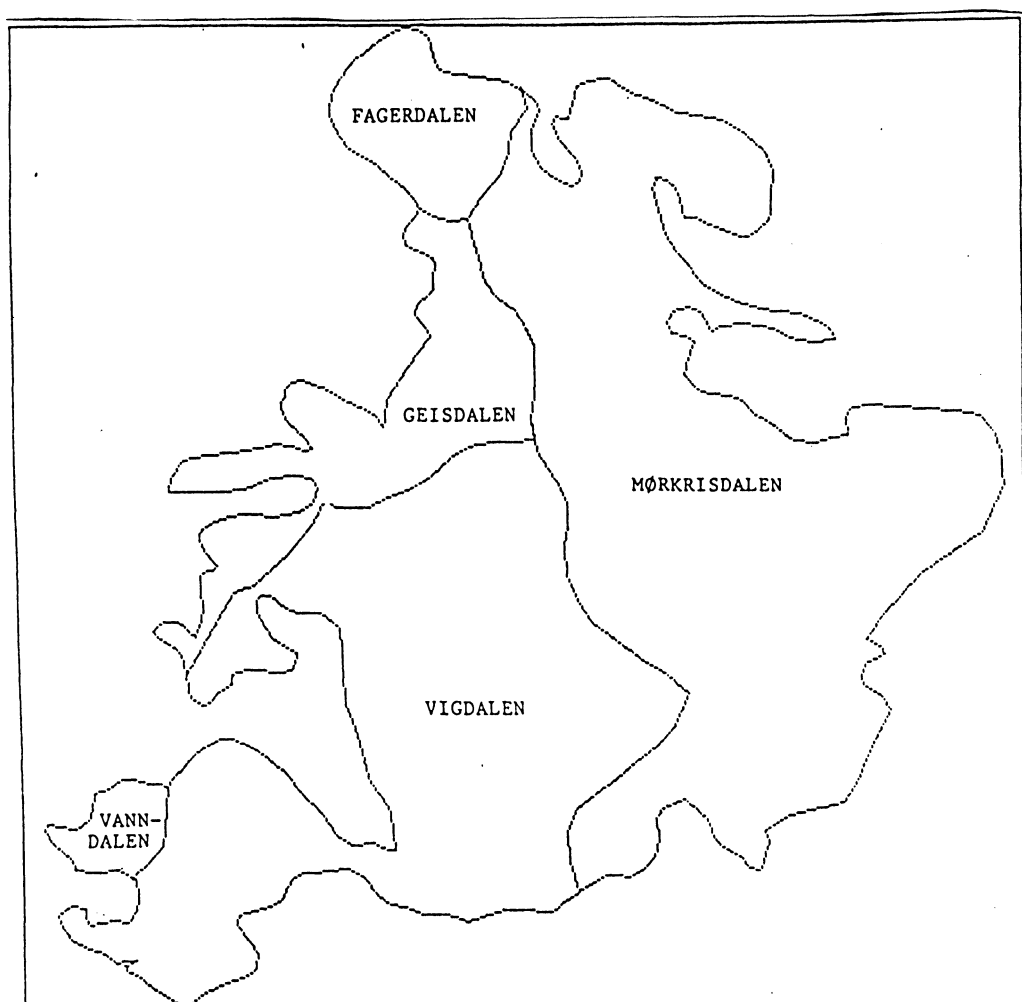
Tabell 3.



Figur 4: Massebalansediagram for Austdalsbreen 1990. Vinterbalansen var opp mot 5 m vannekvivalenter rundt 1600 m o.h. Nederst på breen ved den kalvende brefronten var det bare rundt 2 meter noe som skyldes at snø her blåser av breen og ut i Austdalsvatnet. Kalving fra brefronten ble beregnet til $2.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ v.ek. eller 12 % av sommerbalansen. Likevektslinjen lå 1310 m o.h.

Mass balance diagram for Austdalsbreen 1990. At the lower part of the glacier which ends in a 50 m high calving wall, and in the highest area, the winter balance is relatively low mainly due to wind drift. The average winter balance was 3.65 m w.eq. Mass loss due to calving is estimated to $2.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ w.eq. (0.22 m distributed over the entire glacier area). The net balance incl. calving was + 1.77 m w.eq. The ELA was about 1310 m a.s.l. and the AAR was 88%.

Sommerbalansen (smelting + kalving) ble beregnet til 2.45 m vannekvivalenter eller 29.2 mill m^3 vann. Breen fikk et masseoverskudd på 14.4 mill. m^3 vann som tilsvarer et vannlag på ca 1.2 m jevnt fordelt over hele breen. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 4 og tabell 3. Likevektslinjen lå 1310 m o.h.



Figur 5: Dreneringsområder på Spørteggbreen basert på breradarundersøkelser.

Drainage areas on Spørteggbreen ice cap based on radar measurements. Four of the areas (15 km²) drain westward into Jostedalen, whereas one (13 km²) drain towards Mørkrisdalen.

SPØRTEGGBREEN (076.Z Jostedalen og 075.42 Mørkrisdalen)

På Spørteggbreen er det utført enkle massebalansemålinger. Breen har 5 dreneringsområder. Fire av disse, Fagerdalen, Geisdalen, Vigdalen og Vann-dalen drenerer til Jostedalen (figur 5). Arealfordelingen for hele breen og for delområdene er vist i tabell 4 og 5.

Breen ble besøkt fire ganger i løpet av sesongen, første gang i april. Snøfordelingen var meget jevn i breens øvre områder med snødyp på 6 - 7 meter.

Ablasjonen ble fulgt på seks staker gjennom sommeren. Figur 4 viser vinter-, sommer- og nettobalansen fordelt med høyden på grunnlag av snøfordelingen og målingene på disse seks stakene. Denne høydefordelingen er benyttet til beregninger av avrenningen fra alle delfeltene. Resultatene er vist i tabell 4 og 5.

For hele Spørteggbreen ble vinterbalansen beregnet til 3.34 meter vannkvivalenter (93.4 mill m³ vann). Sommerbalansen ble beregnet til 2.33 meter vann (65.0 mill m³). Beregningene viser at breen har holdt tilbake ca 28 mill. m³ vann fra vassdragene nedenfor. Dette tilsvarer et vannlag på ca 1 m fordelt over breen. For de områdene som drenerer ned til Jostedalen har breen holdt tilbake ca 16 mill. m³ vann.

I de tre årene det er gjort målinger på denne breen har breen økt i volum med et vannlag på ca 1 m fordelt jevnt over hele breen.

Figur 6 viser at gjennomsnittlig likevektslinje for Spørteggbreen lå 1390 m o.h.

SPØRTEGGBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1750-1770	0.140	0.43	3.10	98	0.27	1.90	60	0.17	1.20	38
1700-1750	2.736	9.17	3.35	106	5.06	1.85	59	4.10	1.50	48
1650-1700	3.928	13.75	3.50	111	7.86	2.00	63	5.89	1.50	48
1600-1650	4.440	15.54	3.50	111	9.32	2.10	67	6.22	1.40	44
1550-1600	5.302	18.29	3.45	109	11.93	2.25	71	6.36	1.20	38
1500-1550	4.613	15.45	3.35	106	11.30	2.45	78	4.15	0.90	29
1450-1500	3.266	10.45	3.20	101	8.65	2.65	84	1.80	0.55	17
1400-1450	1.737	5.30	3.05	97	4.95	2.85	90	0.35	0.20	6
1350-1400	0.962	2.79	2.90	92	2.93	3.05	97	-0.14	-0.15	-5
1300-1350	0.651	1.79	2.75	87	2.15	3.30	105	-0.36	-0.55	-17
1260-1300	0.160	0.42	2.65	84	0.56	3.50	111	-0.14	-0.85	-27
1260-1770	27.935	93.39	3.34	106	64.99	2.33	74	28.40	1.02	32

Tabell 4.

SPØRTEGGBREEN (VANNDALEN) 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1500-1536	0.083	0.28	3.35	106	0.20	2.45	78	0.07	0.90	29
1450-1500	0.258	0.83	3.20	101	0.68	2.65	84	0.14	0.55	17
1412-1450	0.145	0.44	3.05	97	0.41	2.85	90	0.03	0.20	6
1412-1536	0.486	1.55	3.18	101	1.30	2.68	85	0.25	0.51	16

SPØRTEGGBREEN (VIGDALEN) 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1650-1690	1.193	4.18	3.50	111	2.39	2.00	63	1.79	1.50	48
1600-1650	2.377	8.32	3.50	111	4.99	2.10	67	3.33	1.40	44
1550-1600	2.015	6.95	3.45	109	4.53	2.25	71	2.42	1.20	38
1500-1550	1.554	5.21	3.35	106	3.81	2.45	78	1.40	0.90	29
1450-1500	1.584	5.07	3.20	101	4.20	2.65	84	0.87	0.55	17
1400-1450	0.822	2.51	3.05	97	2.34	2.85	90	0.16	0.20	6
1350-1400	0.361	1.05	2.90	92	1.10	3.05	97	-0.05	-0.15	-5
1340-1350	0.170	0.47	2.75	87	0.56	3.30	105	-0.09	-0.55	-17
1340-1690	10.076	33.74	3.35	106	23.92	2.37	75	9.82	0.97	31

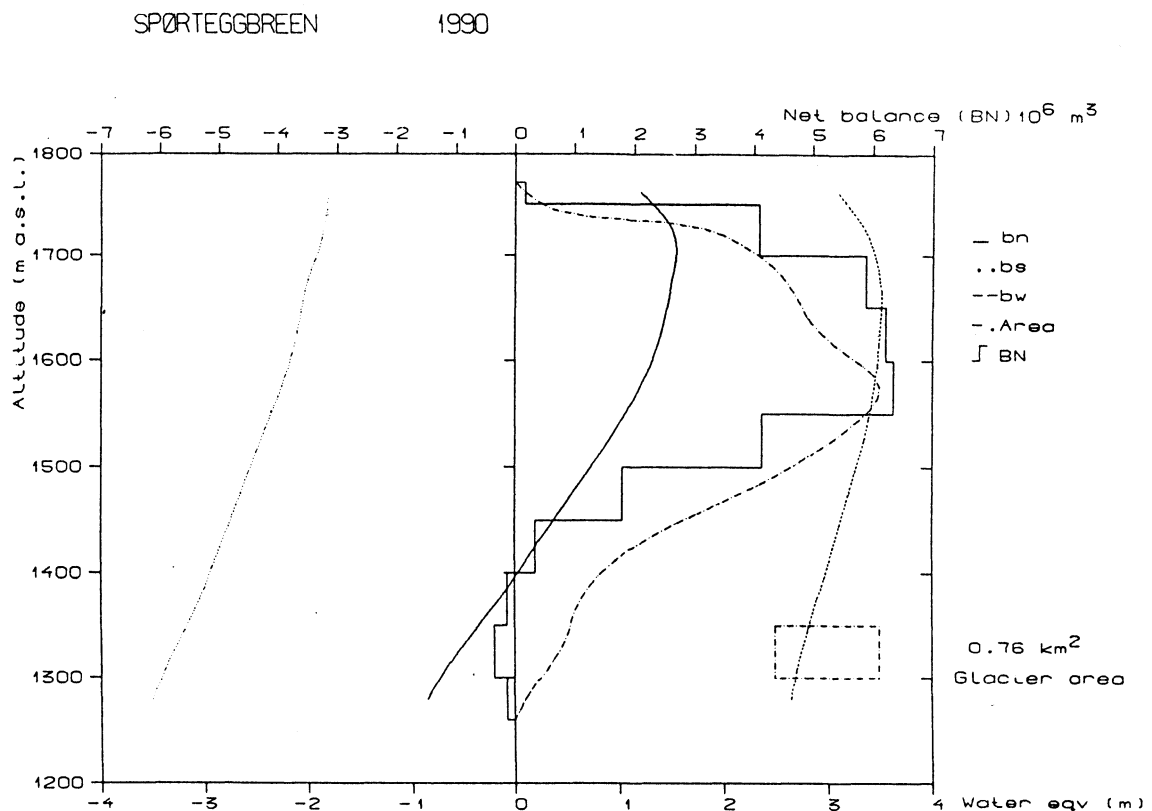
SPØRTEGGBREEN (GEISDALEN) 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1700-1746	0.719	2.41	3.35	106	1.33	1.85	59	1.08	1.50	48
1650-1700	0.879	3.08	3.50	111	1.76	2.00	63	1.32	1.50	48
1600-1650	0.379	1.33	3.50	111	0.80	2.10	67	0.53	1.40	44
1550-1600	0.389	1.34	3.45	109	0.88	2.25	71	0.47	1.20	38
1500-1550	0.439	1.47	3.35	106	1.08	2.45	78	0.40	0.90	29
1450-1500	0.129	0.41	3.20	101	0.34	2.65	84	0.07	0.55	17
1400-1450	0.060	0.18	3.05	97	0.17	2.85	90	0.01	0.20	6
1378-1400	0.050	0.15	2.90	92	0.15	3.05	97	-0.01	-0.15	-5
1378-1746	3.044	10.37	3.41	108	6.50	2.14	68	3.86	1.27	40

SPØRTEGGBREEN (FAGERDALEN) 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1700-1744	0.383	1.28	3.35	106	0.71	1.85	59	0.57	1.50	48
1650-1700	0.353	1.24	3.50	111	0.71	2.00	63	0.53	1.50	48
1600-1650	0.212	0.74	3.50	111	0.45	2.10	67	0.30	1.40	44
1550-1600	0.172	0.59	3.45	109	0.39	2.25	71	0.21	1.20	38
1500-1550	0.182	0.61	3.35	106	0.45	2.45	78	0.16	0.90	29
1462-1500	0.151	0.48	3.20	101	0.40	2.65	84	0.08	0.55	17
1462-1744	1.453	4.95	3.40	108	3.09	2.13	67	1.85	1.28	40

Tabell 5.



Figur 6: Massebalansens variasjon med høyden over havet for Spørteggbreen 1990. Diagrammet viser gjennomsnittsverdier for hele breen (28 km²). Resultatene for de enkelte delfeltene som drenerer mot Jostedalen (basert på denne fordelingen med høyden) er vist i tabell 4.

Mass balance diagram for the Spørteggbreen ice cap 1990. Similar to several other glaciers which are parts of icecaps, winter balance decreases in the highest area. This is mainly due to snow drift. The net balance curve shows that the mean ELA for the ice cap was at about 1390 m a.s.l., and the AAR was 94%. The results for the four areas draining to Jostedalen (based on this mass distribution) are shown in table 4.

HARDANGERJØKULEN (050.4C1Z)

På Hardangerjøkulen måles massebalansen på den sørvestlige utløperen Rembesdalsskåkji som utgjør 25% av hele Hardangerjøkulen.

Måling av årets akkumulasjon ble foretatt 20. april. Snømengdene var unormalt store, 7 - 8 meter 1700 m o.h. og ca 4 m 1200 m o.h. Fordelt over hele breen tilsvarende dette 3.65 m vann (62.7 mill m³), som er 170 - 180% av gjennomsnittet i perioden 1963 - 89.

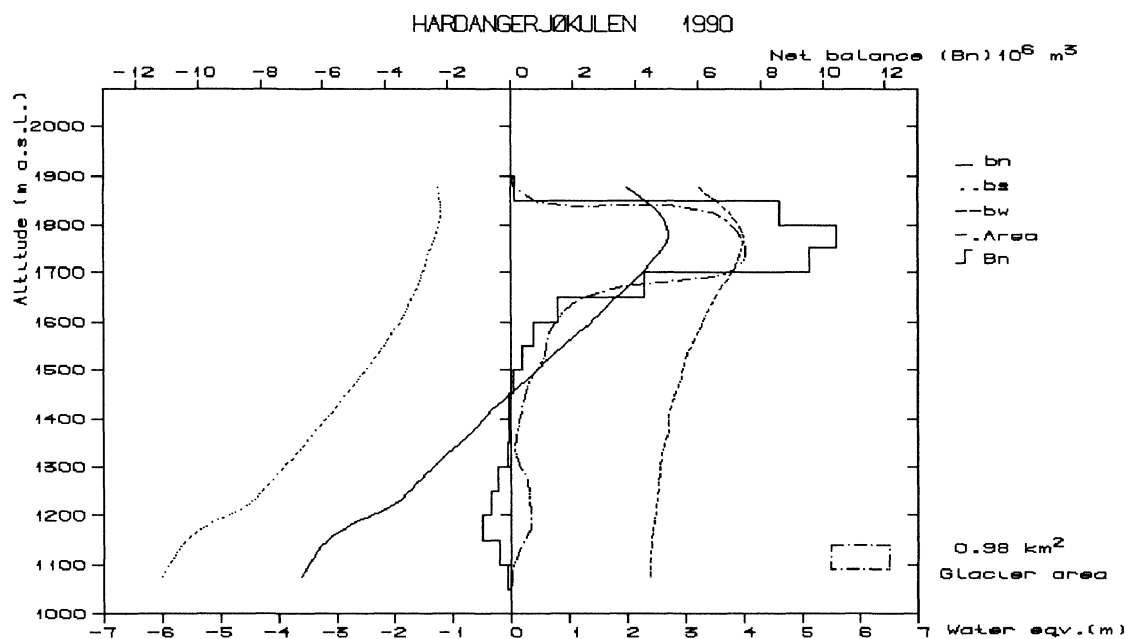
Minimumsmålinger ble foretatt 7. september. Sommerbalansen ble beregnet til 1.72 m vannekvivalenter (29.6 mill m³). Dette er 88% av gjennomsnittet for perioden 1963 - 89, og med den store vinterbalansen resulterte det i et masseoverskudd på 1.93 m vann fordelt over hele breen (33.1 mill m³). Til sammenligning er den høyeste og laveste nettobalansen som er målt på Hardangerjøkulen henholdsvis +2.11 m og -1.90 m.

Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 7 og tabell 6. Likevektslinjen lå 1450 m o.h.

HARDANGERJØKULEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		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
1850-1900	0.070	0.23	3.25	103	0.09	1.25	40	0.14	2.00	63
1800-1850	3.375	12.66	3.75	119	4.05	1.20	38	8.61	2.55	81
1750-1800	3.866	15.46	4.00	127	5.03	1.30	41	10.44	2.70	86
1700-1750	3.910	15.25	3.90	124	5.67	1.45	46	9.58	2.45	78
1650-1700	2.084	7.61	3.65	116	3.33	1.60	51	4.27	2.05	65
1600-1650	0.936	3.18	3.40	108	1.68	1.80	57	1.50	1.60	51
1550-1600	0.640	2.05	3.20	101	1.31	2.05	65	0.74	1.15	36
1500-1550	0.542	1.63	3.00	95	1.27	2.35	75	0.35	0.65	21
1450-1500	0.319	0.93	2.90	92	0.85	2.65	84	0.08	0.25	8
1400-1450	0.196	0.54	2.75	87	0.59	3.00	95	-0.05	-0.25	-8
1350-1400	0.112	0.30	2.70	86	0.38	3.35	106	-0.07	-0.65	-21
1300-1350	0.084	0.22	2.60	82	0.31	3.70	117	-0.09	-1.10	-35
1250-1300	0.270	0.69	2.55	81	1.11	4.10	130	-0.42	-1.55	-49
1200-1250	0.315	0.79	2.50	79	1.42	4.50	143	-0.63	-2.00	-63
1150-1200	0.321	0.79	2.45	78	1.70	5.30	168	-0.91	-2.85	-90
1100-1150	0.115	0.28	2.40	76	0.66	5.75	182	-0.39	-3.35	-106
1050-1100	0.022	0.05	2.40	76	0.13	6.00	190	-0.08	-3.60	-114
1050-1900	17.177	62.66	3.65	116	29.58	1.72	55	33.08	1.93	61

Tabell 6.



Figur 7: Massebalansediagram for Hardangerjøkulen 1990. P.g.a. vinddrift er vinterbalansen på toppen betydelig mindre enn lengre nede på breen. Likevektslinjen lå ca 1450 m o.h.

Mass balance diagram for Hardangerjøkulen 1990. Hardangerjøkulen is an ice cap. The investigations take place on a western outlet called Rembesdalsskálki. The specific winter balance was amounting to 3.65 m w.eq. which is the highest winterbalance ever measured on Hardangerjøkulen. Even at the glacier front the winter balance was about 2.5 m w.eq. At the dome shaped top of the glacier the winter balance is considerably reduced due to wind drift. The summer balance was less than average and accordingly the net balance showed a considerable surplus amounting to 1.93 m w.eq. The ELA was about 1450 m a.s.l., and the AAR was 92 %.

STORBREEN (002.DHBBZ)

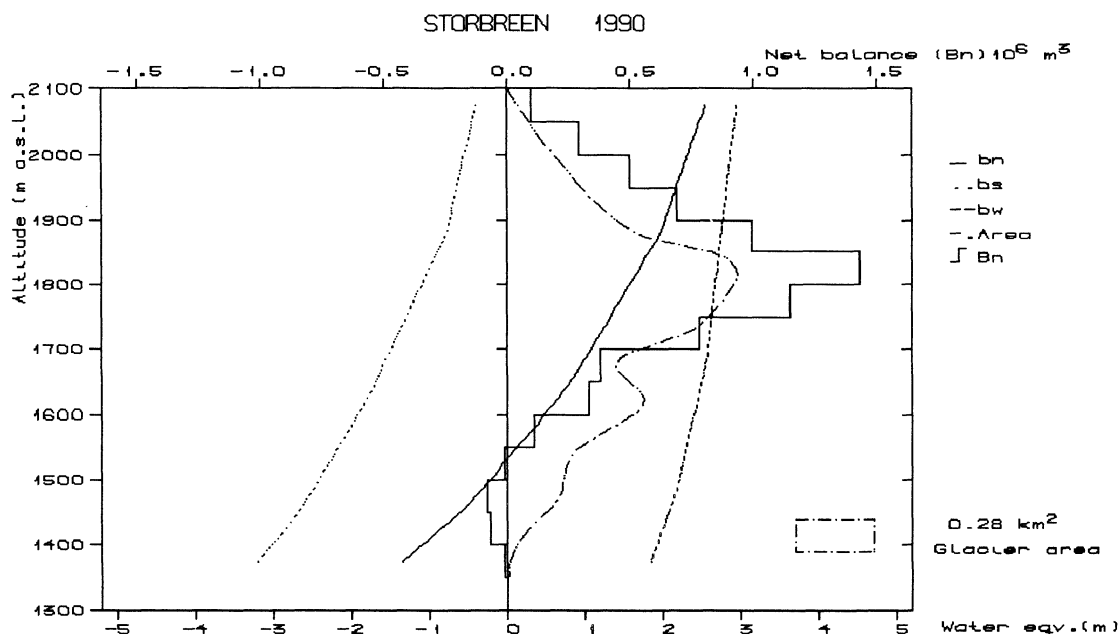
Akkumulasjonsmålingene ble foretatt 19. mai. Da hadde det vært mildvær i fjellet siden 1. mai slik at snøen hadde sunket kraftig sammen. Det hadde imidlertid ikke gitt noen særlig avrenning fra breen enda med unntak av de nederste deler av bretunga. Hovedsaklig hadde mildværet bare resultert i høyere tetthet av snøen på breen. Midlere tetthet av snøen målt i snøsjakt 1715 m o.h. var 0.51 g/cm^3 . Vinteren 1990 var usedvanlig snørik. Midlere vinterbalanse ble 2.60 meter vannekvivalenter som er 188% av gjennomsnittet for perioden 1948 - 89. Det er den høyeste vinterbalansen som er målt siden målingene startet i 1948 og er 0.30 meter over den nest høyeste verdien som ble målt i 1989.

Sommerbalansen ble 1.35 meter vannekvivalenter som er 82% av gjennomsnittet for måleperioden. Dette resulterte i et rekordhøyt netto overskudd på 1.25 meter som er litt større enn overskuddet i 1989 og betydelig høyere enn middelverdien for perioden 1948 - 89 som var - 0.26 meter vannekvivalenter. Den kumulative nettobalansen siden 1948 var - 9.22 meter vannekvivalenter. Figur 8 viser vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden, og viser at likevektslinjen lå 1530 m o.h. Tabell 7 viser verdiene for de enkelte høydenivåene.

STORBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w	b_w		B_s	b_s		B_n	b_n	
		10^6 m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	10^6 m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	10^6 m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$
2050-2100	0.040	0.12	2.95	94	0.02	0.40	13	0.10	2.55	81
2000-2050	0.120	0.35	2.90	92	0.06	0.50	16	0.29	2.40	76
1950-2000	0.220	0.63	2.85	90	0.13	0.60	19	0.50	2.25	71
1900-1950	0.330	0.92	2.80	89	0.23	0.70	22	0.69	2.10	67
1850-1900	0.510	1.40	2.75	87	0.41	0.80	25	0.99	1.95	62
1800-1850	0.840	2.27	2.70	86	0.84	1.00	32	1.43	1.70	54
1750-1800	0.790	2.09	2.65	84	0.95	1.20	38	1.15	1.45	46
1700-1750	0.650	1.69	2.60	82	0.91	1.40	44	0.78	1.20	38
1650-1700	0.400	1.02	2.55	81	0.64	1.60	51	0.38	0.95	30
1600-1650	0.500	1.23	2.45	78	0.90	1.80	57	0.33	0.65	21
1550-1600	0.360	0.85	2.35	75	0.74	2.05	65	0.11	0.30	10
1500-1550	0.220	0.50	2.25	71	0.51	2.30	73	-0.01	-0.05	-2
1450-1500	0.190	0.41	2.15	68	0.48	2.55	81	-0.08	-0.40	-13
1400-1450	0.080	0.16	2.00	63	0.23	2.85	90	-0.07	-0.85	-27
1350-1400	0.010	0.02	1.85	59	0.03	3.20	101	-0.01	-1.35	-43
1350-2100	5.260	13.66	2.60	82	7.08	1.35	43	6.58	1.25	39

Tabell 7.



Figur 8: Massebalansediagram for Storbreen 1990. Vinterbalansen var rekordstor i alle høydenivå. Den store vinterbalansen var i stor grad årsak til den store positive nettobalansen (+1.25 m v.ek.). Likevektslinjen lå 1530 m o.h.

Mass balance diagram for Storbreen 1990. The winter balance was 2.60 m w.eq. which is the highest winter balance since investigations started in 1948. The summer balance was relatively small and accordingly the glacier experienced a considerable surplus amounting to 1.25 m w.eq., the highest positive net balance ever measured here. The ELA was at 1530 m a.s.l., and the AAR was 92 %.

HELLSTUGUBREEN (002.DHBAZ)

Akkumulasjonsmålingene ble gjort 3. mai. Bare de tre nederste av tilsammen 14 staker hadde overlevd vinteren. Sonderingsforholdene var tildels vanskelige på breens øvre deler. Dette skyldes i første rekke at sommeroverflaten fra 1989 var dårlig utviklet pga. liten avsmelting og flere sommersnøfall. Snødypet ble sondert i 40 punkt langs 4.5 km sonderingsprofiler. Snødypet varierte fra 2 m nederst på breen til over 5 m øverst. På store deler av breen var snødypet rundt 4 meter. Snøprøve ble tatt ned til 4.0 meter 1950 m o.h., og middel-tettheten av snøpakken var der 0.44 g/cm³.

Vinterbalansen ble beregnet til 1.81 m vannekvivalenter (5.4 mill m³). Det er den største vinterbalansen som er målt på Hellstugubreen siden målingene startet i 1962 og 165% av middelveiden for perioden 1962 - 89. Vinterbalansen var 0.19 m større enn i 1989, som da var den største som var målt.

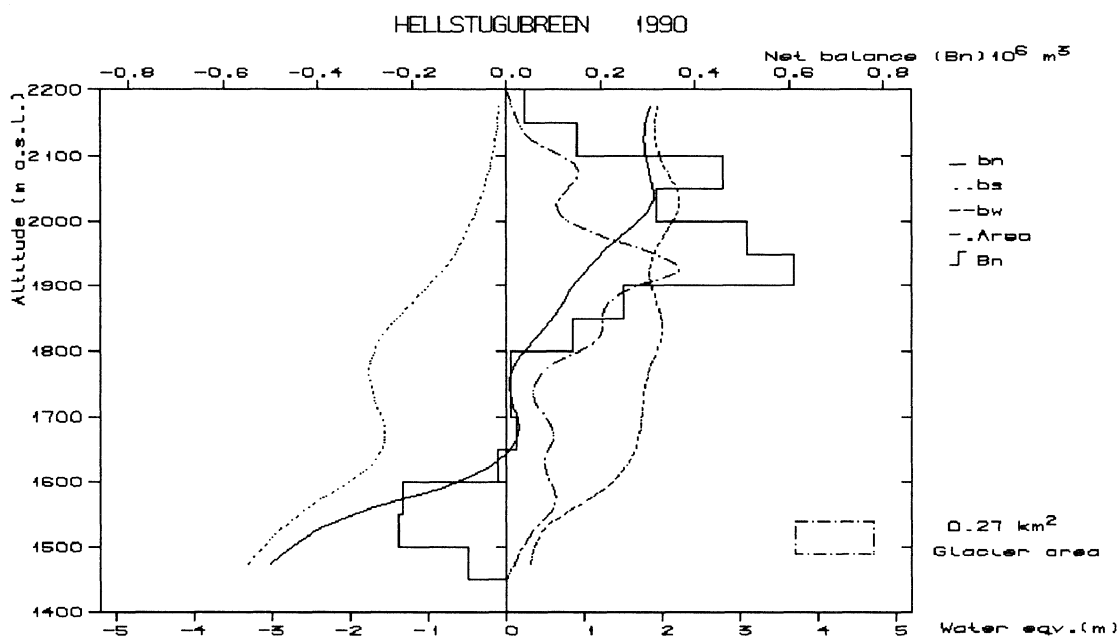
Ved et besøk 19. august ble alle de nedsnødde stakene gjenfunnet. Et par av dem var svært skjeve og måtte skiftes ut.

Minimumsmålingene ble gjort 16. september. Sommerbalansen ble beregnet til 1.15 m vannekvivalenter (3.4 mill m³), og det er 83% av midlere sommerbalanse i måleperioden 1962 - 89. Særlig på breens øvre deler var smeltingen liten; over 2000 m o.h. var den godt under 1 m vannekvivalenter, mens det nederst på bretungen (1500 m o.h.) smeltet snø og is tilsvarende over 3 m vannekvivalenter.

HELLSTUGUBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
2150-2200	0.020	0.04	1.94	62	0.00	0.09	3	0.04	1.85	59
2100-2150	0.084	0.16	1.91	61	0.01	0.14	4	0.15	1.77	56
2050-2100	0.252	0.52	2.07	66	0.06	0.23	7	0.46	1.84	58
2000-2050	0.173	0.38	2.22	70	0.06	0.36	11	0.32	1.86	59
1950-2000	0.351	0.70	1.99	63	0.19	0.55	17	0.51	1.44	46
1900-1950	0.599	1.10	1.84	58	0.49	0.82	26	0.61	1.02	32
1850-1900	0.351	0.68	1.93	61	0.42	1.21	38	0.25	0.72	23
1800-1850	0.326	0.65	2.00	63	0.52	1.58	50	0.14	0.42	13
1750-1800	0.141	0.26	1.84	58	0.25	1.76	56	0.01	0.08	3
1700-1750	0.098	0.17	1.76	56	0.17	1.69	54	0.01	0.07	2
1650-1700	0.163	0.28	1.71	54	0.25	1.56	49	0.02	0.15	5
1600-1650	0.130	0.20	1.55	49	0.23	1.74	55	-0.02	-0.19	-6
1550-1600	0.173	0.19	1.09	35	0.41	2.36	75	-0.22	-1.27	-40
1500-1550	0.093	0.04	0.47	15	0.27	2.91	92	-0.23	-2.44	-77
1450-1500	0.027	0.01	0.30	10	0.09	3.32	105	-0.08	-3.02	-96
1450-2200	2.981	5.38	1.80	57	3.42	1.15	36	1.96	0.65	21

Tabell 8.



Figur 9: Massebalansediagram for Hellstugubreen 1990. Den ujevne vinterbalansekurven skyldes vinddrift. Likevektslinjen lå 1630 m o.h.

Mass balance diagram for Hellstugubreen 1990. The winter balance of 1.81 m w.eq. is the largest ever measured here. The variation in winter balance with elevation is mainly due to snow drift. With a summer balance close to the average, the net balance showed a surplus of 0.66 m w.eq. Only in 1962 and 1989 were there a greater positive net balance. The ELA was 1630 m a.s.l., and the AAR was 87%.

Rekordstor vinternedbør og relativt liten avsmelting førte til et stort masseoverskudd. Nettobalansen ble beregnet til +0.66 meter vannekvivalenter (2.0 mill m^3). Det vil si at 36% av årets vinterbalanse ble liggende igjen. Bare i 1962 og 1989 er det målt større overskudd på Hellstugubreen med hhv. 0.78 og 0.72 meter vannekvivalenter.

Vinter-, sommer- og nettobalansen for hvert enkelt høydeintervall er vist i tabell 7. Likevektlinjen lå 1630 m o.h. iflg. massebalansediagrammet (figur 7), og det er 160 m lavere enn når breen er i balanse.

Frontmålingene viste at brefronten gikk tilbake 8 m i 1990.



Brebord på Hellstugubreen. En stor del av smeltingen på breer skyldes innstråling, og spesielt på blåis som har lav albedo. Is under enn stein vil være beskyttet mot stråling og smelte langsommere enn isen omkring slik at steinen etter hvert kan bli liggende på en ispilar.

Foto: Nils Haakensen.

Ice table at Hellstugubreen. A great deal of ice melt is caused by solar insolation, particularly at the lower part of a glacier where ice is exposed and the albedo is less than on snowcovered areas. The ice under a stone is protected against insolation, and the melting there will be less than on the surrounding areas. With time an ice pillar will develop under the stone.

GRÅSUBREEN (002.DGDC)

Akkumulasjonsmålingene ble utført 5. mai. Bare 5 av i alt 19 staker hadde overlevd vinteren. Sommeroverflaten var stedvis dårlig utviklet, og gjorde enkelte av sonderingene usikre. Snødypet ble sondert i 66 punkter langs 8 km sonderingsprofiler. Snødybden varierte mellom 0.7 og 4.6 meter. Omtrent halvparten av sonderingene var over 3 meter. Pga. mye vind med vinddrift av snø var akkumulasjonen unormalt stor på breens nedre del. Tetthetsprøve ble tatt ned til 2.0 m i høyde 2190 m o.h., og middeltettheten var der 0.44 g/cm³.

Årets vinterbalanse ble beregnet til 1.33 m vannekvivalenter (2.9 mill m³) som er 180% av midlere vinterbalanse i måleperioden 1962 - 89. Bare i 1967 har det vært målt større vinterbalanse på Gråsubreen med 1.45 m vannekvivalenter.

Ved et besøk 21. august ble 18 staker funnet og 2 nye satt ut.

Minimumsmålingene ble utført 23. september. På grunn av en kjølig sommer ble årets smelting relativt liten, og sommerbalansen ble beregnet til 0.60 m vann (1.3 mill m³). Bare 4 ganger tidligere er det målt mindre sommerbalanse på Gråsubreen - siste gang i 1987 med 0.22 m vannekvivalenter.

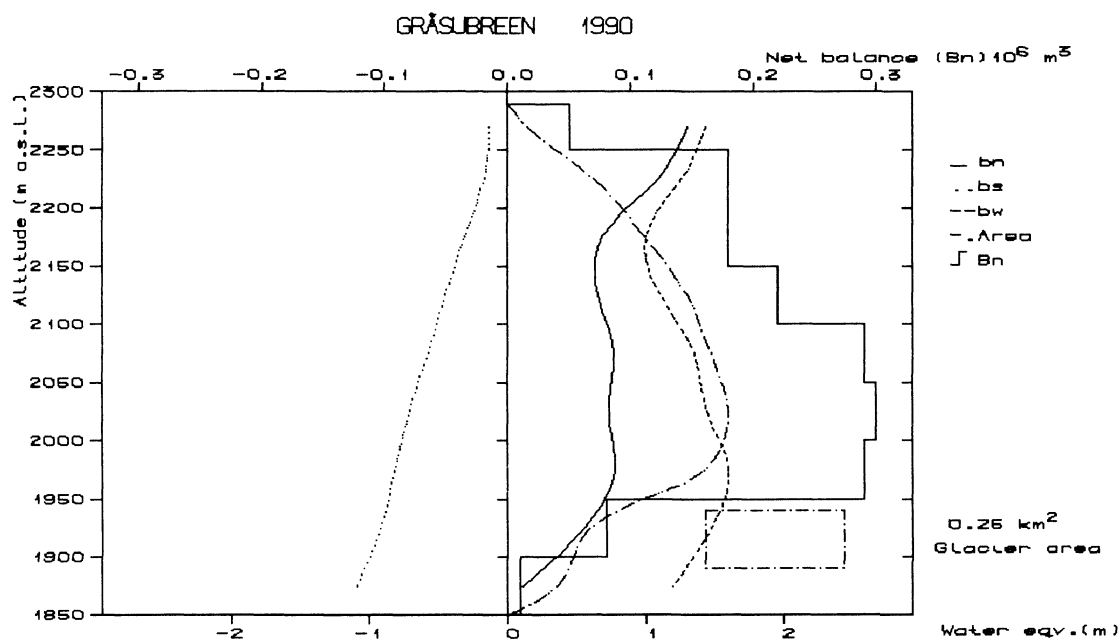
Stor vinterbalanse og liten sommerbalanse medførte et nesten rekordartet masseoverskudd på 0.73 m vann (1.6 mill m³). Det vil si at 55% av årets akkumulasjon ble liggende igjen. Bare i 1962 har det vært målt større nettobalanse med 0.77 m. Midlere nettobalanse i perioden 1962 - 89 er -0.28 m v.ek.

Vinter-, sommer- og nettobalansen i hvert enkelt høydeintervall er vist i tabell 9. Massebalansediagrammet (figur 10) viser at det ble overskudd over hele breen og at likevektslinjen lå under breens laveste nivå som er 1 850 m.

GRAASUBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
2250-2290	0.037	0.05	1.43	45	0.00	0.13	4	0.05	1.30	41
2200-2250	0.162	0.20	1.26	40	0.03	0.17	5	0.18	1.09	35
2150-2200	0.256	0.26	1.00	32	0.08	0.31	10	0.18	0.69	22
2100-2150	0.335	0.37	1.10	35	0.15	0.45	14	0.22	0.65	21
2050-2100	0.380	0.51	1.35	43	0.22	0.58	18	0.29	0.77	24
2000-2050	0.414	0.60	1.44	46	0.29	0.71	23	0.30	0.73	23
1950-2000	0.369	0.59	1.60	51	0.30	0.82	26	0.29	0.78	25
1900-1950	0.154	0.23	1.47	47	0.14	0.92	29	0.08	0.55	17
1850-1900	0.092	0.11	1.20	38	0.10	1.09	35	0.01	0.11	3
1850-2200	2.199	2.92	1.33	42	1.31	0.60	19	1.61	0.73	23

Tabell 9.



Figur 10: Massebalansediagram for Gråsubreen 1990. Gråsubreen er den høestliggende og mest kontinentale av de undersøkte breene i Norge. At vinterbalansen øker med avtagende høyde skyldes at snø blåser av de øverste områdene. Det var netto masseoverskudd på hele breen slik at den teoretiske likevektslinjen ble liggende lavere enn breen. Nettobalansen var + 0.73 m vannekvivalenter.

Mass balance diagram for Gråsubreen 1990. This is the highest situated glacier where mass balance is investigated and the most continental glacier investigated in Southern-Norway. The winter balance increases at lower altitudes because of wind drift. The winter balance was 1.33 m w.eq. Only once (1967) since investigations started here in 1962 a greater winter balance has been measured. The summer balance was less than normal. Consequently the balance year 1989 - 90 became one of the most positive years ever measured (+0.73 m w.eq.). All of the glacier was above the ELA so there was no net ablation at Gråsubreen. The AAR was therefore 100 %.



Tetthetsprøvetaking under akkumulasjonsmåling. Tettheten blir målt i de øverste to metrene av snøpakken og beregnet i dypere lag. I spesielle tilfeller blir tettheten målt i hele snøpakken.
Foto: Hallgeir Elvehøy.

Density measurements are an important part of accumulation measurements. The density is measured in the upper two meters of the snowpack, while it is calculated in the deeper layers. If the winter has been especially mild and humid the density might be measured in the whole snowpack.

AUSTRE OKSTINDBREEN (155.4G)

Massebalansemålinger ble startet på Austre Okstindbreen i 1986 av Geologisk Institutt ved Aarhus Universitet. Undersøkelsene i 1990 er beskrevet i rapporten "Mass balance, meltwater discharge and ice velocity at Austre Okstindbreen, Nordland, Norway 1989-90" fra Geologisk Institut, Aarhus Universitet.

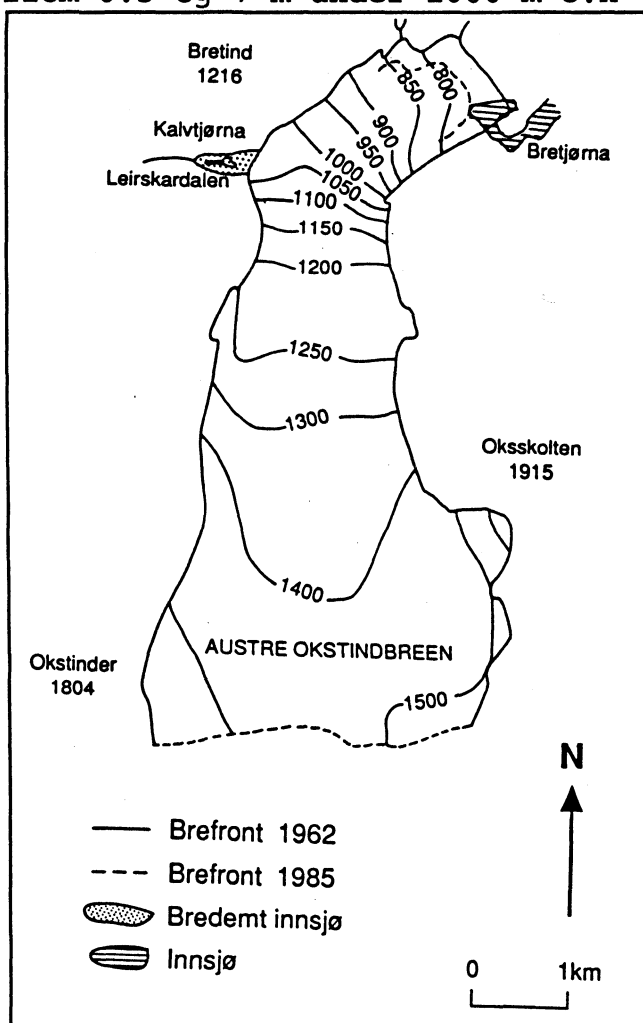
Austre Okstindbreen er den største delen av Okstindbreen som ligger i Korgen i Nordland fylke (figur 11). Austre Okstindbreen dekker et areal på ca 14 km². Breen ble første gang undersøkt i 1908 av Adolf Hoel. Siden har brefronten trukket seg omtrent 1.5 km tilbake og står nå i Bretjørna.

Akkumulasjonsmålingene i 1990 ble gjort i perioden 4. - 8. mai. Fire staker hadde overlevd vinteren. Snødypet ble sondert i ca 80 punkt, og varierte mellom 0.5 og 7 m under 1000 m o.h. og mellom 2 og 8 m over 1200 m o.h. i brefallet mellom 1000 og 1200 m o.h. ble det ikke målt. Det ble tatt tetthetsprøver av snøpakken hhv. 824 m o.h., 1250 m o.h. og 1450 m o.h. Middel-tettheten var hhv. 0.57 ± 0.03 , 0.49 ± 0.02 og 0.47 ± 0.06 g/cm³.

På grunnlag av målingene ble vinterbalansen beregnet til 2.99 meter vannekvivalenter (41.9 mill m³).

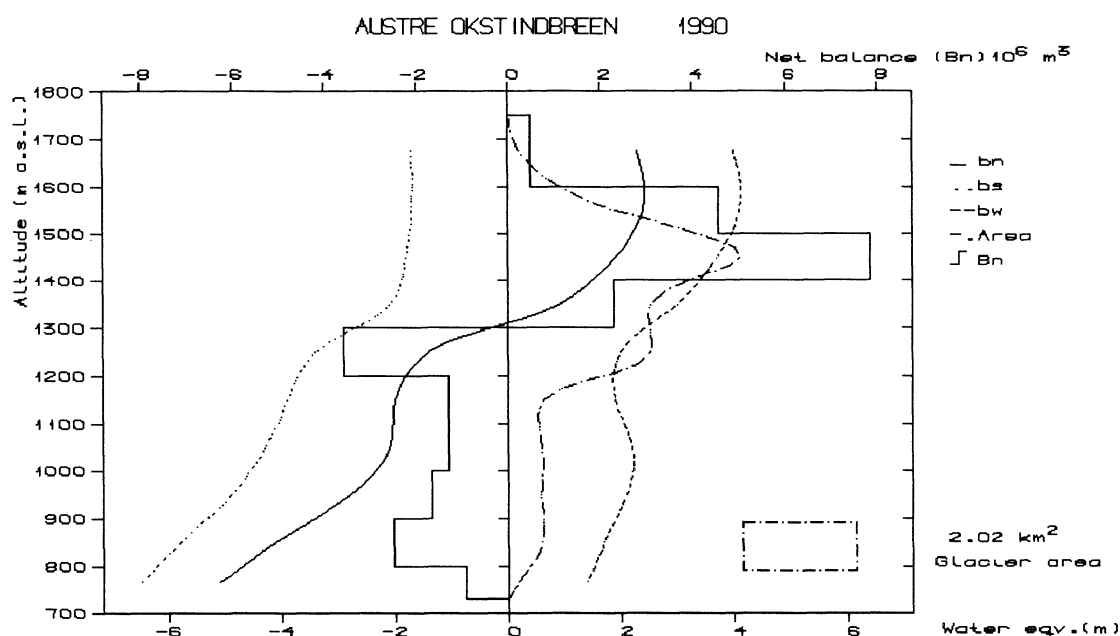
Minimumsmålingene ble gjort 13. - 16. september. Sommerbalansen ble beregnet til 2.70 m vann jevnt fordelt over breoverflaten.

Breen hadde i 1989 - 90 et netto masseoverskudd på 4.0 mill m³ vann. Nettobalansen ble 0.29 m vannekvivalenter i gjennomsnitt for breens overflate. Figur 12 viser vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden, og at likevektslinjen lå 1310 m o.h. Tabell 10 viser verdiene for de enkelte høydenivåene.



Figur 11: Kart over Austre Okstindbreen, Nordland.

Map covering Austre Okstindbreen, a part of the ice cap Okstindbreen in Nordland County.



Figur 12: Massebalansediagram for Austre Okstindbreen 1990. Likevektslinjen lå ca. 1310 m o.h. Mellom 1000 og 1200 m o.h ligger et brefall. Like over brefallet blåser snø vekk slik at vinterbalansen der blir forholdsvis liten sammenlignet med breens øvre deler.

Mass balance diagram for Austre Okstindbreen 1990. Between 1000 and 1200 m a.s.l. is an icefall. The minimum in winter balance above the icefall is due to winddrift. Upstream of the icefall is a large basin where net accumulation takes place. The winter balance was 2.99 m w.eq., and the net balance was + 0.29 m w.eq. The ELA was 1310 m a.s.l., and the AAR was 61%.

AUSTRE OKSTINDBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w 10^6 m^3	b_w m l/s·km ²		B_s 10^6 m^3	b_s m l/s·km ²		B_n 10^6 m^3	b_n m l/s·km ²	
1600-1750	0.210	0.84	4.00	127	0.36	1.70	54	0.48	2.30	73
1500-1600	1.910	7.83	4.10	130	3.25	1.70	54	4.58	2.40	76
1400-1500	4.140	15.32	3.70	117	7.45	1.80	57	7.87	1.90	60
1300-1400	2.560	7.68	3.00	95	5.38	2.10	67	2.30	0.90	29
1200-1300	2.560	5.12	2.00	63	8.70	3.40	108	-3.58	-1.40	-44
1100-1200	0.640	1.22	1.90	60	2.50	3.90	124	-1.28	-2.00	-63
1000-1100	0.610	1.34	2.20	70	2.62	4.30	136	-1.28	-2.10	-67
900-1000	0.590	1.24	2.10	67	2.89	4.90	155	-1.65	-2.80	-89
800-900	0.610	1.04	1.70	54	3.54	5.80	184	-2.50	-4.10	-130
730-800	0.180	0.25	1.40	44	1.17	6.50	206	-0.92	-5.10	-162
730-1750	14.010	41.88	2.99	95	37.86	2.70	86	4.02	0.29	9

Tabell 10

SVARTISHEIBREEN (159.33A)

Massebalansemålinger på Svartisheibreen har pågått siden høsten 1987.

Akkumulasjonsmålingene ble utført i tiden 11. - 12. mai. Ingen staker hadde overlevd vinteren slik at 3 erstatningsstaker måtte settes ut hhv. 840, 940 og 1040 m o.h. Tetthetsprøve ble tatt av hele snøpakken 1040 m o.h. Sonderingsforholdene var vanskelige, og sonderingene ble kontrollert med kjerneboringer. Snødypet varierte fra 4 til 8.5 meter. Vinterbalansen er beregnet til 3.79 m vann (20.8 mill m³) som er litt mer enn i 1989 (3.72 meter).

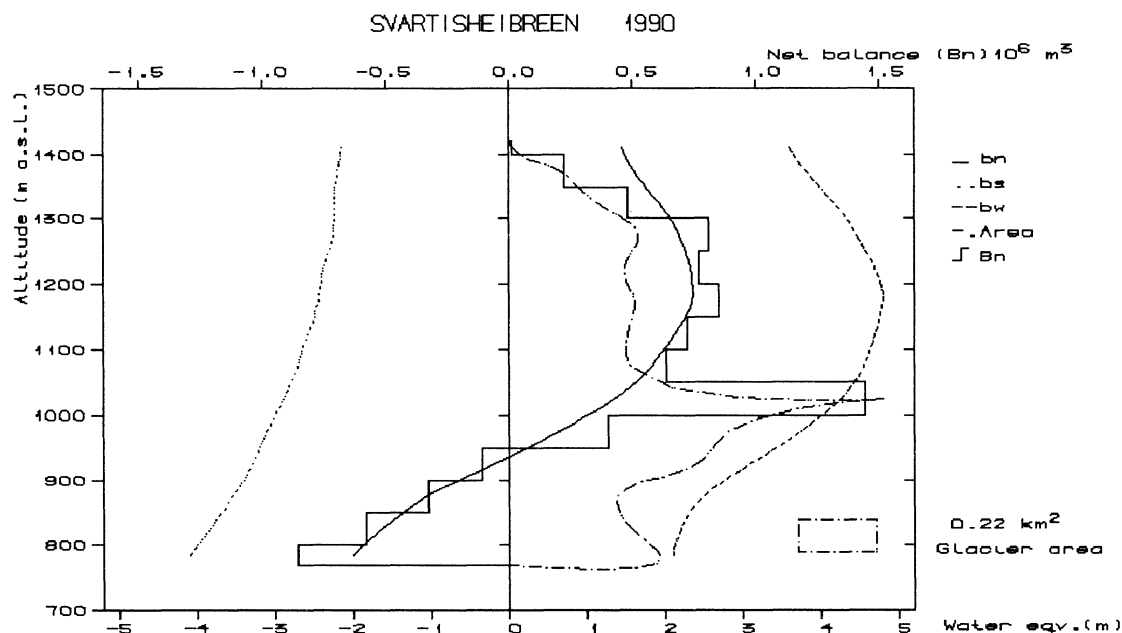
Minimumsmålingene ble gjort den 31. august, men de måtte suppleres en måned senere da godvær førte til betydelig avsmelting også i september. Sommerbalansen ble beregnet til 2.97 m vann (16.3 mill m³) som er det doble av sommerbalansen i 1989.

Nettobalansen for 1990 ble et overskudd på 4.5 mill.m³ vann eller 0.82 m vann jevnt fordelt over hele breens overflate. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 13 og tabell 11. Likevektslinjen lå 930 m o.h.

SVARTISHEIBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		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
1400-1420	0.010	0.04	3.60	114	0.02	2.15	68	0.01	1.45	46
1350-1400	0.140	0.53	3.80	120	0.31	2.20	70	0.22	1.60	51
1300-1350	0.250	1.04	04.17	132	0.56	2.25	71	0.48	1.92	61
1250-1300	0.370	1.65	4.45	141	0.84	2.26	72	0.81	2.19	69
1200-1250	0.330	1.55	4.70	149	0.79	2.38	75	0.77	2.32	74
1150-1200	0.360	1.73	4.80	152	0.88	2.45	78	0.85	2.35	75
1100-1150	0.340	1.60	4.70	149	0.88	2.58	82	0.72	2.12	67
1050-1100	0.350	1.59	4.55	144	0.95	2.72	86	0.64	1.83	58
1000-1050	1.070	4.55	4.25	135	3.10	2.90	92	1.44	1.35	43
950-1000	0.630	2.36	3.75	119	1.96	3.11	99	0.40	0.64	20
900-950	0.540	1.67	3.10	98	1.78	3.30	105	-0.11	-0.20	-6
850-900	0.310	0.78	2.50	79	1.10	3.55	113	-0.33	-1.05	-33
800-850	0.350	0.77	2.20	70	1.35	3.85	122	-0.58	-1.65	-52
770-800	0.430	0.90	2.10	67	1.76	4.10	130	-0.86	-2.00	-63
770-1420	5.480	20.76	3.79	120	16.28	2.97	94	4.48	0.82	26

Tabell 11.



Figur 13: Massebalansediagram for Svartisheibreen 1990. Likevektslinjen lå 930 m o.h. Den avtagende vinterbalansen i de øvre områdene skyldes trolig vinddrift selv om dette området er en bratt skråning og ikke lik toppen av en platåbre (som f.eks Spørteggbreen). Arealkurven viser at en relativt stor del av breens areal ligger rundt 1000 m o.h. Det betyr derfor mye for nettobalansen om likevektslinjen ligger over eller under dette nivået.

Mass balance diagram for Svartisheibreen 1990. The winter balance was 3.79 m w.eq which was about the same as in 1989. The decreasing trend in the upper part of the glacier is probably due to wind drift even though this relatively steep area is a lee-slope for prevailing winds. The topography is very different from dome shaped glaciers such as Spørteggbreen (figure 6) where the effect of wind drift is important. The net balance for 1990 was 0.82 m w.eq. The ELA was 930 m a.s.l., and the AAR was 74 %. A large part of the glacier area is located around 1000 m a.s.l. Consequently the ELA strongly influences the average net balance.

ENGABREEN (159.81)

Akkumulasjonsmålingene ble utført 12. - 16. mai. De to tårnene ble gjenfunnet og var til stor hjelp ved definering av sommeroverflaten som stedvis var dårlig utviklet. Snødypet ble målt i 85 punkt langs 15 km sonderingsprofiler samt 6 kjerneboringer. På breens høyeste områder ble sonderingene foretatt til et islag som lå 75 - 140 cm over sommeroverflaten. Det ble satt ut 6 erstatningsstaker.

Over 1250 m o.h. var snødypet stort sett 8 - 9 meter. Under 1250 m o.h. var snødypet 6.5 - 7.5 meter. Under 500 m o.h. var breen snøfri da akkumulasjonsmålingene ble foretatt. På bretungen ble fire målewirer målt. Det hadde der smeltet ca 0.5 m is i løpet av vinteren. Tetthetsprøver ble tatt to steder, 1170 m o.h. og 1350 m o.h. Middeltettheten var hhv. 0.52 og 0.48 g/cm³.

Årsaken til at tettheten var størst 1170 m o.h., selv om snødypet der var mindre var trolig at nedbøren der flere ganger kom som regn gjennom den uvanlig milde vinteren 1989 - 90.

Minimumsmålingene ble gjort 31. august. Det lå igjen opp til 4.5 m snø i breens øverste områder. Snøgrensen lå da ca 1000 m o.h. Den 30. september ble det gjort en ekstra måling av smeltingen pga. at september var uvanlig varm.

Vinterbalansen ble beregnet til 3.49 m vannekvivalenter (132.7 mill m³), som er 118% av midlere vinterbalanse i perioden 1970 - 89. Bare i 5 av 22 år er det målt større vinterbalanse.

ENGABREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1500-1594	0.12	0.46	3.86	122	0.14	1.18	37	0.32	2.68	85
1400-1500	2.51	10.12	4.03	128	3.51	1.40	44	6.60	2.63	83
1300-1400	9.35	38.15	4.08	129	15.43	1.65	52	22.72	2.43	77
1200-1300	8.55	33.52	3.92	124	16.76	1.96	62	16.76	1.96	62
1100-1200	7.60	27.36	3.60	114	18.39	2.42	77	8.97	1.18	37
1000-1100	4.66	15.01	3.22	102	14.26	3.06	97	0.75	0.16	5
900-1000	2.46	6.35	2.58	82	10.73	4.36	138	-4.38	-1.78	-56
800-900	0.94	1.34	1.43	45	5.21	5.54	176	-3.86	-4.11	-130
700-800	0.50	0.33	0.65	21	3.40	6.80	216	-3.08	-6.15	-195
600-700	0.37	0.11	0.30	10	2.89	7.82	248	-2.78	-7.52	-238
500-600	0.27	0.05	0.18	6	2.35	8.72	277	-2.31	-8.54	-271
400-500	0.21	-0.00	-0.02	-1	2.01	9.55	303	-2.01	-9.57	-303
300-400	0.17	-0.02	-0.10	-3	1.76	10.37	329	-1.78	-10.47	-332
200-300	0.22	-0.06	-0.25	-8	2.49	11.30	358	-2.54	-11.55	-366
40-200	0.09	-0.04	-0.40	-13	1.15	12.75	404	-1.18	-13.15	-417
40-1594	38.02	132.68	3.49	111	100.48	2.64	84	32.20	0.85	27

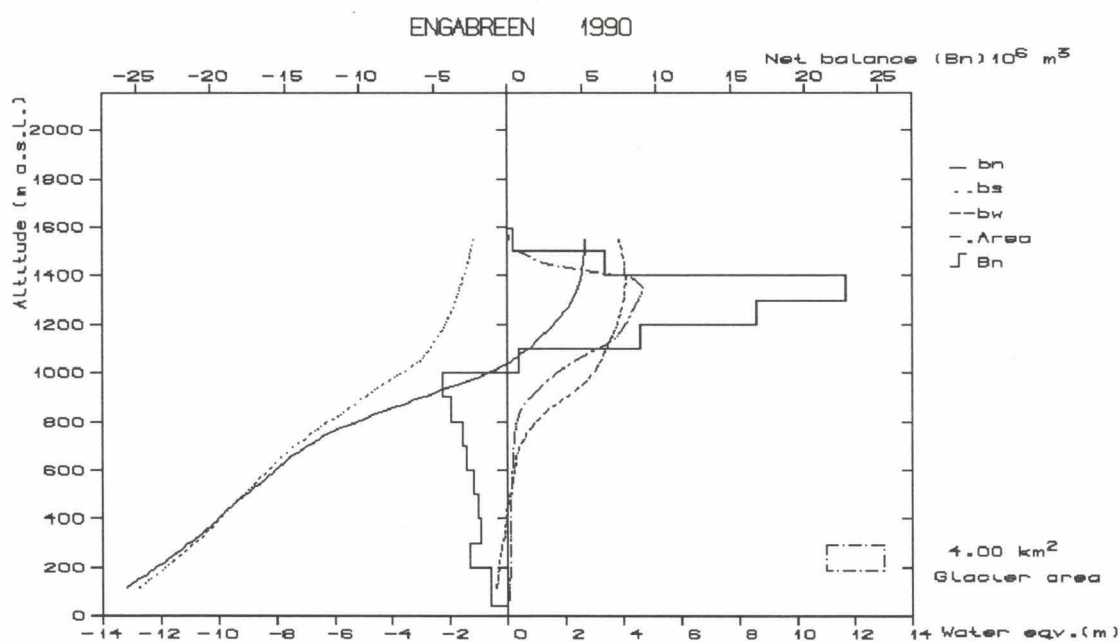
Tabell 12.

Sommerbalansen ble beregnet til 2.64 m vannekvivalenter (100.5 mill m^3), og det er 115% av middelveiden for måleperioden.

Nettobalansen på Engabreen ble beregnet til +0.82 meter vann fordelt over breoverflaten, mens middelveiden for måleperioden er +0.67 meter. Til tross for at sommerbalansen var over det normale, ble 25% av årets akkumulasjon liggende igjen på breen. Siden massebalansemålingene startet på Engabreen i 1970, er det beregnet et samlet masseoverskudd på over 14 m vannekvivalenter.

Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 14 og tabell 12. Likevektslinjen lå 1020 m o.h.

Den varme sommeren 1990 førte til en betydelig tilbaketrekning av fronten til Engabreen. Siden 1984 hadde breen trukket seg tilbake ca 130 meter. Brefronten hadde ikke vært så langt tilbake noen gang etter maksimalutbredelsen i "den lille istid" rundt 1750.



Figur 14: Massebalansediagram for Engabreen 1990. På breens nederste del kom det meste av vinternedbøren som regn. Likevektslinjen lå 1020 m o.h.

Mass balance and area distribution curves for Engabreen 1990. The area distribution is typical for outlet glaciers from ice caps. Only 5% of the glacier's area is below 800 m a.s.l. The winter balance was 3.49 m w.eq. Above 1200 m a.s.l. the accumulation was heavy, while the lower parts had little snow accumulation due to a very mild winter. The net balance was a surplus of 0.85 m w.eq. The ELA was 1020 m a.s.l., and the AAR was 84%.

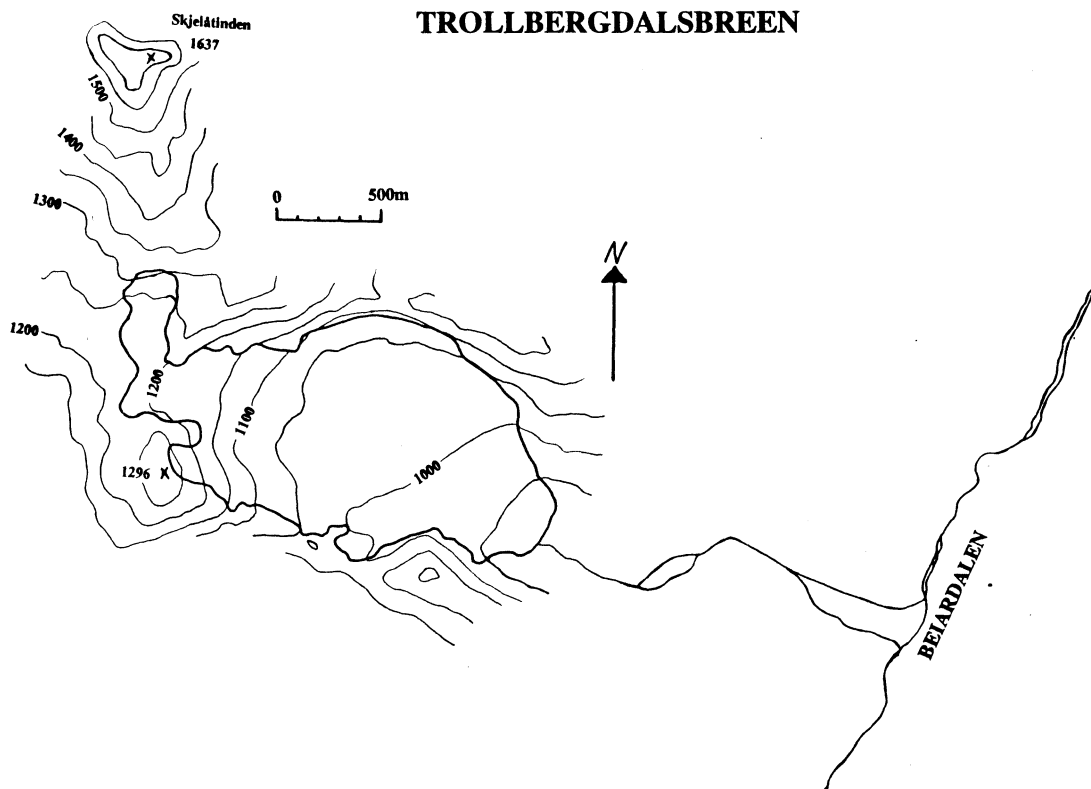
TROLLBERGDALSMBREEN (161.F)

Det ble gjort massebalansemlålinger på Trollbergdalsmbreen i Beiaren i perioden 1970 - 75. Disse målingene ble gjennoptatt i 1990. Trollbergdalsmbreen er en liten botnbre som dekker et areal på ca 1.8 km² (figur 15).

Målingene startet med akkumulasjonsmålinger 13. - 14. mai 1990. Det ble satt ut 4 staker på hhv. 945, 995, 1040 og 1160 m o. h. Snøtettheten ble målt 1160 m o.h. Sommeroverflaten var stort sett enkel å definere ved sonderinger. Vinterbalansen er beregnet til 3.05 m vann (5.6 mill m³) som tilsvarer 126% av gjennomsnittet målt i perioden 1970 - 75.

Minimumsmålinger ble utført den 30. august. Pga. stor avsmelting også i september er disse målingene justert på grunnlag av tilleggsmålinger foretatt på Svartisheibreen og Engabreen. Sommerbalansen er beregnet til 3.17 m vann (5.8 mill m³), som er lik gjennomsnittet i perioden 1970 - 75.

Breens nettobalanse er beregnet til -0.12 m vann jevnt fordelt over hele breens overflate. Gjennomsnittet for perioden 1970 - 75 er -0.66 m. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 16 og i tabell 13. Likevektslinjen lå 1060 m o.h.



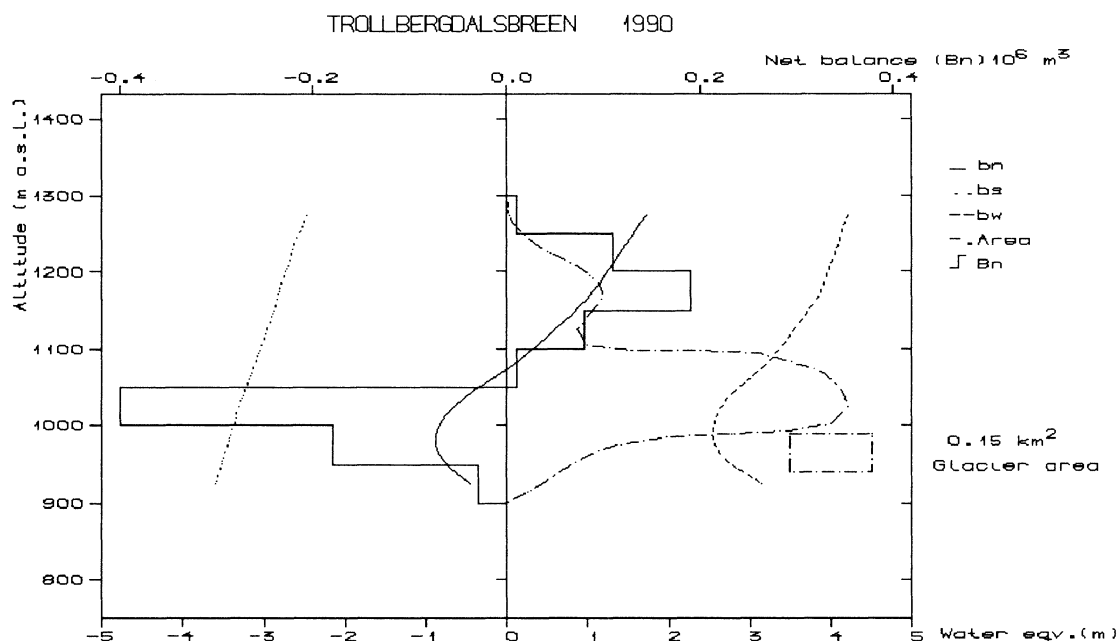
Figur 15: Kart over Trollbergdalsmbreen fra 1984.

Map of Trollbergdalsmbreen from 1984.

TROLLBERGDALSBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1250-1300	0.005	0.02	4.20	133	0.01	2.47	78	0.01	1.73	55
1200-1250	0.080	0.32	4.05	128	0.21	2.65	84	0.11	1.40	44
1150-1200	0.173	0.67	3.87	123	0.48	2.80	89	0.19	1.07	34
1100-1150	0.128	0.45	3.55	113	0.38	2.95	94	0.08	0.60	19
1050-1100	0.556	1.75	3.15	100	1.74	3.13	99	0.01	0.02	1
1000-1050	0.615	1.63	2.65	84	2.03	3.30	105	-0.40	-0.65	-21
950-1000	0.199	0.51	2.57	81	0.69	3.45	109	-0.18	-0.88	-28
900-950	0.063	0.20	3.15	100	0.23	3.60	114	-0.03	-0.45	-14
900-1300	1.819	5.55	3.05	97	5.77	3.17	101	-0.22	-0.12	-4

Tabell 13.



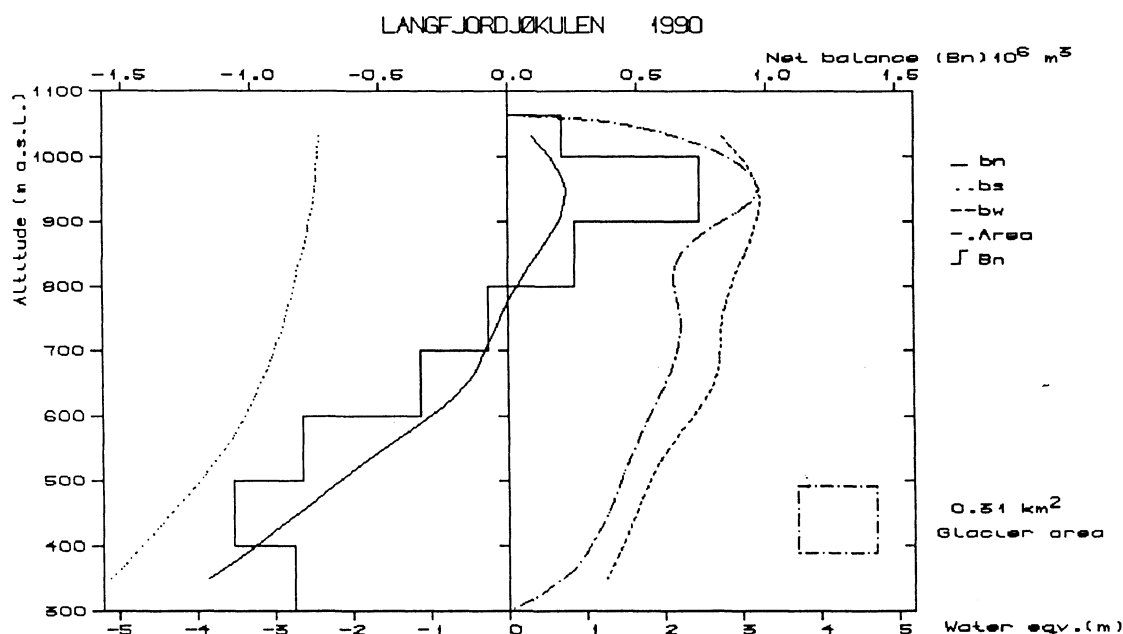
Figur 16: Massebalansediagram for Trollbergdalsbreen 1990. Likevektslinjen lå 1060 m o.h. Arealfordelingskurven viser at en stor del av breens areal ligger mellom 1000 og 1100 m o.h. Små forskyvninger i likevektslinjen i dette området vil derfor føre til store endringer i nettobalansen.

Mass balance diagram for Trollbergdalsbreen 1990. The mass balance of Trollbergdalsbreen was measured between 1970 and 1976. In 1990 these measurements were continued. The area distribution curve shows that a large part of the glacier's area is between 1000 and 1100 m a.s.l. Thus a minor shift in ELA can induce a major shift in net balance. In 1990 the ELA was 1060 m a.s.l., and the AAR was 59%.

LANGFJORDJØKULEN (211.33A)

Langfjordjøkulen ligger på grensen mellom Troms og Finnmark og er en av Norges nordligste breer. Massebalansemålinger ble startet i 1989 (V-Publikasjon nr. 11, 1991).

Akkumulasjonsmålingene ble utført den 24. mai. Alle 3 stakene fra året før var nedsnødd. Staken på toppen ble funnet ved radiopeiling, og snødypet ble bestemt ved smelteboring ned til netting som var utlagt rundt staken høsten før. Sonderingsforholdene var stort sett gode med påvisbar sommeroverflate fra sommeren 1989, dog var det enkelte vanskeligheter i området like nedenfor toppen. Snødypet varierte mellom ca 3 m nederst på breen til rundt 7 m i områdene litt nedenfor toppen. På toppen, hvor snøen lett blåser av, var snødypet 5.80 meter. Tetthetsprøve ble tatt ned til sommeroverflaten på breens høyeste punkt (1062 m o.h.). Middeltettheten var 0.43 g/cm^3 .



Figur 17: Massebalansediagram for Langfjordjøkulen 1990. Nettobalansen var -0.40 m vannekvivalenter. Langfjordjøkulen var sammen med Trollbergdalsbreen de eneste målte breene som hadde negativ nettobalanse. Likevektslinjen lå 780 m o.h.

Mass balance diagram for Langfjordjøkulen 1990. Langfjordjøkulen is the northernmost measured glacier. There is a significant difference in climate between Langfjordjøkulen and the Svartisen area. At Langfjordjøkulen the climate is more influenced by the Barents Sea, and a greater part of the precipitation comes from north west than for the glaciers further south. Langfjordjøkulen and Trollbergdalsbreen were the only glaciers with a negative net balance in 1990. The ELA was 780 m a.s.l., and the AAR was 53%.

Vinterbalansen ble beregnet til 2.64 meter vannekvivalenter (12.7 mill m³) og det er litt mer enn i 1989 da den ble beregnet til 2.40 meter.

Minimumsmålingene ble gjort 5. september. Samtlige staker ble funnet. Sommerbalansen varierte fra rundt 2.5 meter øverst på breen til over 5 meter nederst. For hele breen var den 3.04 meter vannekvivalenter (14.6 mill m³) og det er det samme som i 1989.

På ytre strøk av Troms og Vest-Finnmark var temperaturen i september betydelig (2-3°C) høyere enn normalt og lå rundt 10°C. Det er det samme som normaltemperaturen i august. Med en vertikal temperaturgradient på 0.6°C pr 100 m vil det si at middeltemperaturen på Langfjordjøkulen i september var 8°C nederst på breen og 4°C øverst. Den første tredjedelen av september lå endog middeltemperaturen på kysten rundt 12-13°C, og maksimumtemperaturen helt opp mot 20°C. Fordi september måned var relativt varm i Nord-Norge, og minimumsmålingene ble gjort tidlig er det sannsynlig at sommerbalansen er noe underestimert.

Målingene viser at Langfjordjøkulen hadde et masseunderskudd på 0.40 meter vannekvivalenter fordelt over hele breens overflate. I 1989 var underskuddet på 0.57 meter vann. Med en antatt usikkerhet i vinter- og sommerbalansen på ± 10% samt at minimumsmålingene i 1991 ble gjort tidlig på høsten, er ikke resultatene fra 1989 og 1990 signifikant forskjellige. Massebalanseresultatene for hvert enkelt høydeintervall er vist i tabell 14 og massebalansediagrammet er vist i figur 17. Likevektslinjen lå 780 m o.h., og det er 80 m lavere enn i 1989. Langfjordjøkulen er den eneste av de målte breene i Norge som hadde underskudd i 1990.

LANGFJORDJØKULEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1000-1062	0.668	1.83	2.74	87	1.62	2.43	77	0.21	0.31	10
900-1000	1.005	3.24	3.22	102	2.49	2.48	79	0.74	0.74	23
800-900	0.691	2.09	3.03	96	1.83	2.65	84	0.26	0.38	12
700-800	0.691	1.90	2.75	87	1.98	2.87	91	-0.08	-0.12	-4
600-700	0.628	1.66	2.64	84	2.00	3.18	101	-0.34	-0.54	-17
500-600	0.503	1.03	2.05	65	1.84	3.65	116	-0.80	-1.60	-51
400-500	0.396	0.65	1.63	52	1.71	4.33	137	-1.07	-2.70	-86
300-400	0.215	0.27	1.26	40	1.10	5.12	162	-0.83	-3.86	-122
300-1062	4.797	12.67	2.64	84	14.57	3.04	96	-1.90	-0.40	-12

Tabell 14.

Som massebalansediagrammet på figur 17 viser, er sommerbalansen 880 m o.h. bare ubetydelig større enn på toppen. I 1989 var det ingen stake mellom toppen og 660 m o.h. Interpolasjon ga derfor en helt annen form på sommerbalansekurven for 1989 enn for 1990. Det er derfor mulig at sommerbalansen i 1989 ble beregnet for høy, og dermed nettobalansen for lav.

Snøkart fra Meteorologisk Institutt viser at snøakkumulasjonen var ca 140% av det normale i 800 - 1200 m nivå i 1990. Tilsvarende tall for 1989 var ca 160%. Klimatisk måneds-oversikt fra Meteorologisk Institutt viser dessuten at både sommeren 1989 og spesielt 1990 var varmere enn normalt. Det er derfor grunn til å regne med at både sommer- og vinterbalansen på Langfjordjøkulen var større enn normalt både i 1989 og 1990. Det er derfor vanskelig å si noe om hvordan resultatet for Langfjordjøkulen er i forhold til et normalår.

Andre breundersøkelser

Under akkumulasjonsmålingene i mai 1990 ble det satt ut 3 termistorer ved stake 20 (660 m o.h.), den dypeste ca 10 m nede i isen. De ble målt i september. To av dem lå da fremdeles nede i isen, og begge viste temperaturer rundt 0°C. Dette indikerer at Langfjordjøkulen er en temperert bre.

SAMMENDRAG 1990

Balanseåret 1989 - 90 ble på mange måter likt året 1988 - 89 med tildels rekordmessig akkumulasjon og relativt liten avsmelting de fleste steder, dog ikke så liten som i 1989. I tabell 15 er resultatene fra alle de målte breene samlet.

I Sør-Norge var akkumulasjonen 150 - 190% av middelveiden for de årene målingene har pågått. På Ålfotbreen var akkumulasjonen hele 5.98 m vannekvivalenter mot 5.20 m året før, som da var rekord. Også for Hardangerjøkulen, Storbreen og Hellstugubreen var det ny rekord. Nigardsbreen hadde større akkumulasjon i 1989. I Svartisenområdet var akkumulasjonen mer moderat. Engabreen hadde 125% av middelveiden for 20 års målinger.

De mest maritime av de målte breene, Ålfotbreen og Engabreen, hadde en sommerbalanse over middelveiden, men allikevel ble det stort overskudd på begge breene. De andre breene i Sør-Norge hadde en sommerbalanse på 80 - 90% av middel, for Gråsubreen var det bare 60%. Dette medførte at alle de nevnte breene hadde et forholdsvis stort overskudd, og 30 - 55% av årets akkumulasjon ble liggende igjen.

Måleresultatene fra Spørteggbreen og Austdalsbreen i Jostedalsområdet, samt Svartisheibreen på Svartisen viser tilsvarende resultat. På disse breene er imidlertid måleseriene bare 2 - 3 år. Austre Okstindbreen og Trollbergdalsbreen, som begge er mer kontinentale, var omtrent i balanse. Bare den nordligste av de undersøkte breene, Langfjordjøkulen, hadde underskudd i 1990. Der skyldtes underskuddet primært stor avsmelting pga. lang ablasjonssesong.

Bre	Areal	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse			ELA
	S km ²	B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	b _w l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	b _s l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	b _n l/s·km ²	m o.h.
Ålfotbreen	4.8	28.80	5.98	190	20.18	4.19	133	8.62	1.79	57	990
Nigardsbreen	47.8	168.15	3.52	112	83.86	1.75	55	84.29	1.77	57	1430
Austdalsbreen ^{*)}	12.0	43.58	3.65	116	29.22	2.45	78	14.36	1.20	38	1310
Spørteggbreen	27.9	93.39	3.34	106	64.99	2.33	74	28.40	1.01	32	1390
Hardangerjøkulen	17.2	62.66	3.65	116	29.58	1.72	55	33.08	1.93	61	1450
Storbreen ^{**)}	5.3	13.66	2.60	82	7.08	1.35	43	6.58	1.25	39	1530
Hellstugubreen	3.0	5.38	1.81	57	3.42	1.15	36	1.96	0.66	21	1630
Gråsubreen	2.2	2.92	1.33	42	1.31	0.60	19	1.61	0.73	23	<1850
A. Okstindbreen ^{***)}	14.0	41.88	2.99	95	37.86	2.70	86	4.02	0.29	9	1310
Svartisheibreen	5.5	20.76	3.79	120	16.28	2.97	94	4.48	0.82	26	930
Engabreen	38.0	132.68	3.49	111	100.48	2.64	84	32.20	0.85	27	1020
Trollbergdalsbreen	1.8	5.55	3.05	97	5.77	3.17	101	-0.22	-0.12	-4	1060
Langfjordjøkulen	4.8	12.67	2.64	84	14.57	3.04	96	-1.90	-0.40	-12	780

^{*)} kalving utgjorde 2.7 mill m³ av B_s og B_n ^{**)} Norsk Polarinstitut ^{***)} Universitetet i Århus

Tabell 15.

INNLEDNING - 1991

I 1991 ble massebalansen målt på 14 breer. Massebalanse-målinger ble gjenopptatt på Storsteinsfjellbreen i Skjomen i Nordland der det ble målt i perioden 1964 - 1968. Målingene på Spørteggbreen ble avsluttet med minimumsmålinger høsten 1991. Det ble målt i 4 år på denne breen. Beliggenheten til de undersøkte breene er vist på figur 1.

Metrologiske forhold i balanseåret 1990 - 91.

I Sør-Norge startet akkumulasjonssesongen i september 1990 som var noe kaldere enn normalt. Noe snø smeltet under en uke med uvanlig varmt vær midt i oktober. November og februar hadde nedbør under det normale, mens desember og januar hadde noe over. De andre månedene fra september til og med mai hadde nær normale nedbørforhold i breområdene i Sør-Norge. Både mai og juni hadde til dels rekordmessig lav middeltemperatur slik at akkumulasjonssesongen ble noe lenger enn vanlig. Dette gjelder spesielt Ålfotbreen.

I Nord-Norge startet akkumulasjonssesongen sent p.g.a. at september var svært mild. Spesielt gjaldt det Langfjord-jøkelen. I oktober var det lite nedbør i hele Nord-Norge men forholdsvis mest lengst i nord. Resten av vinteren hadde lite nedbør.

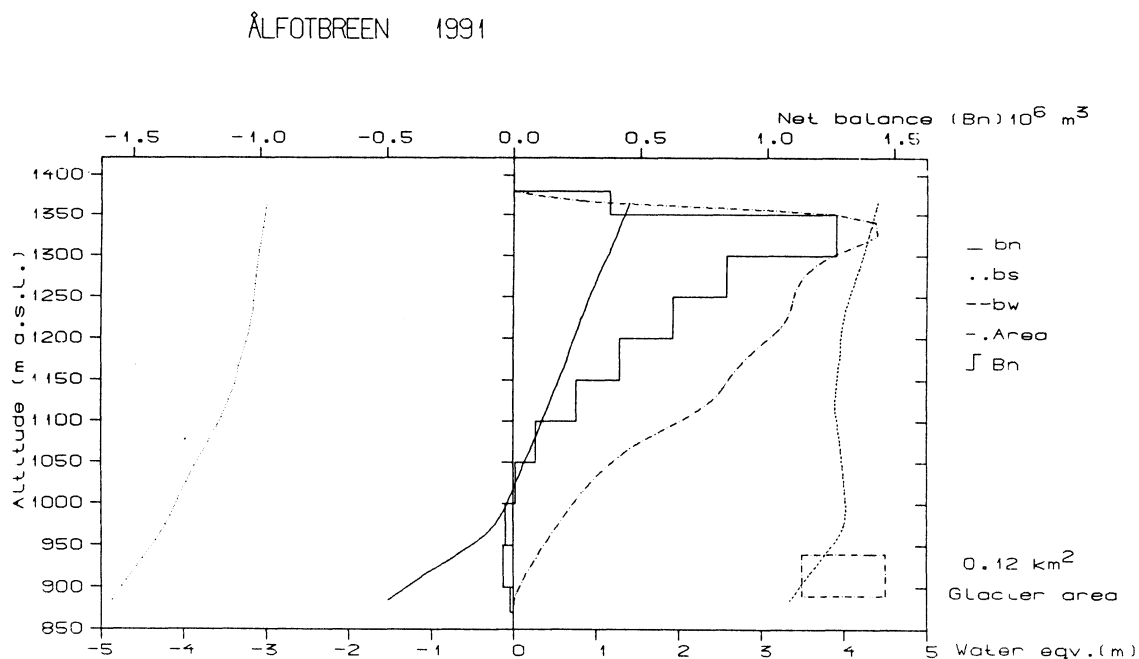
Smeltingen startet sent i Sør-Norge p.g.a. lav middeltemperatur i juni. Juli derimot var så varm at flere stasjoner kunne notere den høyeste middeltemperaturen siden 1955. I Nord-Norge var det omvendt - juni var varm og juli var kald. I august var temperaturen nær eller litt over det normale i hele landet.

ÅLFOTBREEN (086.6C1B)

Ålfotbreen ble besøkt 4 ganger i løpet av 1991. Ved et besøk 13. februar var alle stakene unntatt den nederste nedsnødd.

Akkumulasjonsmålingene ble utført 12. - 15. april. Det ble sondert i 67 punkt, og snødypet var mellom 6 og 8 meter. Over 1300 m o.h. var sommeroverflaten vanskelig å identifisere, men lengre nede var den stort sett tydelig. Det ble tatt en tethetsprøve 1210 m o.h. ned til sommeroverflaten på 5.55 meter. Det var god overensstemmelse mellom sondering og kjerne.

Ved et sommerbesøk 25. juli ble stakene ettersett og målt. Stakene var da blitt 1.5 - 2.5 meter lengre.



Figur 18: Massebalansediagram for Ålfotbreen 1991. Likevektslinjen lå 1035 m o.h. slik at det var netto akkumulasjon på 94% av breens areal. Ålfotbreen var den av de målte breene som hadde størst masseoverskudd (0.79 m vannekvivalenter).

Mass balance diagram for Ålfotbreen 1991. The winter balance was 4.09 m w.eq. which is close to the mean for the period 1963 - 90. Due to wind drift the winter balance is very even distributed over the glacier area. The net balance was 0.79 m w.eq. which was the largest positive net balance on the measured glaciers in 1991. The ELA was 1035 m a.s.l. which corresponds to an AAR of 94%.

Minimumsmålingene ble gjort 27. oktober. Ablasjonen gjennom sommeren ble målt på 5 staker, og 7 staker viste forandringen fra høsten 1990.

Akkumulasjonsmålingene ble gjort relativt tidlig, og kraftig snøfall i slutten av april og i mai kom derfor ikke med. Denne tilleggsakkumulasjonen ble estimert på grunnlag av nedbørmålinger i Grøndalen like sør for Ålfotbreen, temperatur- og nedbørdata fra klimastasjonene Førde og Sandane samt erfaring. Det estimerte tillegget tilsvarende 0.3 til 0.5 meter vann; mest øverst på breen.

Vinterbalansen er etter dette beregnet til 4.09 meter vann fordelt over breoverflaten (19.7 mill m³). Det er 113% av gjennomsnittet for perioden 1963 - 90.

Sommerbalansen er beregnet til 3.30 meter vann (15.9 mill m³) som er 99% av gjennomsnittet for perioden 1963 - 90.

ÅLFOTBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1350-1380	0.274	1.21	4.40	140	0.82	3.00	95	0.38	1.40	44
1300-1350	1.015	4.36	4.30	136	3.10	3.05	97	1.27	1.25	40
1250-1300	0.811	3.37	4.15	132	2.53	3.12	99	0.84	1.03	33
1200-1250	0.765	3.06	4.00	127	2.43	3.17	101	0.64	0.83	26
1150-1200	0.649	2.56	3.95	125	2.14	3.30	105	0.42	0.65	21
1100-1150	0.553	2.16	3.90	124	1.91	3.45	109	0.25	0.45	14
1050-1100	0.356	1.41	3.95	125	1.32	3.70	117	0.09	0.25	8
1000-1050	0.216	0.86	4.00	127	0.86	3.97	126	0.01	0.03	1
950-1000	0.125	0.50	4.00	127	0.53	4.22	134	-0.03	-0.22	-7
900-950	0.047	0.17	3.65	116	0.21	4.57	145	-0.04	-0.92	-29
870-900	0.004	0.01	3.35	106	0.02	4.87	154	-0.01	-1.52	-48
870-1380	4.815	19.67	4.09	130	15.87	3.30	105	3.80	0.79	25

Tabell 16.

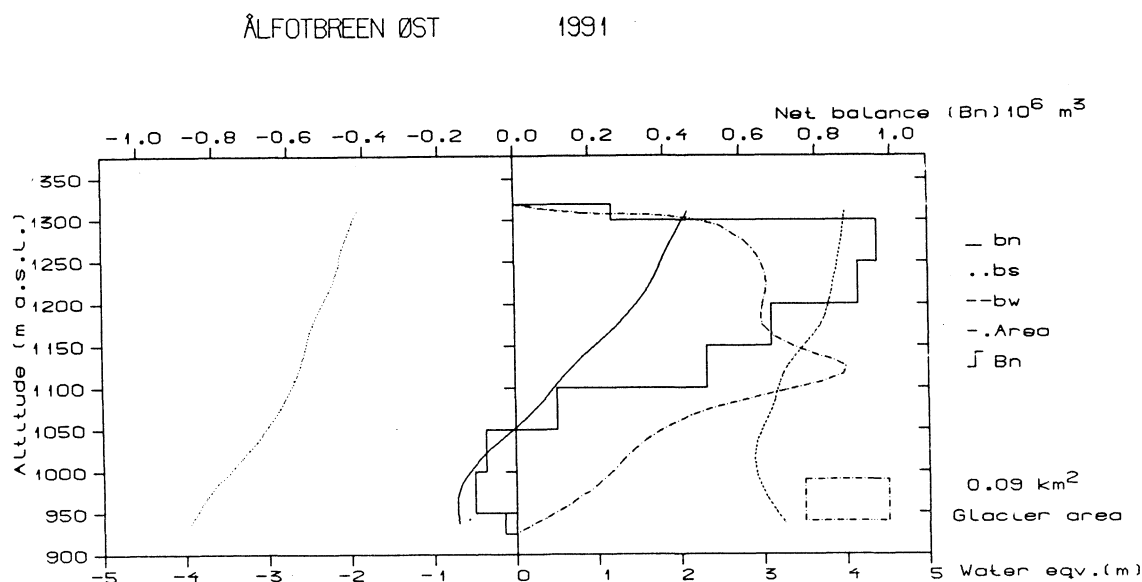


Avsmelting ved likevektslinjen på Ålfotbreen. Årslag i breens ablasjonsområde vises svært tydelig. De mørke lagene er sommeroverflater.

Foto: Nils Haakensen.

Ablation features on Ålfotbreen glacier. Annual layers are clearly visible in the ablation area. The dark stripes are summer surfaces.

Nettobalansen for Ålfotbreen ble med det + 0.79 meter vann fordelt over breens overflate. Breen holdt tilbake 3.8 mill. m³ vann fra vassdraget. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist i tabell 16 og figur 18. Likevektslinjen lå 1035 m o.h.



Massebalansediagram for en del av Ålfotbreen som dekker et areal på 3.23 km². Det blir vanligvis ikke målt på denne delen av Ålfotbreen, men i 1991 ble det gjort noen sonderinger, og b_w og b_n ble målt på to staker. Materialomsetningen er betydelig mindre enn på den vestlige delen (figur 18) enda de to brefeltene grenser til hverandre. Vinterbalansen var 3.51 m vannekvivalenter (86% av b_w på den vestlige delen) og nettobalansen var +0.96 m vannekvivalenter mot +0.79 på den vestlige. Likevektslinjen lå 1050 m o.h mot 1035 m o.h. på den vestlige delen.

Mass balance diagram for an eastern part of Ålfotbreen glacier (neighbour glacier to the one shown in figure 18). This glacier covers an area of 3.23 km². In 1991 some soundings were performed, and b_w and b_n were measured on two stakes. The winter balance was 3.51 m w.eq. which is 86% of the b_w on the western part. The net balance was +0.96 m w.eq. while the western part had a net balance of +0.79 m w.eq. This large positive net balance (largest among the measured glaciers) is probably caused by a very late start of the melt season. Due to its low altitude (925 - 1320 m a.s.l.) melting usually starts 3 - 4 weeks earlier on Ålfotbreen than on other glaciers. In 1991 it started almost simultaneously. At the eastern part of Ålfotbreen the ELA was 1050 m a.s.l. which corresponds to an AAR of 86%.

NIGARDSBREEN (076.EZ)

Akkumulasjonsmålingene ble utført perioden 1. - 4. mai. Snø-dypet ble sondert i 63 punkt. Sommeroverflaten fra 1990 var lett å påvise, og det var god overenstemmelse mellom sonderingene og snødypet målt på to tårn og to staker. Snødypet var 4 - 6 meter over 1500 m o.h., 3.5 meter ved 1000 m o.h., og rundt 0.4 meter 550 m o.h. Det ble tatt en tetthetsprøve ned til sommeroverflaten på 5.45 meter 1800 m o.h. Middeltettheten var 0.47 g/cm³.

Minimumsmålingene ble gjort 27. - 29. september. En wire 550 m o.h. ble funnet - en annen wire 1000 m o.h. var snødd ned. Dessuten ble to tårn og to staker målt og ettersett. Det var da kommet opptil 1.4 meter nysnø.

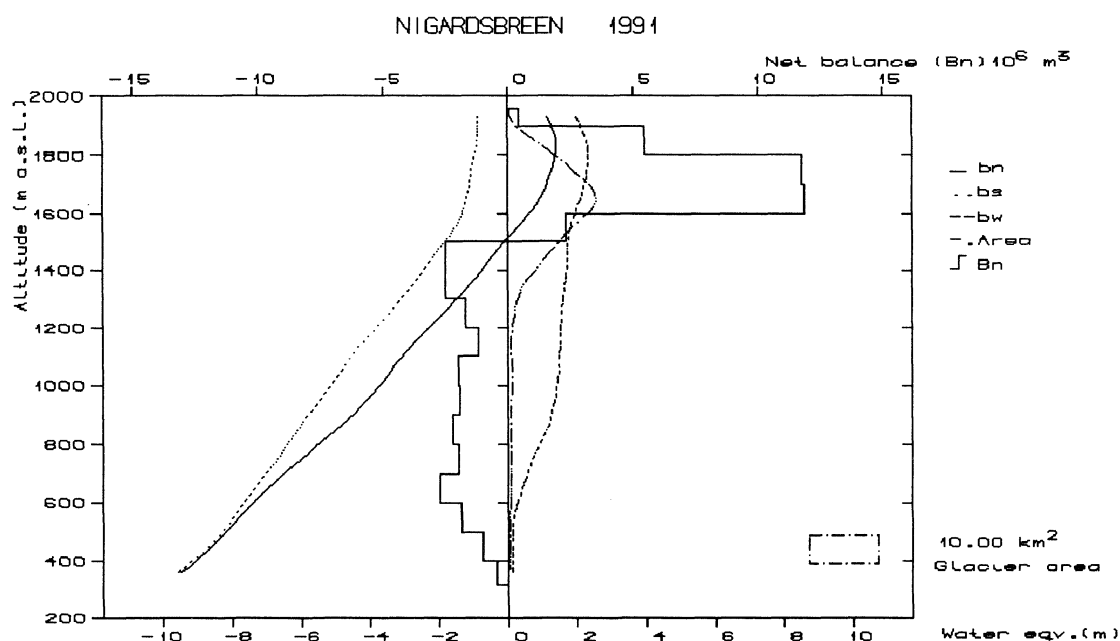
Vinterbalansen ble beregnet til 1.95 meter vann fordelt over hele breoverflaten (93.5 mill m³). Det er 83% av gjennomsnittet for perioden 1962 - 1990. Sommerbalansen ble beregnet til 1.75 meter vann (83.7 mill m³) som er 90% av gjennomsnittet for den samme perioden.

Nettobalansen ble med det + 0.20 meter vann fordelt over hele breoverflaten. Breen har holdt tilbake 9.7 mill m³ vann fra vassdraget. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 19 og i tabell 17. Likevektslinjen lå 1510 m o.h.

NIGARDSBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		10 ⁶ m ³	m		10 ⁶ m ³	m		10 ⁶ m ³	m	
1900-1960	0.380	0.76	2.00	63	0.32	0.85	27	0.44	1.15	36
1800-1900	3.920	9.02	2.30	73	3.53	0.90	29	5.49	1.40	44
1700-1800	9.390	21.60	2.30	73	9.86	1.05	33	11.74	1.25	40
1600-1700	12.880	27.31	2.12	67	15.46	1.20	38	11.85	0.92	29
1500-1600	9.180	16.52	1.80	57	14.23	1.55	49	2.30	0.25	8
1400-1500	5.820	10.01	1.72	55	12.51	2.15	68	-2.50	-0.43	-14
1300-1400	2.280	3.76	1.65	52	6.27	2.75	87	-2.51	-1.10	-35
1200-1300	0.900	1.40	1.55	49	3.11	3.45	109	-1.71	-1.90	-60
1100-1200	0.450	0.68	1.50	48	1.89	4.20	133	-1.22	-2.70	-86
1000-1100	0.580	0.84	1.45	46	2.81	4.85	154	-1.97	-3.40	-108
900-1000	0.470	0.63	01.35	43	2.56	5.45	173	-1.93	-4.10	-130
800-900	0.440	0.48	1.10	35	2.68	6.10	193	-2.20	-5.00	-159
700-800	0.330	0.23	0.70	22	2.21	6.70	212	-1.98	-6.00	-190
600-700	0.390	0.16	0.40	13	2.87	7.35	233	-2.71	-6.95	-220
500-600	0.240	0.04	0.15	5	1.91	7.95	252	-1.87	-7.80	-247
400-500	0.120	0.01	0.10	3	1.04	8.70	276	-1.03	-8.60	-273
320-400	0.050	0.01	0.10	3	0.48	9.55	303	-0.47	-9.45	-300
320-1960	47.820	93.46	1.95	62	83.74	1.75	55	9.72	0.20	7

Tabell 17.



Figur 19: Massebalansediagram for Nigardsbreen 1991. Både vinter- og sommerbalansen var litt under middelerdien for perioden 1962 - 90. Likevektslinjen lå ca 1510 m o.h.

Mass balance diagram for Nigardsbreen 1991. Both winter- and sommer balance was slightly less than the average for the period 1962 - 90, resulting in a positive net balance of 0.20 m w.eq. The ELA was 1510 m a.s.l., and accordingly AAR was 73%.

Frontmålinger høsten 1991 viser at Nigardsbreen hadde gått fram 1 meter siden høsten 1990.

AUSTDALSBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1700-1757	0.157	0.27	1.70	54	0.13	0.80	25	0.14	0.90	29
1650-1700	0.128	0.24	1.85	59	0.12	0.90	29	0.12	0.95	30
1600-1650	0.376	0.75	2.00	63	0.38	1.00	32	0.38	1.00	32
1550-1600	2.448	4.90	2.00	63	2.82	1.15	36	2.08	0.85	27
1500-1550	2.539	4.82	1.90	60	3.17	1.25	40	1.65	0.65	21
1450-1500	1.922	3.46	1.80	57	2.69	1.40	44	0.77	0.40	13
1400-1450	1.355	2.17	1.60	51	2.10	1.55	49	0.07	0.05	2
1350-1400	1.010	1.36	1.35	43	1.82	1.80	57	-0.45	-0.45	-14
1300-1350	0.787	0.87	1.10	35	1.61	2.05	65	-0.75	-0.95	-30
1250-1300	0.687	0.52	0.75	24	1.61	2.35	75	-1.10	-1.60	-51
1200-1250	0.435	0.22	0.50	16	1.17	2.70	86	-0.96	-2.20	-70
1155-1200	0.107	0.04	0.40	13	0.33	3.05	97	-0.28	-2.65	-84
1155-1757	11.951	19.62	1.64	52	17.95	1.50	48	1.67	0.14	4
KALVING					1.64			-1.64		
SUM					19.59	1.64	52	0.03	0.00	0

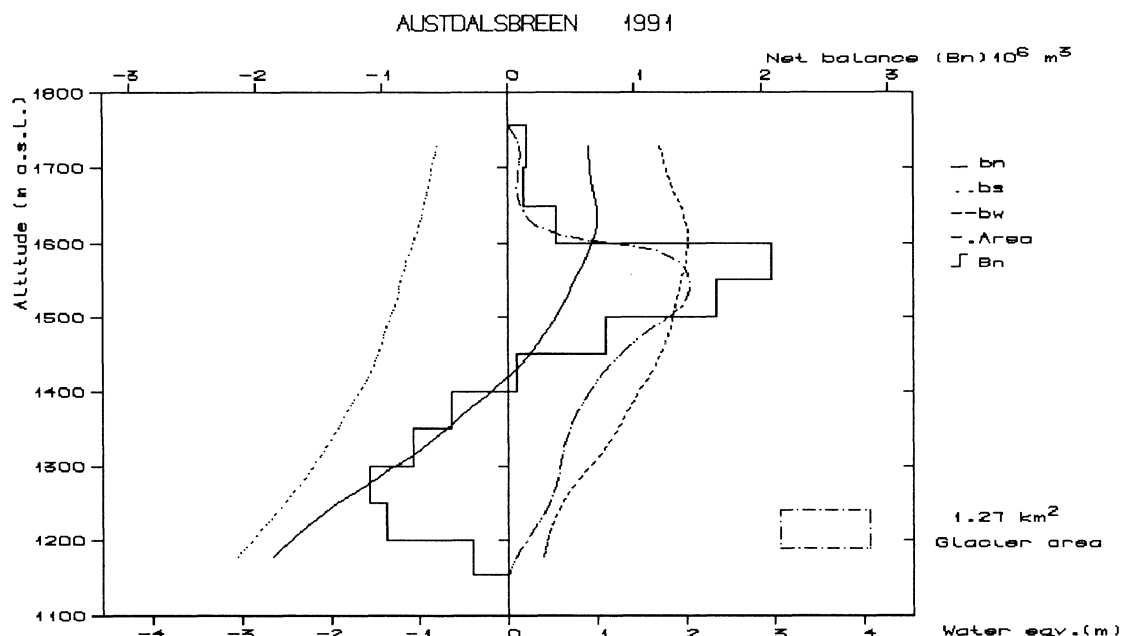
Tabell 18.

AUSTDALSBREEN (076.H)

Akkumulasjonsmålingene ble gjort 30. april. Det ble sondert i et lengdeprofil fra brefronten til vannskillet bak Rundeggi. Snødypet varierte fra 1 meter ved fronten opp til 4 meter på de øverste delene av breen. Tetthetsprøve ble tatt 1580 m o.h. Vinterbalansen ble beregnet til 1.64 m vann fordelt over breens areal (19.6 mill m³). Det er mindre enn i 1988 (1.94 m) og rundt halvparten av vinterbalansen i 1989 og 1990 (hhv. 3.18 og 3.65 m vann).

Minimumsmålingene ble gjort 28. september. Sommerbalansen ble beregnet til 1.50 m vann fordelt jevnt over breoverflaten. I tillegg mistet Austdalsbreen masse ved kalving ut i Austdalsvatnet. Dette massetapet regnes som ekstra ablasjon. Foto-graferinger og innmålinger av fronten viser at brefronten ikke har trukket seg nevneverdig tilbake i 1991. Massetapet ved kalving er derfor estimert ut fra en gjennomsnittshastighet for breen ved fronten på 40 m/år, og en 50 meter høy og 900 meter brei kalvingsfront. Dette gir et ekstra massetap på 1.6 mill m³ vann. Sommerbalansen ble da 19.6 mill m³ eller 1.64 meter vann jevnt fordelt over hele breen. Det er litt mer enn i 1989, men mindre enn i 1990 (2.22 m) og i 1988 (3.05 m).

På grunnlag av dette ble nettobalansen for Austdalsbreen lik null. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 20 og i tabell 18. Likevektslinjen (ELA) lå 1435 m o.h.



Figur 20: Massebalansediagram for Austdalsbreen 1991. Likevektslinjen var 1435 m o.h.

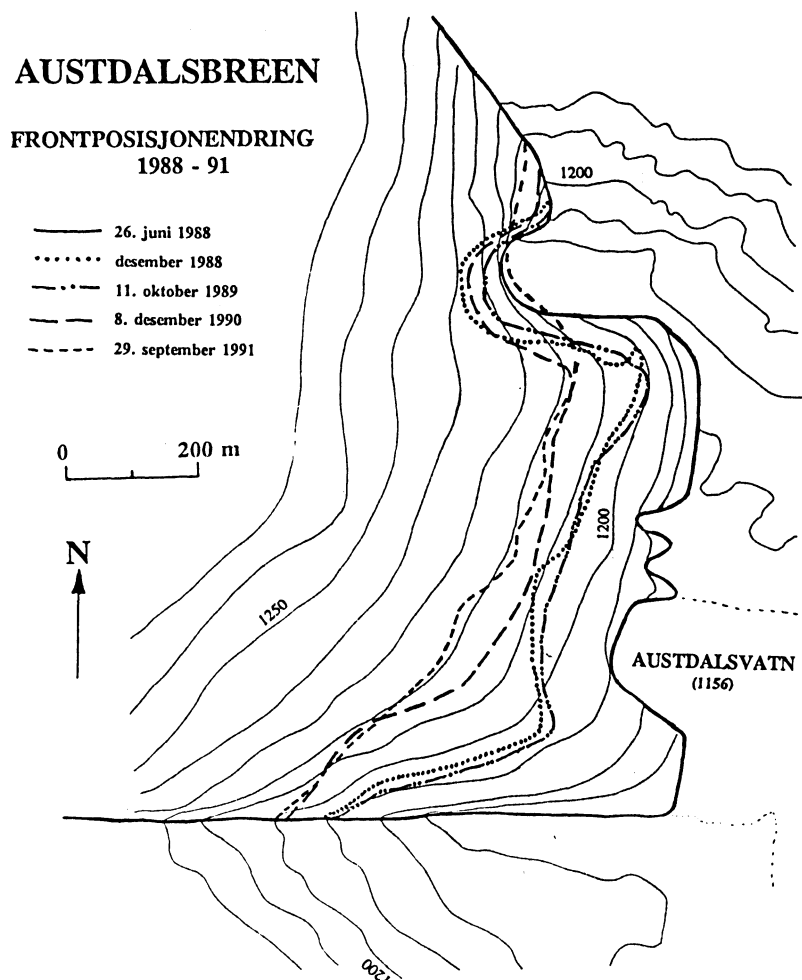
Mass balance diagram for Austdalsbreen 1991. Neither the winter nor the summer balance (1.64 m w.eq.) deviated much from an average year, and the net balance was calculated to be zero. The ELA was 1435 m a.s.l. corresponding to an AAR of 67%.

Endringer i frontposisjonen

Før reguleringen av Austdalsvatnet startet i 1988 trakk fronten av Austdalsbreen seg langsomt tilbake. Mellom 1966 og 1984 var denne tilbakegangen ca. 100 meter (Laumann, 1990). Etter at oppdemningen startet i 1988 har tilbakegangen økt dramatisk. For å dokumentere endringene i frontposisjonen blir brefronten målt inn minst en gang i året. Endringene i frontposisjon fra reguleringen startet fram til høsten 1991 er vist på figur 21. Figur 22 viser Austdalsbreen før reguleringen, mens forsidebildet viser forholdene i 1991.

Fra juni 1988 til desember 1988 ble vannstanden hevet ca 25 meter, og det førte til omfattende kalving. Store nes kalvet vekk slik at brefronten ble rettere. Brefronten trakk seg i gjennomsnitt ca. 90 meter tilbake (Elvehøy, 1991).

Fra desember 1988 til oktober 1989 var det liten endring i frontposisjonen. En mulig årsak til den store forskjellen mellom 1988 og 1989 kan være at Austdalsvatnet i 1989 var isdekt helt fram til 25. august, mens det i 1988 ble isfritt



Figur 21: Endring i Austdalsbreen front etter reguleringen av Austdalsvatnet. Vannstanden reguleres mellom 1140 og 1200 m o.h. Normalvannstanden var 1156 m o.h.

Change in the front of Austdalsbreen after regulation of Lake Austdalsvatn for hydro power production. The lake level can be regulated between 1140 and 1200 m a.s.l. The lake level was 1156 m a.s.l before the regulation. The minor change in front position in 1989 was probably caused by the lake being ice covered the whole summer.

2 måneder tidligere. I 1989 var vannstanden rundt 1180 m o.h. fram til midten av juli for så å stige til ca 1195 ved årsskiftet 1989 - 90. Vannstanden steg så mye at deler av brefronten ble oversvømt ut på høsten. I desember 1989 ble det observert at svært store isfjell hadde kalvet av den sørlige delen av brefronten der denne tidligere var oversvømt.

Kalvingen var omfattende i 1990 (inkludert desember 1989). Vannstanden var høy hele året pga. liten uttapping fra magasinet.

I 1991 var kalvingen moderat. Dette var det første året med normal kjøring av kraftverket. Den store bukten lengst nord i brefronten rettes ut ved at breen der går fram.



Figur 22: Austdalsbreen juni 1988 før reguleringen av Austdalsvatnet var kommet igang.
Vannstanden var 1156 m o.h.
Foto: Hallgeir Elvehøy.

Austdalsbreen June 1988 before Lake Austdalsvatn was regulated for hydro power production. The lake level was 1156 m a.s.l.

SPØRTEGGREEN 1991										
Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s km ²	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²
1750-1770	0.140	0.16	1.15	36	0.13	0.95	30	0.03	0.20	6
1700-1750	2.736	3.83	1.40	44	2.74	1.00	32	1.09	0.40	13
1650-1700	3.928	6.28	1.60	51	4.12	1.05	33	2.16	0.55	17
1600-1650	4.440	7.10	1.60	51	5.11	1.15	36	2.00	0.45	14
1550-1600	5.302	7.95	1.50	48	6.89	1.30	41	1.06	0.20	6
1500-1550	4.613	6.23	1.35	43	6.69	1.45	46	-0.46	-0.10	-3
1450-1500	3.266	3.92	1.20	38	5.39	1.65	52	-1.47	-0.45	-14
1400-1450	1.737	1.91	1.10	35	3.21	1.85	59	-1.30	-0.75	-24
1350-1400	0.962	0.96	1.00	32	1.97	2.05	65	-1.01	-1.05	-33
1300-1350	0.651	0.62	0.95	30	1.50	2.30	73	-0.88	-1.35	-43
1260-1300	0.160	0.14	0.85	27	0.41	2.55	81	-0.27	-1.70	-54
1260-1770	27.935	39.11	1.40	44	38.16	1.37	43	0.95	0.03	1

Tabell 19.

SPØRTEGGREEN (076.Z Jostedalen og 075.42 Mørkridsdalen)

Spørtegggreen har 5 dreningsområder (figur 5), hvorav 4 drenerer til Jostedalen. Massebalanseberegninger ble gjort for hele Spørtegggreen og for de delene som drenerer til Fagerdalen, Geisdalen, Vigdalen og Vanndalen.

Akkumulasjonsmålingene ble foretatt 30. april 1991, og viste som vanlig en meget jevn snøfordeling. For hele Spørtegggreen ble gjennomsnittlig vannverdi beregnet til 1.40 m (39.1 mill m³ vann).

Ablasjonen ble målt på 5 staker gjennom sommeren. Figur 23 viser vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden over havet. Denne høydefordelingen er benyttet til beregningene av avrenningen for alle delfeltene. Resultatene er vist i tabell 19 og 20.

For hele Spørtegggreen viser beregningene at breen holdt tilbake en beskjeden mengde vann fra vassdragene nedenfor. (ca 1 mill. m³) Fordelt over hele breen tilsvarer dette et vannlag på 3 cm. Likevektslinjen på Spørtegggreen lå gjennomsnittlig 1540 m o.h.

SPØRTEGGBREEN (FAGERDALEN) 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse				Sommerbalanse				Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²		
1700-1744	0.383	0.54	1.40	44	0.38	1.00	32	0.15	0.40	13		
1650-1700	0.353	0.56	1.60	51	0.37	1.05	33	0.19	0.55	17		
1600-1650	0.212	0.34	1.60	51	0.24	1.15	36	0.10	0.45	14		
1550-1600	0.172	0.26	1.50	48	0.22	1.30	41	0.03	0.20	6		
1500-1550	0.182	0.25	1.35	43	0.26	1.45	46	-0.02	-0.10	-3		
1462-1500	0.151	0.18	1.20	38	0.25	1.65	52	-0.07	-0.45	-14		
1462-1744	1.453	2.13	1.46	46	1.73	1.19	38	0.39	0.27	9		

SPØRTEGGBREEN (VANNDALLEN) 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse				Sommerbalanse				Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²		
1500-1536	0.083	0.11	1.35	43	0.12	1.45	46	-0.01	-0.10	-3		
1450-1500	0.258	0.31	1.20	38	0.43	1.65	52	-0.12	-0.45	-14		
1412-1450	0.145	0.16	1.10	35	0.27	1.85	59	-0.11	-0.75	-24		
1412-1536	0.486	0.58	1.20	38	0.81	1.68	53	-0.23	-0.48	-15		

SPØRTEGGBREEN (VIGDALEN) 1991

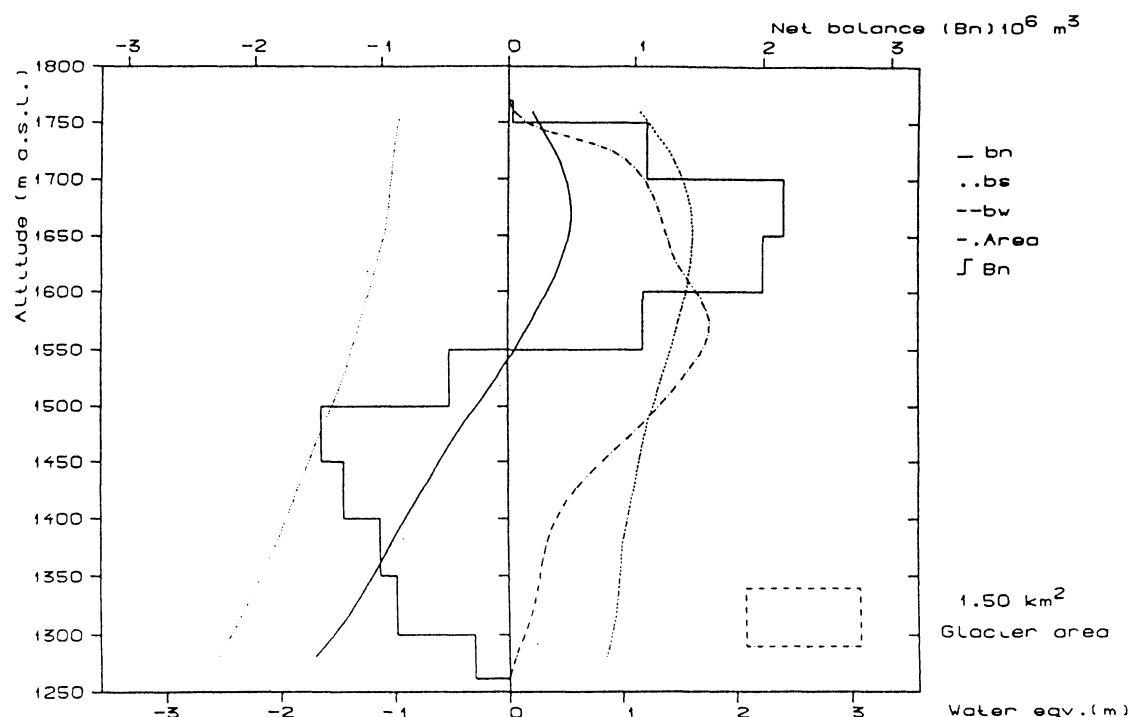
Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse				Sommerbalanse				Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²		
1650-1690	1.193	1.91	1.60	51	1.25	1.05	33	0.66	0.55	17		
1600-1650	2.377	3.80	1.60	51	2.73	1.15	36	1.07	0.45	14		
1550-1600	2.015	3.02	1.50	48	2.62	1.30	41	0.40	0.20	6		
1500-1550	1.554	2.10	1.35	43	2.25	1.45	46	-0.16	-0.10	-3		
1450-1500	1.584	1.90	1.20	38	2.61	1.65	52	-0.71	-0.45	-14		
1400-1450	0.822	0.90	1.10	35	1.52	1.85	59	-0.62	-0.75	-24		
1350-1400	0.361	0.36	1.00	32	0.74	2.05	65	-0.38	-1.05	-33		
1340-1350	0.170	0.16	0.95	30	0.39	2.30	73	-0.23	-1.35	-43		
1340-1690	10.076	14.16	1.41	45	14.12	1.40	44	0.04	0.00	0		

SPØRTEGGBREEN (GEISDALEN) 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse				Sommerbalanse				Nettobalanse		
		Bw 10x6m ³	m	bw 1/s kmx2	Bs 10x6m ³	m	bs 1/s km ²	Bn 10x6m ³	m	bn 1/s km ²		
1700-1746	0.719	1.01	1.40	44	0.72	1.00	32	0.29	0.40	13		
1650-1700	0.879	1.41	1.60	51	0.92	1.05	33	0.48	0.55	17		
1600-1650	0.379	0.61	1.60	51	0.44	1.15	36	0.17	0.45	14		
1550-1600	0.389	0.58	1.50	48	0.51	1.30	41	0.08	0.20	6		
1500-1550	0.439	0.59	1.35	43	0.64	1.45	46	-0.04	-0.10	-3		
1450-1500	0.129	0.15	1.20	38	0.21	1.65	52	-0.06	-0.45	-14		
1400-1450	0.060	0.07	1.10	35	0.11	1.85	59	-0.05	-0.75	-24		
1378-1400	0.050	0.05	1.00	32	0.10	2.05	65	-0.05	-1.05	-33		
1378-1746	3.044	4.47	1.47	47	3.65	1.20	38	0.82	0.27	9		

Tabell 20.

SPØRTEGGBREEN 1991



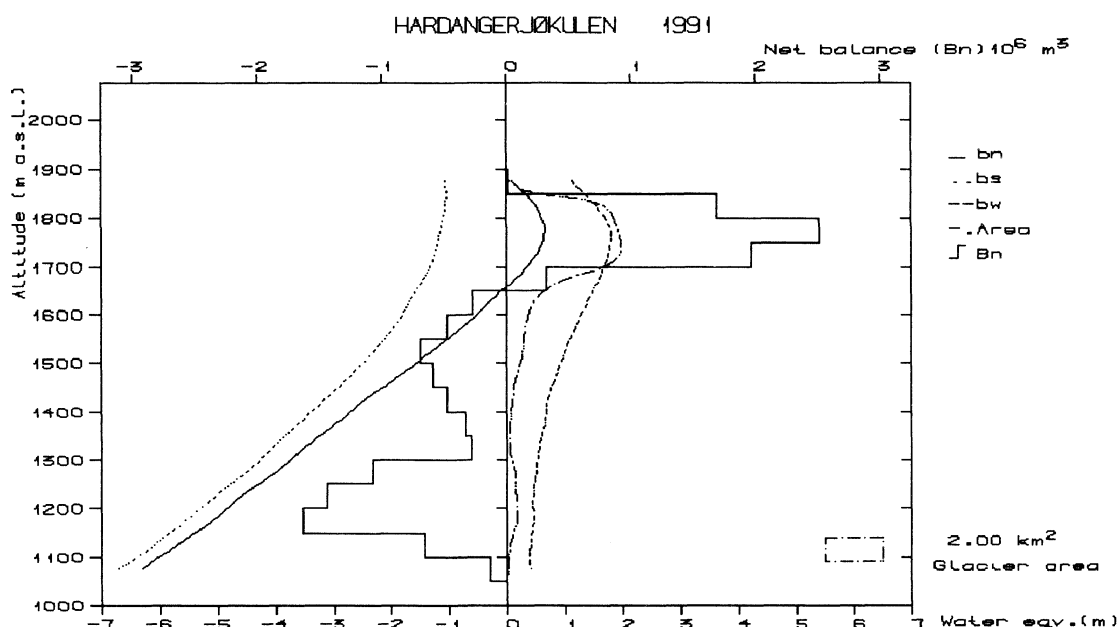
Figur 23: Massebalansediagram for Spørteggbreen 1991. Spørteggbreen er en platåbre med flere utløpere. Figur 5 viser dreneringsgrensene mellom de forskjellige utløperne. Gjennomsnittlig likevektslinje lå 1540 m o.h. Resultatene for de fire områder som drenerer til Jostedalen basert på denne høydefordelingen er vist i tabell 20.

Mass balance diagram for Spørteggbreen 1991. Spørteggbreen is a small ice cap with five major drainage areas (figure 5). The mass balance diagram shows averages for the whole ice cap. The net balance was close to zero. Mean ELA was 1540 m a.s.l. corresponding to an AAR of 62%. Table 20 shows separate results for the four areas draining towards Jostedalen based on the altitude distribution in this figure.

HARDANGERJØKULEN (050.4C1Z)

Målingene av årets akkumulasjon ble foretatt 13. april. Snødypt varierte fra ca 4 meter i 1700 m nivået til 2 m i 1200 m nivået. Fordelt over hele breen tilsvarer dette et vannlag på 1.52 m, som er noe under middels akkumulasjon. Årets vinterbalanse var 26.1 mill m^3 vann.

Minimumsmålinger ble foretatt 14. oktober. Sommerbalansen ble beregnet til 1.61 m vann (27.7 mill m^3), og nettobalansen ble da -0.09 m vannekvivalenter (-1.6 mill m^3). Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 24 og tabell 21. Likevektslinjen lå 1660 m o.h.



Figur 24: Massebalansediagram for Hardangerjøkulen 1991. Både vinter- og sommerbalansen var mindre enn gjennomsnittet for perioden 1963 - 90. Nettobalansen var svakt negativ. Likevektslinjen lå 1660 m o.h.

Mass balance diagram for Hardangerjøkulen 1991. Both winter and sommer balance were smaller than the mean value for 1963 - 1990. The net balance was slightly negative (- 0.09 m w.eq.). The ELA was 1660 m a.s.l., and consequently the AAR was 75%.

HARDANGERJØKULEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w 10^6 m^3	b_w m	$l/s \cdot \text{km}^2$	B_s 10^6 m^3	b_s m	$l/s \cdot \text{km}^2$	B_n 10^6 m^3	b_n m	$l/s \cdot \text{km}^2$
1850-1900	0.070	0.08	1.15	36	0.07	1.05	33	0.01	0.10	3
1800-1850	3.375	5.23	1.55	49	3.54	1.05	33	1.69	0.50	16
1750-1800	3.866	6.96	1.80	57	4.45	1.15	36	2.51	0.65	21
1700-1750	3.910	6.84	1.75	55	4.89	1.25	40	1.96	0.50	16
1650-1700	2.084	3.33	1.60	51	3.02	1.45	46	0.31	0.15	5
1600-1650	0.936	1.31	1.40	44	1.59	1.70	54	-0.28	-0.30	-10
1550-1600	0.640	0.77	1.20	38	1.25	1.95	62	-0.48	-0.75	-24
1500-1550	0.542	0.54	1.00	32	1.25	2.30	73	-0.70	-1.30	-41
1450-1500	0.319	0.27	0.85	27	0.86	2.70	86	-0.59	-1.85	-59
1400-1450	0.196	0.14	0.70	22	0.62	3.15	100	-0.48	-2.45	-78
1350-1400	0.112	0.07	0.65	21	0.40	3.60	114	-0.33	-2.95	-94
1300-1350	0.084	0.05	0.55	17	0.34	4.05	128	-0.29	-3.50	-111
1250-1300	0.270	0.14	0.50	16	1.22	4.50	143	-1.08	-4.00	-127
1200-1250	0.315	0.14	0.45	14	1.59	5.05	160	-1.45	-4.60	-146
1150-1200	0.321	0.14	0.45	14	1.78	5.55	176	-1.64	-5.10	-162
1100-1150	0.115	0.05	0.40	13	0.70	6.10	193	-0.66	-5.70	-181
1050-1100	0.022	0.01	0.40	13	0.15	6.70	212	-0.14	-6.30	-200
1050-1900	17.177	26.07	1.52	48	27.72	1.61	51	-1.65	-0.09	-3

Tabell 21.

STORBREEN (002.DHBBZ)

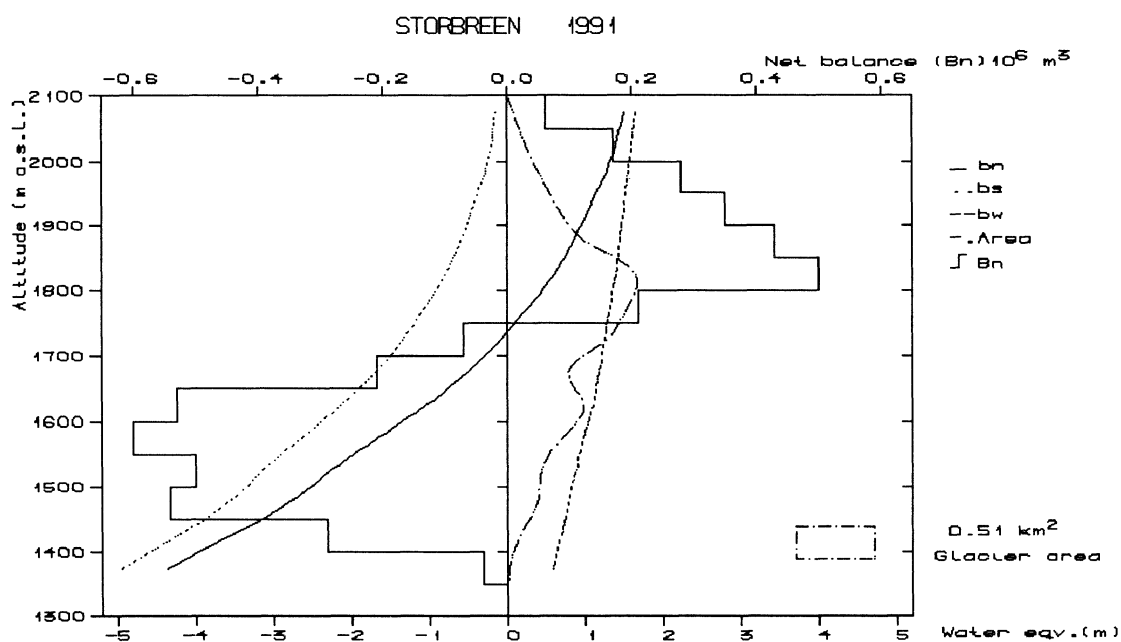
Vinterbalansen ble målt 17. - 19. mai. Snømengdene var litt mindre enn normalt. Totalt ble vinterakkumulasjonen 1.26 meter vannekvivalenter som er ca 90 % av middelverdien for perioden 1948 - 90.

Sommerbalansen var på 1.41 meter vannekvivalenter eller 85 % av middelverdien for perioden 1949 - 90. Resultatet ble et netto underskudd på 0.15 meter vannekvivalenter som er nær middelverdien på -0.22 meter. Den kumulative nettobalansen for perioden 1949 - 90 er på -9.37 meter vann jevnt fordelt over breoverflaten. Figur 25 viser vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden. Likevektslinjen lå 1740 m o.h. Tabell 22 viser verdiene for de enkelte høydenivåene.

STORBREEN 1990

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
2050-2100	0.040	0.07	1.65	52	0.01	0.15	5	0.06	1.50	48
2000-2050	0.120	0.19	1.60	51	0.02	0.20	6	0.17	1.40	44
1950-2000	0.220	0.34	1.55	49	0.07	0.30	10	0.28	1.25	40
1900-1950	0.330	0.50	1.50	48	0.15	0.45	14	0.35	1.05	33
1850-1900	0.510	0.74	1.45	46	0.31	0.60	19	0.43	0.85	27
1800-1850	0.840	1.18	1.40	44	0.67	0.80	25	0.50	0.60	19
1750-1800	0.790	1.04	1.32	42	0.83	1.05	33	0.21	0.27	9
1700-1750	0.650	0.81	1.25	40	0.88	1.35	43	-0.07	-0.10	-3
1650-1700	0.400	0.47	1.18	37	0.68	1.70	54	-0.21	-0.52	-16
1600-1650	0.500	0.55	1.10	35	1.08	2.15	68	-0.53	-1.05	-33
1550-1600	0.360	0.35	0.98	31	0.95	2.65	84	-0.60	-1.67	-53
1500-1550	0.220	0.19	0.88	28	0.69	3.15	100	-0.50	-2.27	-72
1450-1500	0.190	0.15	0.78	25	0.68	3.60	114	-0.54	-2.82	-89
1400-1450	0.080	0.05	0.68	22	0.34	4.25	135	-0.29	-3.57	-113
1350-1400	0.010	0.01	0.58	18	0.05	4.95	157	-0.04	-4.37	-139
1350-2100	5.260	6.64	1.26	40	7.41	1.41	45	-0.77	-0.15	-5

Tabell 22.



Figur 25: Massebalansediagram for Storbreen 1991. Vinter- og sommerbalansen var litt under gjennomsnittet for perioden 1949 - 90. Nettobalansen var svakt negativ. Likevektslinjen lå 1740 m o.h.

Mass balance diagram for Storbreen 1991. The winter and summer balances were less than the average for the period 1949 - 90. The net balance was slightly negative (- 0.15 m w.eq). The mean net balance for 1949 - 90 is - 0.22 m w.eq. The ELA was 1740 m a.s.l, and accordingly the AAR was 57%.

HELLSTUGUBREEN (002.DHBAZ)

Vinterakkumulasjonen ble målt den 8. mai. Alle de 15 stakene hadde overlevet vinteren. Det var relativt gode sonderingsforhold. Bortsett fra i de aller høyeste områdene var sommeroverflaten lett å identifisere. Det ble utført 73 sonderinger langs 8 km sonderingsprofiler. Snedypet varierte fra litt over en meter nederst på breen til 2.5 - 3.0 m i områdene over 1950 m o.h. Beregning av sneens tetthet ble gjort i en 2.15 m dyp sjakt 1950 m o.h. Middeltettheten ble målt til 0.42 g.cm^{-3} .

Ved et nytt besøk 29. juli ble alle stakene vedlikeholdt.

Minimumsmålingene ble utført den 2. oktober. Det var da kommet vel en halv meter nysne. Nederst på breen (1500 m o.h.) hadde det i løpet av sommeren vært en netto avsmeltning på vel 3 m is. Selv på de øverste stakene (1900 - 1960 m o.h.) var det en liten netto avsmeltning på 20 - 40 cm firn.

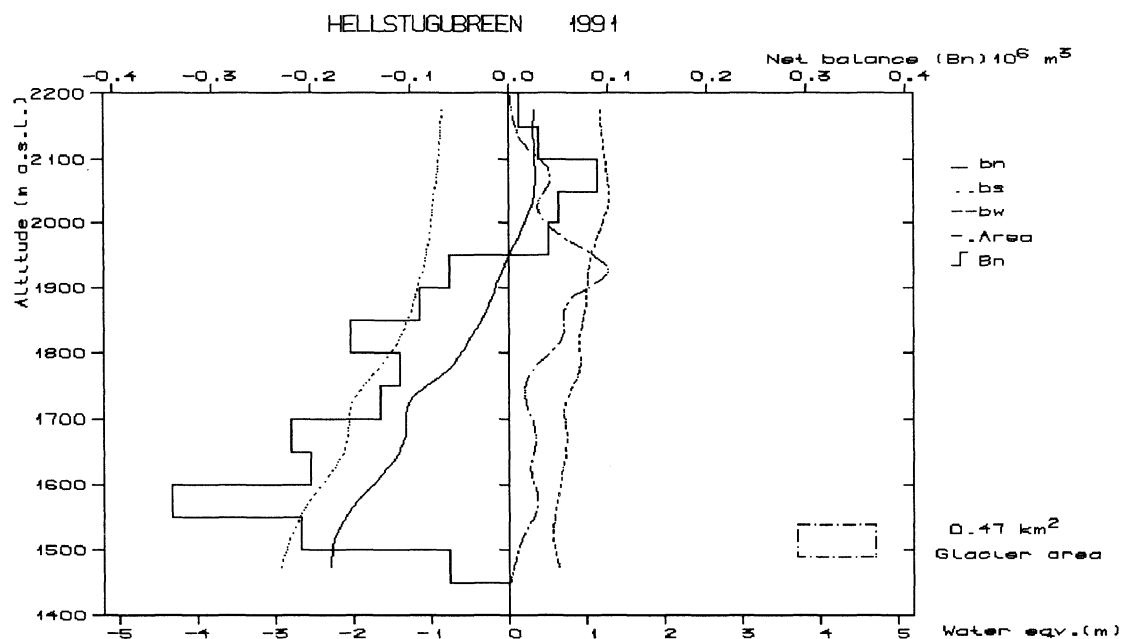
Vinterbalansen ble beregnet til 0.98 m vannekvivalenter. Det er 86% av middelverdien for 30 års målinger. Sommerbalansen ble beregnet til 1.43 m vannekvivalenter, og det er 103% av middelverdien i måleperioden 1962 - 90. Breens nettobalanse ble dermed -0.45 m. Til sammenligning er middelverdien for måleperioden -0.26 m.

Likevektslinjens høyde er beregnet til 1950 m o.h. (se figur 26), og det er 120 m høyere enn når breen er i balanse.

HELLSTUGUBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
2150-2200	0.020	0.02	1.18	37	0.02	0.86	27	0.01	0.32	10
2100-2150	0.084	0.10	1.21	38	0.07	0.89	28	0.03	0.32	10
2050-2100	0.252	0.32	1.27	40	0.23	0.93	29	0.09	0.34	11
2000-2050	0.173	0.22	1.27	40	0.17	0.98	31	0.05	0.29	9
1950-2000	0.351	0.40	1.13	36	0.36	1.03	33	0.04	0.10	3
1900-1950	0.599	0.61	1.02	32	0.67	1.12	36	-0.06	-0.10	-3
1850-1900	0.351	0.35	0.99	31	0.44	1.24	39	-0.09	-0.25	-8
1800-1850	0.326	0.30	0.91	29	0.46	1.40	44	-0.16	-0.49	-16
1750-1800	0.141	0.13	0.91	29	0.24	1.70	54	-0.11	-0.79	-25
1700-1750	0.098	0.07	0.73	23	0.20	2.02	64	-0.13	-1.29	-41
1650-1700	0.163	0.12	0.74	23	0.34	2.08	66	-0.22	-1.34	-42
1600-1650	0.130	0.09	0.69	22	0.29	2.25	71	-0.20	-1.56	-49
1550-1600	0.173	0.11	0.62	20	0.44	2.57	81	-0.34	-1.95	-62
1500-1550	0.093	0.05	0.56	18	0.26	2.79	88	-0.21	-2.23	-71
1450-1500	0.027	0.02	0.64	20	0.08	2.94	93	-0.06	-2.30	-73
1450-2200	2.981	2.91	0.98	31	4.27	1.43	45	-1.36	-0.45	-14

Tabell 23.



Figur 26: Massebalansediagram for Hellstugubreen 1991. Nettobalansen var -0.45 m vannekvivalenter. Likevektslinjen lå 1950 m o.h.

Mass balance diagram for Hellstugubreen 1991. The winter balance was slightly smaller than the average for the period 1962 - 90. The summer balance was 103 % of the average. The net balance was a mass loss of 0.45 m w.eq. The ELA was 1950 m a.s.l., and the AAR was 30%.

GRÅSUBREEN (002.DGDC)

På Gråsubreen ble akkumulasjonsmålingen utført den 9. mai. Av de 20 stakene som ble målt på minimumsmålingen, hadde 18 overlevet vinteren. Det ble foretatt tilsammen 69 sonderinger langs 7 km sonderingsprofiler. Sonderingsforholdene var gode, og sommeroverflaten var lett å identifisere. Snedypet varierte mellom 0.3 m og 2.9 m, og halvparten av sonderingene lå mellom 1.4 og 2.5 m. Tetthetsprøve ble tatt ved stake 8 (2160 m o.h.) der snedypet var 1.89 m og sneens middeltetthet 0.40 g/cm^3 .

Vinterbalansen ble beregnet til 0.67 m vannekvivalenter, hvilket er 88% av midlere vinterbalanse for perioden 1962 - 90.

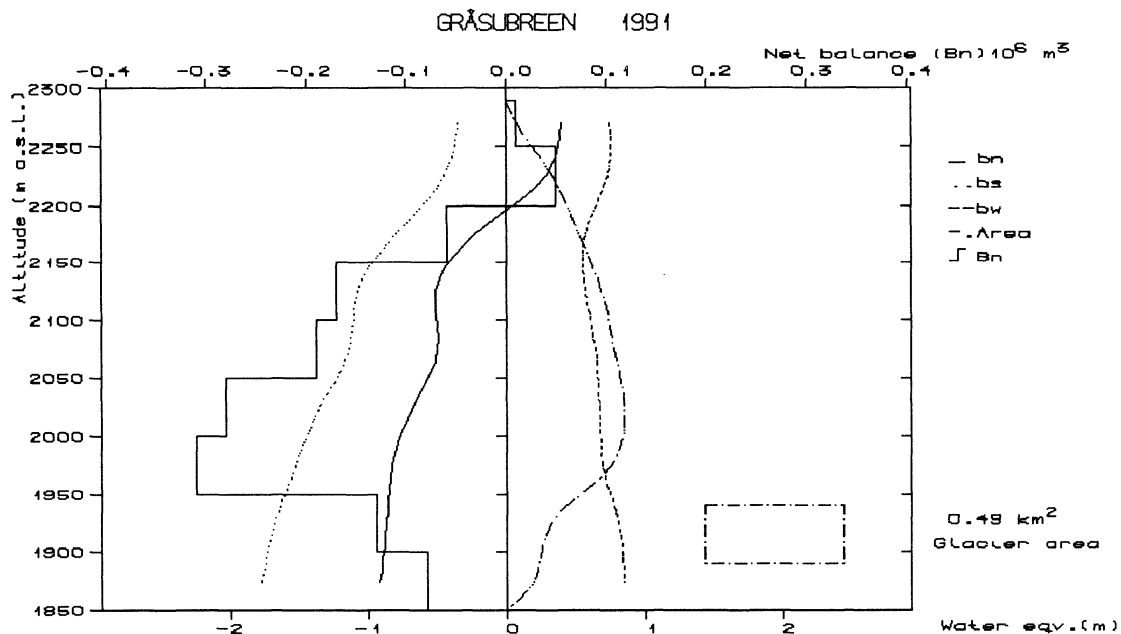
Ved et besøk 31. juli ble samtlige staker fra forrige år funnet og omboret om nødvendig. Minimumsmålingene ble utført 4. oktober. Det var da kommet opp til en halv meter nysnø. Det ble målt netto avsmelting på det meste av breen - opptil 2 m is på den nederste delen av breen.

Sommerbalansen ble beregnet til 1.19 m, og det er 119% av midlere sommerbalanse i måleperioden. Gråsubreen ble dermed den av de målte breene som hadde relativt størst sommerbalanse.

GRÅSUBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		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
2250-2290	0.037	0.03	0.75	24	0.01	0.35	11	0.01	0.40	13
2200-2250	0.162	0.12	0.73	23	0.07	0.45	14	0.05	0.28	9
2150-2200	0.256	0.15	0.57	18	0.20	0.80	25	-0.06	-0.23	-7
2100-2150	0.335	0.19	0.57	18	0.36	1.08	34	-0.17	-0.51	-16
2050-2100	0.380	0.24	0.64	20	0.43	1.14	36	-0.19	-0.50	-16
2000-2050	0.414	0.28	0.67	21	0.56	1.35	43	-0.28	-0.68	-22
1950-2000	0.369	0.26	0.70	22	0.56	1.53	49	-0.31	-0.83	-26
1900-1950	0.154	0.12	0.81	26	0.26	1.68	53	-0.13	-0.87	-28
1850-1900	0.092	0.08	0.85	27	0.16	1.77	56	-0.08	-0.92	-29
1450-2200	2.199	1.47	0.67	21	2.61	1.19	38	-1.14	-0.52	-17

Tabell 24.



Figur 27: Massebalansediagram for Gråsubreen 1991. Minkende vinterbalanse med økende høyde skyldes vind. Likevektslinjen lå 2195 m o.h. Bare 10% av breens areal ligger over dette nivået.

Mass balance diagram for Gråsubreen 1991. Gråsubreen is the highest situated and the most continental of the studied glaciers. At Gråsubreen the average winter balance is only 20% of the winter balance on the maritime glacier Ålfotbreen. The winter balance decreases with increasing altitude due to wind drift. The winter balance was 0.67 m w.eq. which is 88% of the average for the period 1962 to 1990. The summer balance was slightly larger than the average. This resulted in a net balance of -0.52 m w.eq. The average for the measured period is -0.25 m w.eq. The ELA was 2195 m a.s.l., and accordingly the AAR was 10%.

Med en vinterbalanse under normalt og en sommerbalanse over normalt ble det et relativt stort underskudd på Gråsubreen. Nettobalansen ble beregnet til -0.52 m vannekvivalenter. Det vil si at årets smeltning var 80% større enn akkumulasjonen. Midlere nettobalanse i måleperioden er -0.25 m.

Massebalansediagrammet viser at likevektslinjen i 1991 lå på 2195 m o.h. (se figur 27), og det er 80 m høyere enn i et år som breen er i likevekt.

AUSTRE OKSTINDBREEN (155.4G)

Massebalansemålinger ble startet på Austre Okstindbreen i 1986 av Geologisk Institutt ved Århus Universitet. I 1991 ble et samarbeid mellom NVE og Geologisk Institutt innledet med sikte på å fortsette målingene i 5 år til.

Austre Okstindbreen er den største delen av Okstindbreen som ligger i Korgen i Nordland fylke (figur 11). Breen dekker et areal på ca 14 km². Breen ble første gang undersøkt i 1908 av Adolf Hoel. Siden har brefronten trukket seg omtrent 1.5 km tilbake og står nå i Bretjørna (figur 11).

Akkumulasjonsmålingene i 1991 ble gjort i perioden 26. april - 5. mai. To staker hadde overlevd vinteren, og 11 nye ble satt ut. Snødypet ble sondert i 100 punkt, og varierte mellom 1 og 3 m under 1000 m o.h. og mellom 3 og 5 m over 1200 m o.h. Det ble tatt tetthetsprøver av snøpakken hhv. 824 m o.h., 1250 m o.h. og 1450 m o.h. Middeltettheten var hhv. 0.48 ± 0.07 , 0.45 ± 0.07 og 0.43 ± 0.07 g/cm³.

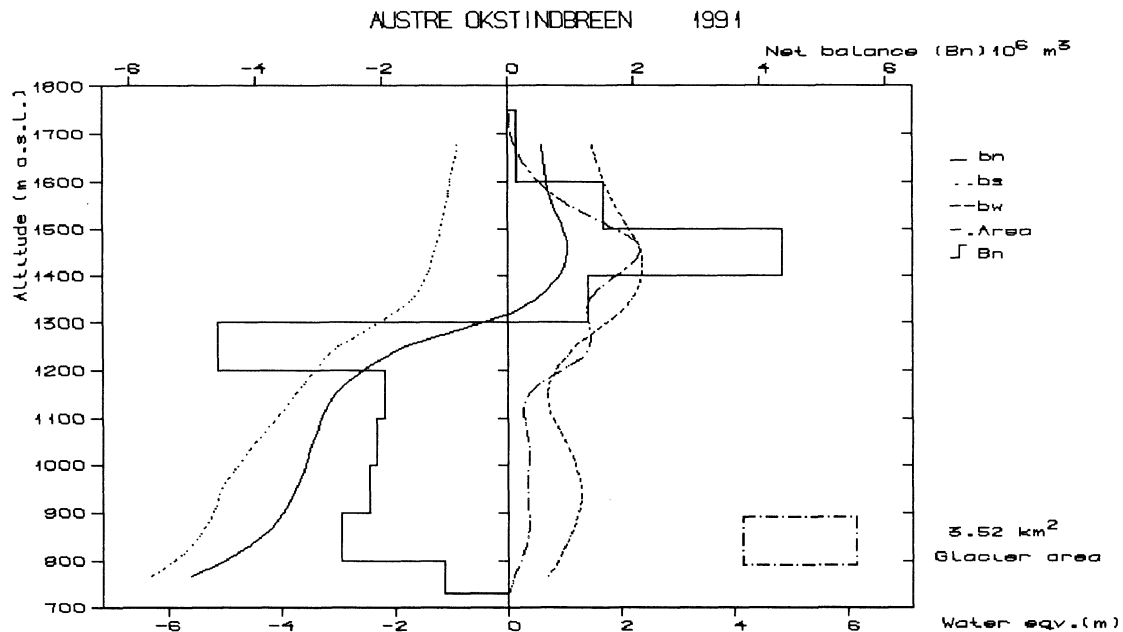
På grunnlag av målingene ble vinterbalansen beregnet til 1.79 meter vannekvivalenter (25.0 mill m³) som er 69% av gjennomsnittet for perioden 1987 - 90.

Minimumsmålingene ble gjort 10. - 11. september. Sommerbalansen ble beregnet til 2.30 m vann fordelt over breoverflaten. Det er 92% av gjennomsnittet for perioden 1987 - 90.

AUSTRE OKSTINDBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1600-1750	0.210	0.32	1.50	48	0.19	0.90	29	0.13	0.60	19
1500-1600	1.910	3.63	1.90	60	2.10	1.10	35	1.53	0.80	25
1400-1500	4.140	9.73	2.35	75	5.38	1.30	41	4.35	1.05	33
1300-1400	2.560	5.63	2.20	70	4.35	1.70	54	1.28	0.50	16
1200-1300	2.560	3.07	1.20	38	7.68	3.00	95	-4.61	-1.80	-57
1100-1200	0.640	0.45	0.70	22	2.40	3.75	119	-1.95	-3.05	-97
1000-1100	0.610	0.61	1.00	32	2.71	4.45	141	-2.10	-3.45	-109
900-1000	0.590	0.77	1.30	41	2.98	5.05	160	-2.21	-3.75	-119
800-900	0.610	0.67	1.10	35	3.32	5.45	173	-2.65	-4.35	-138
700-800	0.180	0.13	0.70	22	1.13	6.30	200	-1.01	-5.60	-178
730-1750	14.010	25.01	1.79	57	32.24	2.30	73	-7.23	-0.51	-16

Tabell 25.



Figur 28: Massebalansediagram for Austre Okstindbreen 1991. Det er stor forskjell både i vinterbalanse og sommerbalanse over og under 1300 m o.h. Dette skillet faller sammen med toppen av et brefall. Likevektslinjen lå 1315 m o.h.

Mass balance diagram for Austre Okstindbreen 1991. There is a well-defined difference in winter and summer balance above and below 1300 m a.s.l. which corresponds to the top of an ice fall. The winter balance was 1.79 m w.eq. which is only 69% of the 1987 - 90 average. The summer balance was 2.30 m w.eq. which is slightly less than the average for the same period. This resulted in a net loss of 0.51 m w.eq. The ELA was 1315 m a.s.l., and the AAR was 60%.

Breen hadde i 1990 - 91 et netto massetap på 7.2 mill m³ vann. Nettobalansen ble i gjennomsnitt for breens overflate -0.51 m vannekvivalenter. Gjennomsnittet for perioden 1987 - 90 er +0.2 meter. Figur 28 viser vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden, og at likevektslinjen lå 1315 m o.h. Tabell 25 viser verdiene for de enkelte høydenivåene.

SVARTISHEIBREEN (159.33A)

Svartisheibreen ble første gang besøkt 5. februar. Da var alle staker med unntak av en snødd ned.

Akkumulasjonsmålingene ble gjort i perioden 18. - 22. mai. En stake hadde overlevd vinteren, og 3 nye ble satt ut hhv. 800, 830 og 1010 m o.h. Tetthetsprøve ble tatt ned til 5 meter 1010 m o.h. Snødypet ble sondert i 49 punkt langs 7.9 km profiler og varierte mellom 2.5 og 7 meter.

Ved neste besøk 5. august ble 5 staker funnet. De to nederste stakene, som ble satt ut i mai, var smeltet ut, og disse to samt en annen stake ble boret om. Det var smeltet 3 - 5 meter snø og is siden akkumulasjonsmålingene.

Minimumsmålinger ble gjort 30. september. Seks staker ble funnet og målt. Det hadde da smeltet 1 - 1.5 meter snø og is siden forrige besøk. Ved et besøk 29. oktober ble det konstatert at smeltingen etter 30. september hadde vært ubetydelig. Det var da kommet opp til 0.5 meter nysnø.

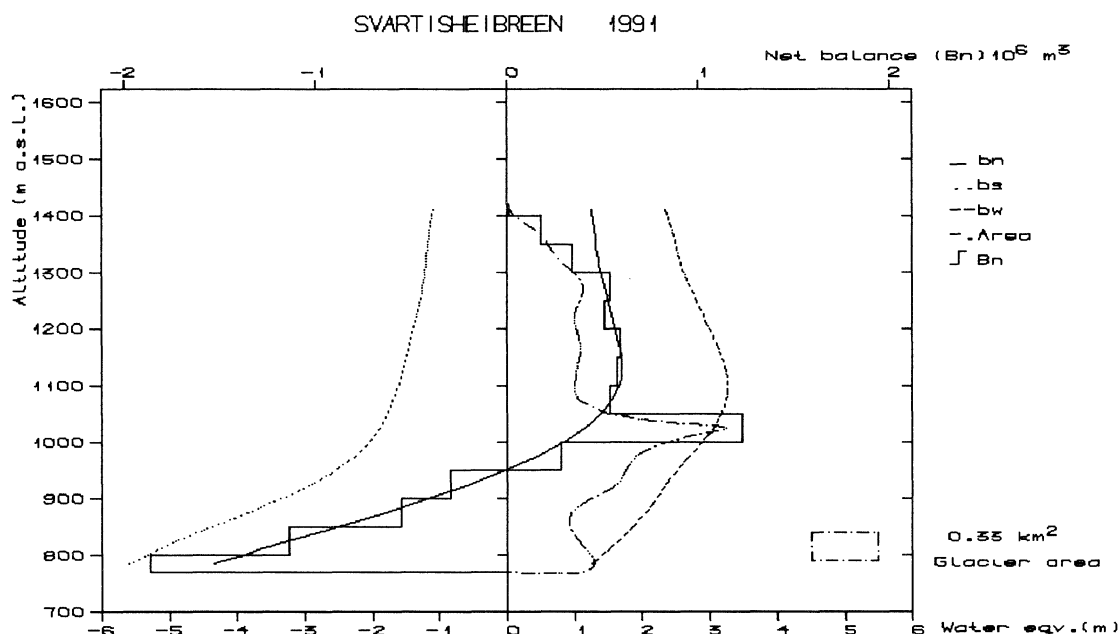
Vinterbalansen ble beregnet til 2.61 meter vann fordelt over hele breen (14.3 mill m³). Dette er litt mer enn i 1988, men betydelig mindre enn i 1989 og 1990 da vinterbalansen var henholdsvis 3.72 og 3.79 meter vann.

Sommerbalansen ble beregnet til 2.44 meter vann fordelt over breoverflaten (13.4 mill m³). Dette er mye mindre enn i 1988 da sommerbalansen var 4.03 meter, mye mer enn i 1989 (1.36 m) og noe mindre enn i 1990 (2.97 m).

SVARTISHEIBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	l/s·km ²
1400-1420	0.010	0.02	2.35	75	0.01	1.10	35	0.01	1.25	40
1350-1400	0.140	0.34	2.45	78	0.16	1.15	36	0.18	1.30	41
1300-1350	0.250	0.64	2.55	81	0.30	1.20	38	0.34	1.35	43
1250-1300	0.370	1.00	2.70	86	0.46	1.25	40	0.54	1.45	46
1200-1250	0.330	0.96	2.90	92	0.45	1.35	43	0.51	1.55	49
1150-1200	0.360	1.12	3.10	98	0.52	1.45	46	0.59	1.65	52
1100-1150	0.340	1.11	3.25	103	0.53	1.55	49	0.58	1.70	54
1050-1100	0.350	1.14	3.25	103	0.60	1.70	54	0.54	1.55	49
1000-1050	1.070	3.26	3.05	97	2.03	1.90	60	1.23	1.15	36
950-1000	0.630	1.70	2.70	86	1.42	2.25	71	0.28	0.45	14
900-950	0.540	1.27	2.35	75	1.57	2.90	92	-0.30	-0.55	-17
850-900	0.310	0.64	2.05	65	1.19	3.85	122	-0.56	-1.80	-57
800-850	0.350	0.58	1.65	52	1.72	4.90	155	-1.14	-3.25	-103
770-800	0.430	0.54	1.25	40	2.41	5.60	178	-1.87	-4.35	-138
770-1420	5.480	14.32	2.61	83	13.37	2.44	77	0.95	0.17	6

Tabell 26.



Figur 29: Massebalansediagram for Svartisheibreen 1991. Den største akkumulasjonen finner sted midt på breen fordi snø blåser ned fra de øvre, bratte områdene (se kart figur 52). Likevektslinjen lå 950 m o.h.

Mass balance diagram for Svartisheibreen 1991. The accumulation is highest in the middle of the glacier due to wind drift from the upper, steeper areas (figure 52). The winter balance was 2.61 m w.eq. and the summer balance 2.44 m w.eq. which resulted in a net balance of 0.17 m w.eq. The area distribution curve shows large areas around 1000 m a.s.l. Therefore the total net balance is very dependent on the net balance in this level. The ELA was 950 m a.s.l and the AAR was 70%.

Nettobalansen for 1991 ble et overskudd på 0.9 mill. m³ vann som utgjør 0.17 meter vann fordelt over hele breoverflaten. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist i tabell 26 og figur 29. Likevektslinjen lå 950 m o.h.

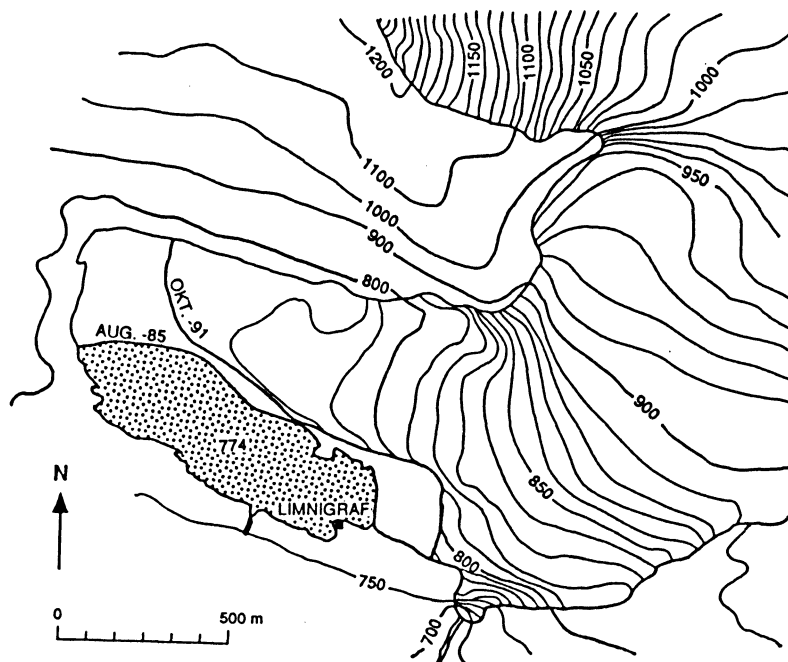
Ved akkumulasjonsmålingene ble det sondert opp til 1250 m o.h. Sonderingsforholdene var vanskelige over 1050 m o.h., og det var heller ikke mulig å opprettholde staker i de bratte partiene øverst på breen. Vinterbalansen ble derfor ekstrapolert ut fra sonderingene, og sommer- og nettobalansen ble trukket på grunnlag av erfaring og forutsetning om jevnt avtagende smelting med økende høyde. Endringen i gradienten til sommerbalansekurven skyldes trolig forskjellen i orientering og overflatehelling mellom de øvre deler og resten av breen.

Selv om usikkerheten i verdiene for den øverste delen av breen er relativt stor, anslått til ± 0.25 meter vann for vinterbalansen og ± 0.6 meter vann for sommerbalansen, resulterer det bare i en usikkerhet på ± 0.1 m for vinterbalansen og ± 0.2 m for sommerbalansen fordelt over hele breoverflaten.

Endring i frontposisjonen og utvikling av Svartisheivatnet

Svartisheibreen ble kartlagt i 1968, i 1985 og siste gang i 1991 (se figur 30). I hele denne perioden har brefronten trukket seg tilbake. Som følge av denne tilbaketrekningen er det blitt dannet et vann foran breen. I 1968 var Svartisheivannet bare ca 40 dekar stort. I 1985 var det vokst til rundt 240 dekar, og ved siste kartlegging i oktober 1991 hadde Svartisheivannet et areal på ca 400 dekar. Vannets areal er imidlertid noe usikkert fordi breen kalver i vannet, og det er vanskelig å trekke grensen mellom selve breen og isfjell som har brukket løs fra breen. Den siste tiden har tilbaketrekningen vært konsentrert om to områder - den vestlige delen av vannet der bretungen er nesten flat og kan være flytende, og den østlige delen der brefronten danner en 10-20 m høy front i vannet.

Etter at bremålingene startet på Svartisheibreen høsten 1987 ble det en gang tilfeldigvis registrert at vannstanden i Svartisheivannet hadde sunket og at vannet var bredemt. Den 30. september i 1990 ble det derfor installert en trykklimnigraf i vannet, med trykkcellen på 25 m dyp. Det foreligger kontinuerlige registreringer av vannstanden for perioden 30. sept 90 til 14. juni 1991. Limnigrammet er vist på figur 31.



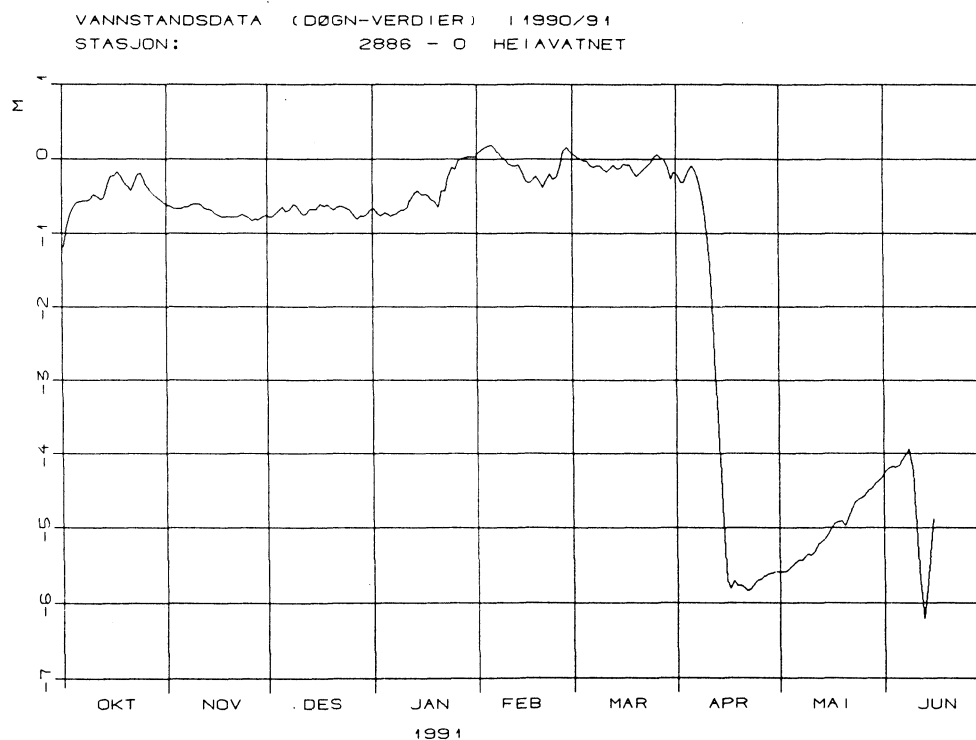
Figur 30: Endring i Svartisheibreens front. Vannet hadde så vidt begynt å dannes i 1968 og har vokst siden som følge av reduksjon i breens volum og tykkelse.

Change in terminus position at Svartisheibreen. The lake (774 m a.s.l.) appeared in 1968 due to reduction in glacier volume and thickness. The lake drains normally over a rock threshold, but subglacial drainage has occurred. The lake level is monitored with a limni-graph which was installed in september 1990.

Registreringene på limnigrafen (figur 31) viser at vannstanden holdt seg relativt konstant gjennom hele vinteren frem til 7. april 1991. Variasjonene var under en meter og skyldes sannsynligvis oppstuvning av snø i utløpet. I løpet av perioden 7. - 15. april sank vannstanden så med 5.5 m. Limnigrammet viser en jevn tapping på ca 0.7 m pr døgn i løpet av denne perioden. Med et areal på 0.4 km² tilsvarer det en vannføring på rundt 3.2 m³s⁻¹. Fra 15. april til 7. juni steg vannstanden med 2 meter før det igjen skjedde en senkning på 2.3 m i løpet av vel 3 døgn eller 0.7 m pr døgn som ved vannstandssenkningen i april.

Limnigrafen var ute av drift i perioden 14. juni - 29. september 1991. Da limnigrafen ble igangsatt igjen den 29. september var vannet nedtappet.

Det er ikke påvist hvor uttappingen har funnet sted, men topografien i området foran breen gir ingen annen mulighet enn skardet ca 500 m øst for limnigrafen (figur 30) der en elv kommer ut fra breen. Området rundt Svartisheibreen er rikt på kalkstein og grotter. Når man ser på den meget jevne tapningen av vannet, må en også vurdere muligheten for at tapningen har skjedd gjennom en karsttunnel som periodevis blottlegges.



Figur 31: Vannstanden i Svartisheivatnet.

Lake level in Svartisheivatnet.

ENGABREEN (159.81)

Engabreen ble første gang besøkt 5. februar. Da ble to tårn og en stake målt og skjøtt. Tårnene ble også målt 25.april. Akkumulasjonsmålingene ble utført i perioden 15. - 17.mai. Ved 39 sonderinger over 900 m o.h. var snødypet mellom 4.4 og 7.7 meter. Snøgrensen lå da omtrent 500 m o.h. På ett tårn og en stake der sonderingene kunne kontrolleres, var overensstemmelsen god. Ved det ene tårnet (1335 m o.h.) ble det tatt en tetthetsprøve ved kjerneboring ned til sommeroverflata på 7.63 meter. Snøens middeltetthet var 0.46 g/cm³.

Breen ble besøkt to ganger i løpet av sommeren før minimumsmålingene 30. september. Nettobalansen kunne da bestemmes på to tårn og to staker over 900 m o.h. På bretungen lyktes det ikke å opprettholde staker gjennom sommeren. Ut fra målingene er det gjort et minimumsestimat av sommer- og nettobalansen på bretungen. Siden bare en liten del av breen (ca. 6%) ligger lavere enn 900 m o.h. påvirker selv store feil i dette estimatet i liten grad sommer- og nettobalansen for hele breen.

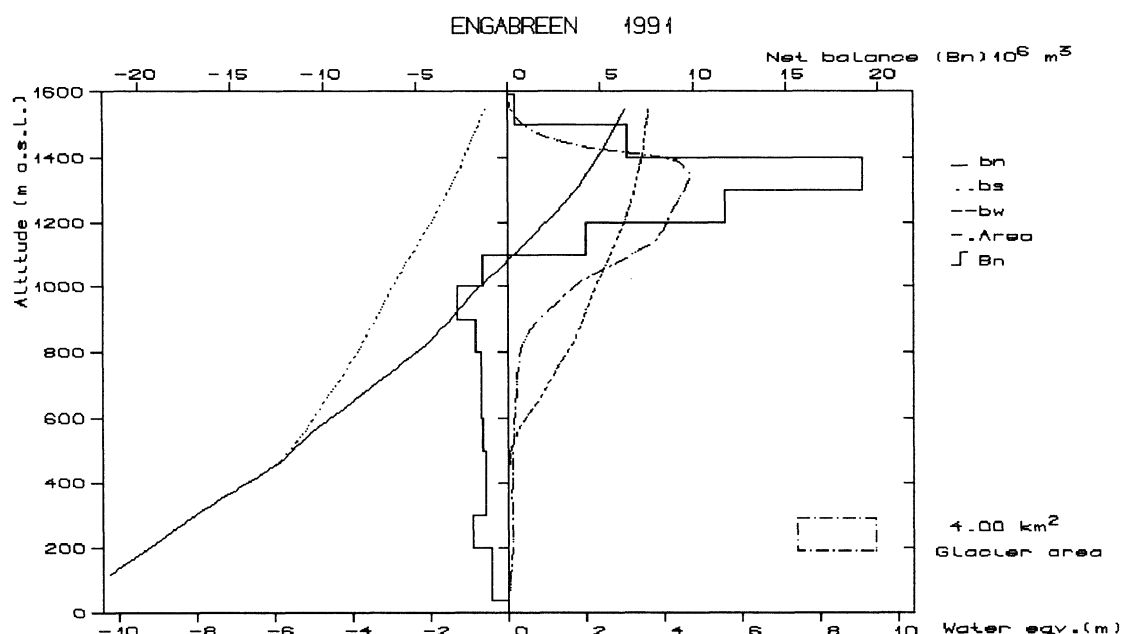
Vinterbalansen på Engabreen ble beregnet til 2.83 meter vann jevnt fordelt over hele breoverflaten (107.6 mill m³). Det er 96% av middelerdien for perioden 1970 - 90.

Sommerbalansen ble beregnet til 2.14 meter vann (81.4 mill m³) som er 95% av middelerdien for perioden 1970 - 90.

ENGABREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w	b _w		B _s	b _s		B _n	b _n	
		10 ⁶ m ³	m		10 ⁶ m ³	m		10 ⁶ m ³	m	
1500-1594	0.12	0.43	3.60	114	0.07	0.60	19	0.36	3.00	95
1400-1500	2.51	8.79	3.50	111	2.38	0.95	30	6.40	2.55	81
1300-1400	9.35	31.32	3.35	106	12.16	1.30	41	19.17	2.05	65
1200-1300	8.55	26.68	3.12	99	14.96	1.75	55	11.71	1.37	43
1100-1200	7.60	21.28	2.80	89	17.10	2.25	71	4.18	0.55	17
1000-1100	4.66	11.42	2.45	78	12.82	2.75	87	-1.40	-0.30	-10
900-1000	2.46	5.09	2.07	66	7.87	3.20	101	-2.78	-1.13	-36
800-900	0.94	1.65	1.75	55	3.43	3.65	116	-1.79	-1.90	-60
700-800	0.50	0.63	1.25	40	2.08	4.15	132	-1.45	-2.90	-92
600-700	0.37	0.28	0.75	24	1.76	4.75	151	-1.48	-4.00	-127
500-600	0.27	0.05	0.20	6	1.43	5.30	168	-1.38	-5.10	-162
400-500	0.21	0.00	0.00	0	1.27	6.05	192	-1.27	-6.05	-192
300-400	0.17	0.00	0.00	0	1.26	7.40	235	-1.26	-7.40	-235
200-300	0.22	0.00	0.00	0	1.90	8.65	274	-1.90	-8.65	-274
40-200	0.09	0.00	0.00	0	0.92	10.25	325	-0.92	-10.25	-325
40-1594	38.02	107.62	2.83	90	81.41	2.14	68	26.21	0.69	22

Tabell 27.



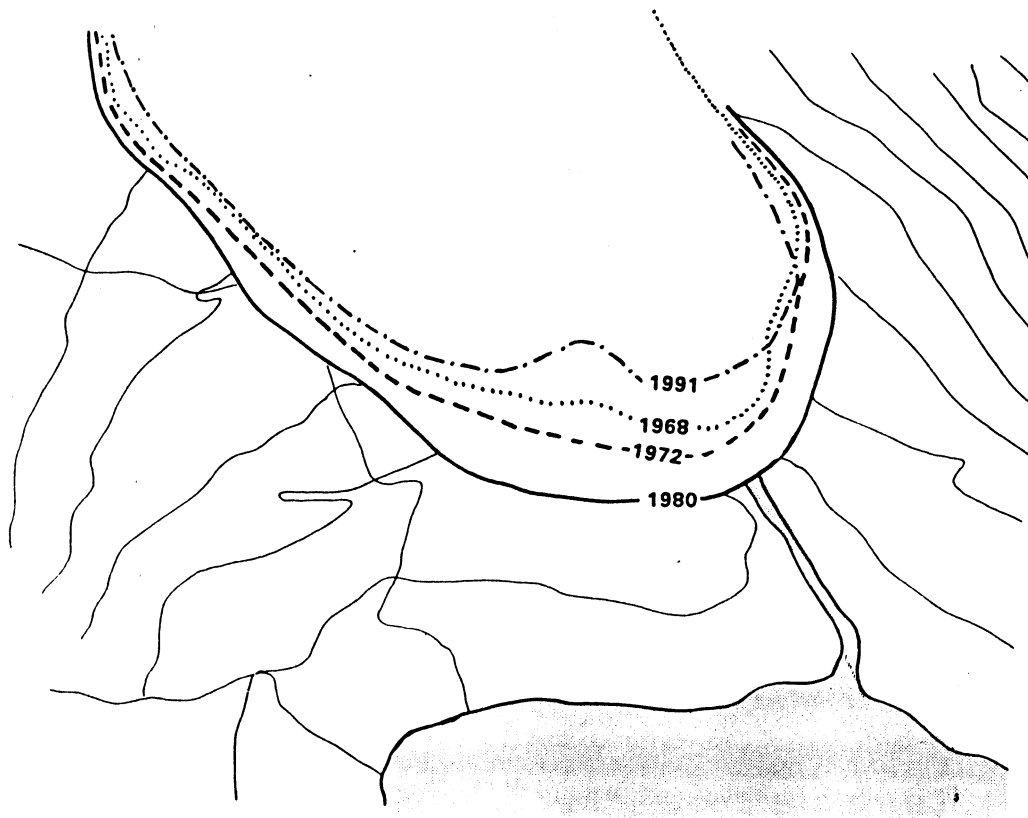
Figur 32: Massebalansediagram for Engabreen 1991. Arealfordelingskurven viser at Engabreen har et stort firnområde og en bretunge som går nesten ned til havnivå. Nettobalansen i 1991 var +0.69 m v.ek., og likevektslinjen lå 1090 m o.h.

Mass balance diagram for Engabreen 1991. The area distribution curve shows a large accumulation area and an outlet which reaches almost to sea level. Due to a very mild winter no accumulation was measured below 500 m a.s.l. The winter balance was 2.83 m w.eq., and the summer balance was 2.14 m w.eq., both slightly less than average for the period 1970 - 90. The net balance was +0.69 m w.eq which is about equal to the 1970 - 90 average. The ELA was 1090 m a.s.l., and the AAR was 75%.

Dette ga en nettobalanse på + 0.69 meter vann fordelt over hele breoverflaten. Breen holdt i 1991 tilbake 26.2 mill m³ vann fra vassdraget. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist i tabell 27 og figur 32. Likevektslinjen lå 1090 m o.h.

Endringer i frontposisjon

Helt siden slutten av forrige århundre har fronten av Engabreen trukket seg tilbake. Målinger av endringer i breens front ble startet av Rekstad i 1902, og frontposisjonen er med unntak av noen korte perioder målt årlig langs en linje vinkelrett på brefronten. Mellom 1930 og 1945 trakk fronten av breen seg ca 1750 meter tilbake og avdekket hele Engabrevatnet. Da breen ble kartlagt i 1968 lå brefronten 350 meter fra Engavatnet.



ENGABREEN

0 100 200 300

BREFRONTVARIASJONER
1968-91

Figur 33: Endring i frontposisjonen på Engabreen 1968 - 1991. Breen ble flyfotografert i 1968. Siden 1970 er målingene gjort fra 11 fastpunkt langs brefronten.

Change in the front position of Engabreen 1968 - 1991. The distance from fixed points and the glacier is measured in fixed directions each autumn. The current retreat began in 1986.

I 1972 ble det etablert 11 punkt rundt tungen på Engabreen for å få et mer detaljert bilde av forandringene i bretungens posisjon. Avstanden til breen blir målt i bestemte retninger hver høst. På figur 33 er bretungen i 1968 kartlagt ved flyfotografering og frontens posisjon i 1972, 1980 og 1991 vist.

Målingene viser at endringen i bretungens posisjon fra år til år varierer mye fra punkt til punkt. Gjennomsnittet for flere punkt blir derfor mer representativt enn målingen langs en



Ved Engabreen blir det hver høst gjort målinger av bretungens posisjon i forhold til en rekke punkt langs brekanten. Rundt 1980 rykket breen fram, men har siden trukket seg tilbake igjen. Bildet viser en morene fra denne framrykningen som er lagt opp like inntil et av målepunktene.
Foto: Nils Haakensen.

At Engabreen annual front position measurements are performed from various fixed points around the glacier tongue. Around 1980 the glacier made a short advance. The point shown on the picture was nearly overridden by the glacier and a small moraine was formed very close to this point.

linje normalt på brekanten. De følgende resultatene gjelder for området lavere enn 100 m o.h. der endringene har vært størst.

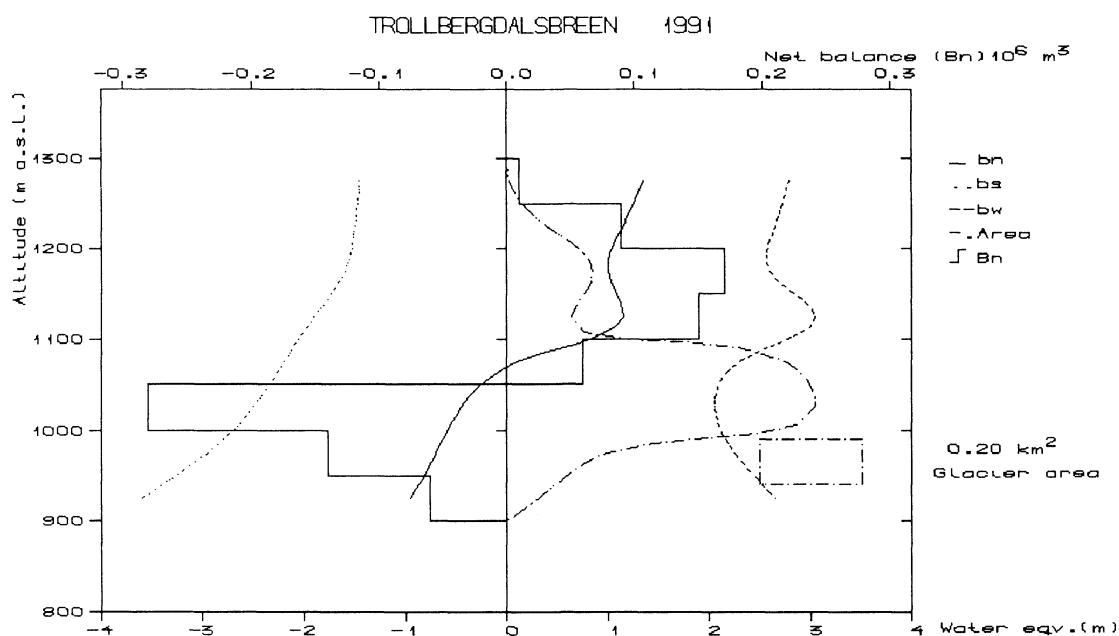
Mellom 1972 og 1975 trakk bretungen seg 29 meter tilbake. I perioden fram til 1980 gikk den så fram 75 meter, og ytterligere 10 meter fram til 1982. Deretter holdt bretungen seg omtrent i ro fram til 1986 før den begynte å trekke seg relativt hurtig tilbake. Ved målingen høsten 1991 hadde den trukket seg 86 meter tilbake siden 1986.

TROLLBERGDALSREEN (161.F)

Massebalansemålinger ble gjort på Trollbergdalsbreen i perioden 1970 - 75. I 1975 ble bare nettobalansen målt. Målingene ble gjenopptatt i 1990. Et oversiktskart over breen er vist på figur 15.

Akkumulasjonsmålingene ble gjort 23. - 24. mai. Alle staker var snødd ned, men to nye ble satt ut hhv. 1070 og 1190 m o.h. Snødypet ble sondert i 36 punkt langs 4 km profiler. Sommeroverflaten fra 1990 var lett å kjenne ved sondering. Snødypet varierte mellom 3.7 og 5.6 meter. Snøtettheten ble målt i en kjerneprøve ned til 4.1 meter 1070 m o.h. Middeltettheten var der 0.475 g/cm^3 .

Stakene som ble satt ut i mai, og staker som hadde smeltet fram, ble målt og ettersett 5. august. Minimumsmålingene ble gjort 30. september.



Figur 34: Massebalansediagram for Trollbergdalsbreen 1991. Den ujevne fordelingen av vinterbalansen skyldes vinddrift. Nettobalansen ble beregnet til -0.01 m vannekvivalenter, og likevektslinjen lå 1070 m o.h.

Mass balance diagram for Trollbergdalsbreen 1991. The mass balance was measured in the period 1970 - 75, and measurements started again in 1990. The shape of the winter balance curve is due to wind drift. The winter balance was 2.32 m w.eq. , and the summer balance was 2.33 m w.eq. The ELA was 1070 m a.s.l. , and the AAR was 38%.

TROLLBERGDALSBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	b _w l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	b _s l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	b _n l/s·km ²
1250-1300	0.005	0.01	2.80	89	0.01	1.45	46	0.01	1.35	43
1200-1250	0.080	0.21	2.65	84	0.12	1.50	48	0.09	1.15	36
1150-1200	0.173	0.45	2.60	82	0.28	1.60	51	0.17	1.00	32
1100-1150	0.128	0.39	3.05	97	0.24	1.90	60	0.15	1.15	36
1050-1100	0.556	1.28	2.30	73	1.22	2.20	70	0.06	0.10	3
1000-1050	0.615	1.26	2.05	65	1.54	2.50	79	-0.28	-0.45	-14
950-1000	0.199	0.45	2.25	71	0.59	2.95	94	-0.14	-0.70	-22
900-950	0.063	0.17	2.65	84	0.23	3.60	114	-0.06	-0.95	-30
900-1300	1.819	4.22	2.32	74	4.23	2.33	74	0.00	0.00	0

Tabell 28.

Vinterbalansen ble beregnet til 2.32 meter vann (4.2 mill m³) som er 76% av vinterbalansen i 1990 og 96% av gjennomsnittet for perioden 1970 - 74.

Sommerbalansen ble beregnet til 2.33 meter vann (4.2 mill m³) som er 88% av sommerbalansen i 1990 og 74% av gjennomsnittet for perioden 1970 - 74.

Beregningene viser at nettobalansen på Trollbergdalsbreen i 1991 var -0.01 meter. I 1990 var nettobalansen -0.11 meter vann. Gjennomsnittet for perioden 1970 - 75 var til sammenligning -0.66 meter vann. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist i tabell 28 og figur 34. Likevektslinjen lå 1070 m o.h.

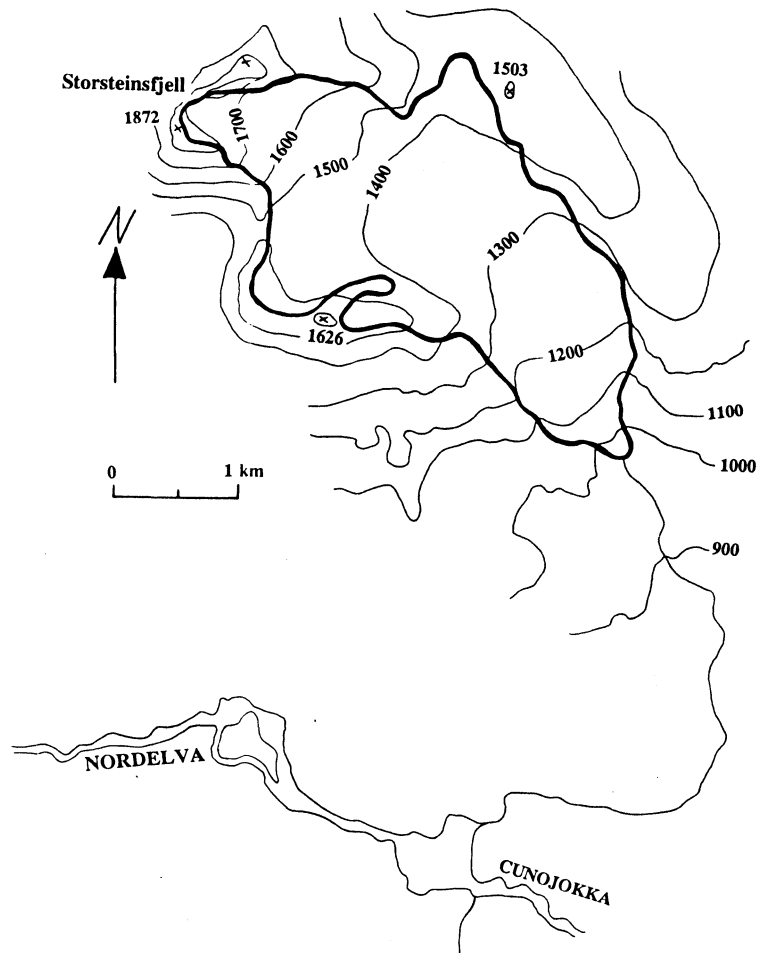
STORSTEINSFJELLBREEN (173.AB6B)

Massebalansen på Storsteinsfjellbreen i Skjomen, Nordland, ble målt i perioden 1964 - 68. Målingene ble gjenopptatt i 1991 for å se om massebalanseforholdene har endret seg vesentlig siden den gang. Det er også av betydning å få samtidige målinger på Storsteinsfjellbreen og i Svartisenområdet. Et oversiktskart over Storsteinsfjellbreen er vist på figur 35.

Første besøk var akkumulasjonsmålingene som ble gjort 14. og 15. mai. Snødypet ble sondert i 56 punkt. Sommeroverflaten var lett å identifisere under 1600 m o.h. Snødypet var 3 - 4 meter på den nedre delen og 5 - 6 meter på den øvre. En tetthetsprøve ble tatt 1390 m o.h. Middeltettheten var 0.44 g/cm³. Det ble satt ut 7 staker.

Neste besøk var 8. august. Alle de 7 stakene ble funnet og målt. Stakene var da blitt 2.5 - 3.5 meter lengre siden mai.

STORSTEINSFJELLBREEN



Figur 35: Kart over Storsteinsfjellbreen i Skjomen, Nordland.

Map of Storsteinsfjellbreen in Skjomen, Nordland County.

Minimumsmålingene ble gjort 7. oktober. Fem staker ble målt og ettersett. Stakene var blitt 0.3 - 0.5 meter lengre siden august.

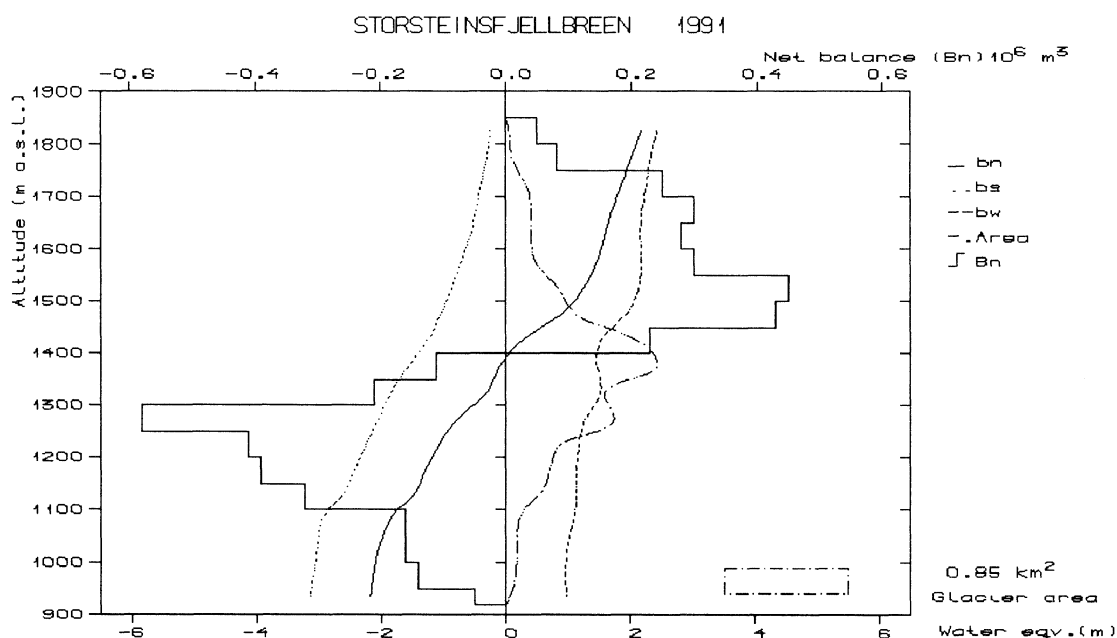
Vinterbalansen ble beregnet til 1.56 meter vann fordelt over hele breoverflaten (9.6 mill m³). Det er 105 % av gjennomsnittet for perioden 1964 - 68. Sommerbalansen ble beregnet til 1.60 meter vann (9.8 mill m³) som er 113 % av gjennomsnittet for perioden 1964 - 68.

Nettobalansen ble beregnet til -0.04 meter vann fordelt over hele breoverflaten. I perioden 1964 - 68 var midlere nettobalanse +0.06 meter vann. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist på figur 36 og tabell 29. Likevektslinjen lå 1395 m o.h.

STORSTEINSFJELLBREEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m	b _w l/s·km ²	B _s 10 ⁶ m ³	b _s m	b _s l/s·km ²	B _n 10 ⁶ m ³	b _n m	b _n l/s·km ²
1800-1850	0.022	0.05	2.43	77	0.01	0.25	8	0.05	2.18	69
1750-1800	0.041	0.10	2.33	74	0.01	0.31	10	0.08	2.02	64
1700-1750	0.134	0.30	2.26	72	0.05	0.39	12	0.25	1.87	59
1650-1700	0.173	0.38	2.19	69	0.08	0.48	15	0.30	1.71	54
1600-1650	0.174	0.38	2.17	69	0.10	0.58	18	0.28	1.59	50
1550-1600	0.208	0.45	2.18	69	0.15	0.72	23	0.30	1.46	46
1500-1550	0.357	0.76	2.13	68	0.31	0.88	28	0.45	1.25	40
1450-1500	0.484	0.93	1.93	61	0.51	1.05	33	0.43	0.88	28
1400-1450	0.898	1.37	1.53	49	1.14	1.27	40	0.23	0.26	8
1350-1400	1.032	1.52	1.47	47	1.63	1.58	50	-0.11	-0.11	-3
1300-1350	0.674	1.03	1.53	49	1.24	1.84	58	-0.21	-0.31	-10
1250-1300	0.743	0.95	1.28	41	1.53	2.06	65	-0.58	-0.78	-25
1200-1250	0.379	0.45	1.18	37	0.85	2.25	71	-0.41	-1.07	-34
1150-1200	0.300	0.34	1.14	36	0.73	2.44	77	-0.39	-1.30	-41
1100-1150	0.215	0.25	1.14	36	0.57	2.65	84	-0.32	-1.51	-48
1100-1150	0.120	0.13	1.12	36	0.34	2.87	91	-0.21	-1.75	-55
1000-1050	0.080	0.08	1.02	32	0.24	3.01	95	-0.16	-1.99	-63
950-1000	0.064	0.06	0.96	30	0.20	3.10	98	-0.14	-2.14	-68
920-950	0.025	0.02	0.97	31	0.08	3.15	100	-0.05	-2.18	-69
920-1850	6.123	9.55	1.56	49	9.77	1.60	51	-0.06	-0.04	-2

Tabell 29.



Figur 36: Massebalansediagram for Storsteinsfjellbreen 1991. Nettobalansen var - 0.04 m vannekvivalenter, og likevektslinjen lå 1395 m o.h.

Mass balance diagram for Storsteinsfjellbreen 1991. The mass balance was measured in the period 1964 - 68, and measurements were restarted in 1991. The winter balance was 1.56 m w.eq., and the summer balance was 1.60 m w.eq. Both were slightly higher than the 1964 - 68 average. The ELA was 1395 m a.s.l., and the AAR was 43%.

LANGFJORDJØKULEN (211.33A)

Akkumulasjonsmålingene ble gjort 14. mai. En stake nederst på breen hadde overlevd vinteren, og 3 nye ble satt ut. Snødypet ble sondert i 28 punkt langs et lengdeprofil fra toppen til brefronten. Over 900 m o.h. var sommeroverflaten fra 1990 dårlig utviklet. Snødypet varierte mellom 3 og 6 meter. En stake fra 1989 som stod 900 m o.h. smeltet fram ut på sommeren og bekreftet sonderingen i dette høydenivået. En tetthetsprøve ble tatt på toppen (1060 m o.h.) ned til sommeroverflaten på 4.9 meter. Middeltettheten på snøpakken var 0.46 g/cm^3 .

Vinterbalansen ble beregnet til 2.31 m vann fordelt over hele breens areal (11.1 mill m^3). Det er noe mindre enn i 1989 og 1990 da vinterbalansen var henholdsvis 2.46 og 2.64 m vann. Usikkerheten i beregningene er anslått å være $\pm 20\%$.

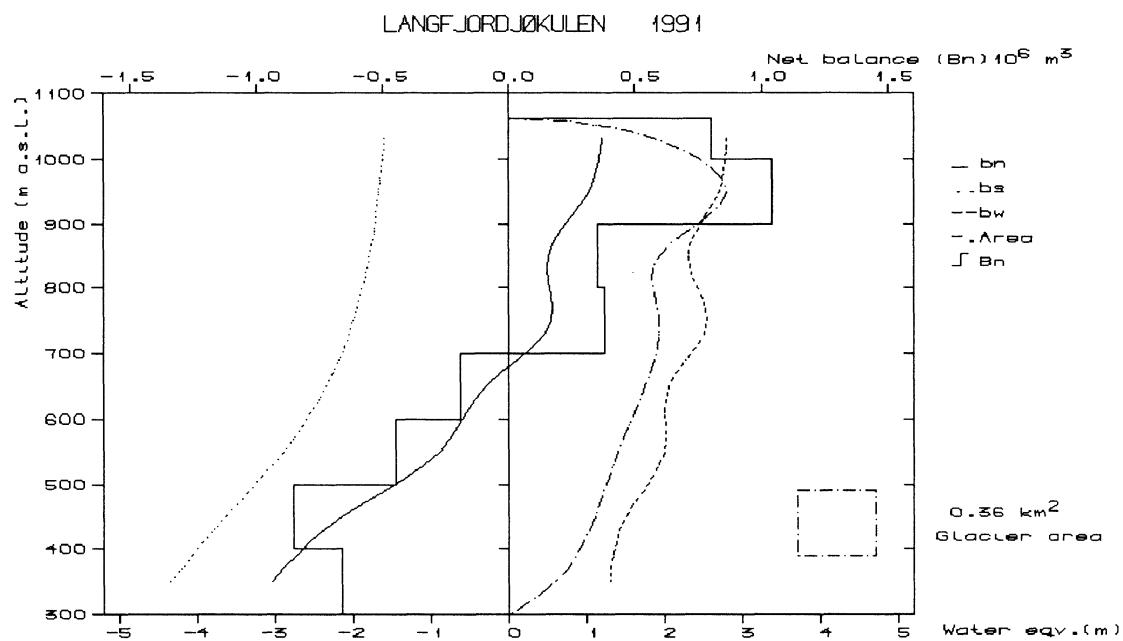
Stakene ble ettersett og målt 10. august og ved minimumsmåling 4. oktober. Sommerbalansen ble beregnet til 2.23 m vann (10.7 mill m^3). Det er betydelig mindre enn i 1989 og 1990 da sommerbalansen var henholdsvis 3.03 og 3.04 m vann. Usikkerheten er anslått til $\pm 10\%$.

Nettobalansen for Langfjordjøkulen ble dermed + 0.09 m vann fordelt over hele breens areal. I 1989 og 1990 var nettobalansen hhv. -0.57 og -0.40 m vann. Vinter-, sommer- og nettobalansens fordeling med høyden er vist i tabell 30 og på figur 37. Likevektslinjen lå 680 m o.h.

LANGFJORDJØKULEN 1991

Høyde intervall m o.h.	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B_w	b_w		B_s	b_s		B_n	b_n	
		10^6m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	10^6m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	10^6m^3	m	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$
1000-1062	0.668	1.87	2.80	89	1.07	1.60	51	0.80	1.20	38
900-1000	1.005	2.71	2.70	86	1.68	1.67	53	1.04	1.03	33
800-900	0.691	1.59	2.30	73	1.24	1.80	57	0.35	0.50	16
700-800	0.691	1.76	2.55	81	1.38	2.00	63	0.38	0.55	17
600-700	0.628	1.29	2.05	65	1.48	2.35	75	-0.19	-0.30	-10
500-600	0.503	1.01	2.00	63	1.46	2.90	92	-0.45	-0.90	-29
400-500	0.396	0.59	1.50	48	1.45	3.65	116	-0.85	-2.15	-68
300-400	0.215	0.28	1.30	41	0.94	4.35	138	-0.66	-3.05	-97
300-1062	4.797	11.10	2.31	73	10.70	2.23	71	0.40	0.08	2

Tabell 30.



Figur 37: Massebalansediagram for Langfjordjøkulen 1991. Nettobalansen var +0.08 m v.ek., og likevektslinjen lå 680 m o.h.

Mass balance diagram for Langfjordjøkulen 1991. The winter balance was 2.31 m w.eq., and the summer balance was 2.23 m w.eq. The resulting net balance was +0.08 m w.eq. The ELA was 680 m a.s.l., and the AAR was 67%.

SAMMENDRAG 1991

Balanseåret 1990 - 91 ble et lite spennende år sett med glasiologiske øyne. Både vinterbalansen og sommerbalansen var nær eller litt under gjennomsnittet for de fleste brene. Forholdsvis størst vinterbalanse hadde Ålfotbreen med 113% av middel, og størst sommerbalanse hadde Gråsubreen og Storsteinsfjellbreen med hhv. 119% og 113% av middelverdien for de årene målinger har pågått. Den relativt store vinterbalansen på Ålfotbreen skyldes først og fremst at mai og juni var så pass kalde at mesteparten av nedbøren kom som snø til langt ut i juni. Vinter-, sommer- og nettobalansen på breene målt i 1991 er vist i tabell 31.

Nettobalansen ble nær null for de fleste av de målte breene. Av de 14 breene hadde 9 en nettobalanse på 0.0 ± 0.2 m. Størst overskudd hadde de to mest maritime breene Ålfotbreen og Engabreen med et overskudd på hhv. 0.8 og 0.7 m. Størst underskudd hadde de mest kontinentale breene Gråsubreen, Hellstugubreen og Austre Okstindbreen, alle med et underskudd på omkring 0.5 m vannekvivalenter.

Bre	Areal S km ²	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse			ELA m o.h.
		B _w 10 ⁶ m ³	b _w m l/s·km ²		B _s 10 ⁶ m ³	b _s m l/s·km ²		B _n 10 ⁶ m ³	b _n m l/s·km ²		
Ålfotbreen	4.8	19.67	4.09	130	15.87	3.30	105	3.80	0.79	25	1035
Nigardsbreen	47.8	93.46	1.95	62	83.74	1.75	55	9.72	0.20	7	1510
Austdalsbreen ^{*)}	12.0	19.62	1.64	52	19.59	1.64	52	0.03	0.00	0	1435
Spørteggbreen	27.9	39.11	1.40	44	38.16	1.37	43	0.95	0.03	1	1540
Hardangerjøkulen	17.2	26.07	1.52	48	27.72	1.61	51	-1.65	-0.09	-3	1660
Storbreen ^{**))}	5.3	6.64	1.26	40	7.41	1.41	45	-0.77	-0.15	-5	1740
Hellstugubreen	3.0	2.91	0.98	31	4.27	1.43	45	-1.36	-0.45	-14	1950
Gråsubreen	2.2	1.47	0.67	21	2.61	1.19	38	-1.14	-0.52	-17	2195
A. Okstindbreen ^{***)}	14.0	25.01	1.79	57	32.24	2.30	73	-7.23	-0.51	-16	1315
Svartisheibreen	5.5	14.32	2.61	83	13.37	2.44	77	0.95	0.17	6	950
Engabreen	38.0	107.62	2.83	90	81.41	2.14	68	26.21	0.69	22	1090
Trollbergdalsbreen	1.8	4.22	2.32	74	4.23	2.33	74	-0.01	-0.01	0	1070
Storsteinsfjellbreen	6.1	9.55	1.56	49	9.77	1.60	51	-0.22	-0.04	-2	1395
Langfjordjøkulen	4.8	11.10	2.31	73	10.70	2.23	71	0.40	0.08	2	680

^{*)}Kalving utgjør 1.62 mill m³ av B_s og B_n ^{**) utført av Norsk Polarinstitut ^{***)} utført av Universitetet i Århus}

Tabell 31.

HASTIGHETSMÅLINGER PÅ NORSKE BREER I 1990 OG 1991

HASTIGHETSMÅLINGER PÅ AUSTDALSMBREEN 1990 OG 1991

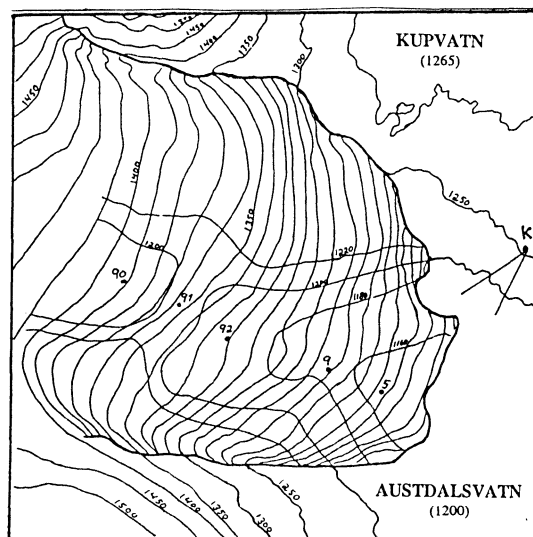
Hastighetsmålinger har pågått siden høsten 1987. Resultater fram til høsten 1989 er publisert i en konsekvensanalyse for Austdalsbreen (Laumann, 1990). Målinger vil fortsette i de nærmeste årene ved ulike vannstander og frontposisjoner for å dokumentere eventuelle forandringer i hastigheten til breen som følge av reguleringen av Austdalsvatnet.

Stakeinnmåling med lange mellomrom

Den vanligste metoden for beregning av breenes hastighet, er å følge breenes bevegelse på staker som koordinatfestes til ulike tidspunkt, slik at bevegelsen og middelhastigheten i perioden mellom målingene kan beregnes.

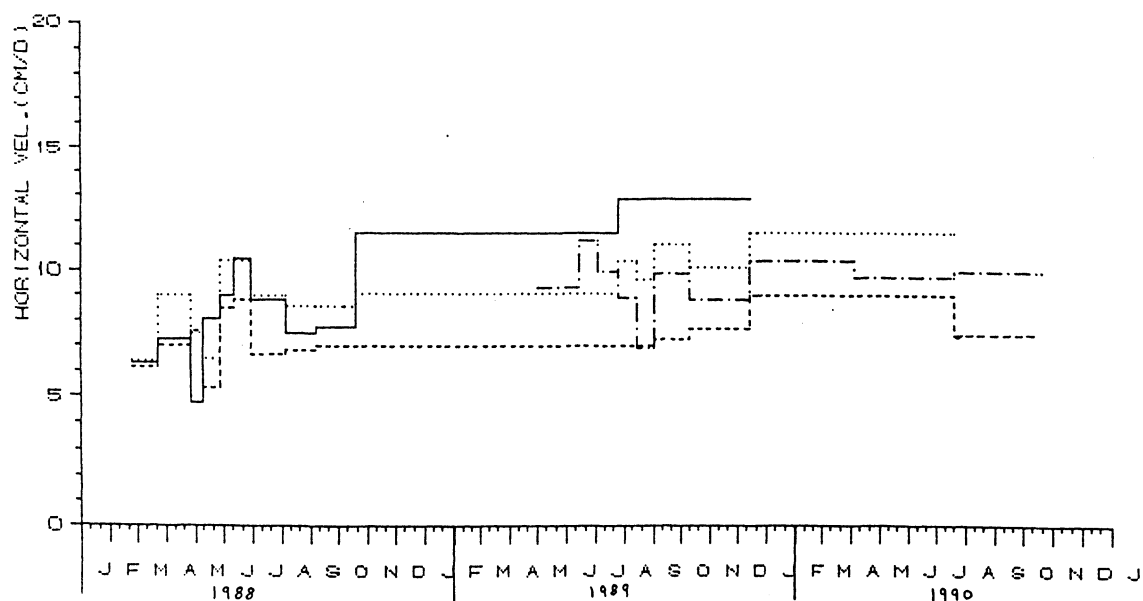
På Austdalsbreen er hastigheter beregnet på et varierende antall staker siden 1987. I startfasen ble det benyttet ca 30 staker som var fordelt utover breoverflaten. Antallet er nå redusert til fem staker som står langs senterlinjen, fra brefronten til første terskel ca 1200 m fra fronten (figur 38). Resultater av målingene for utvalgte staker er vist på figur 39. Figur 40 viser trenden i disse målingene ved fronten (1), ca 500 m fra fronten (2) og ca 1000 m fra fronten (3).

På grunn av tekniske problemer mangler det data fra sommeren 1990 og ut 1991 for områdene ca 500 m fra fronten, og fra høsten 1989 til våren 1991 for de frontnære områdene. Det er imidlertid foretatt "kontinuerlige" hastighetsmålinger over 2 dager i juni 1990. Data fra disse målingene er plottet som punkter i figuren, og gir ekstra informasjon i denne perioden.



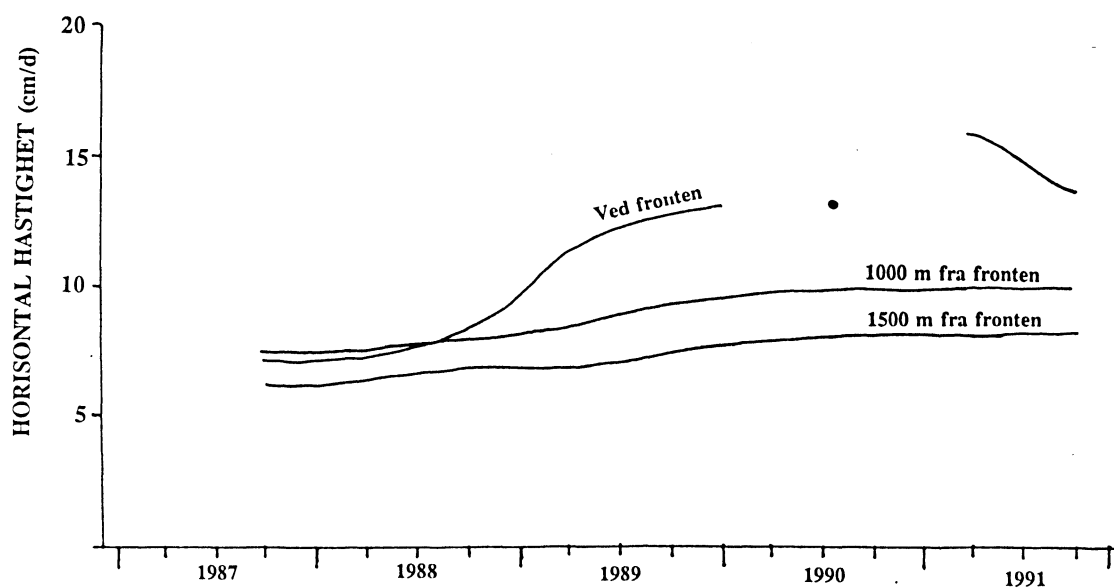
Figur 38: Austdalsbreen med bunntopografi som viser den nederste terskelen, samt staker brukt til hastighetsmålinger. Brefronten er fra 1989. K viser posisjonen til et kamera som overvåker brefronten. Nord er opp på kartet.

Surface and bottom topography at Austdalsbreen showing a threshold app. 1200 m from the 1989 terminus. Stakes used for velocity measurements are also shown. A camera which takes pictures of the glacier every 15 min is located in position K. North is upwards on the map.



Figur 39: Hastigheter målt på utvalgte staker i perioden 1987 - 90. Stakeplassering er vist på figur 38.
 — stake 5 ... stake 9 -- stake 92 - - stake 90

Velocities on Austdalsbreen measured using stakes between 1987 and 1990. Stake positions are shown in figure 38.



Figur 40: Endringer i hastigheten i utvalgte områder på Austdalsbreen fra 1987 til 1992.

Changes in ice velocity on Austdalsbreen between 1987 and 1992 at the glacier front (upper curve), 1000 m from the terminus and 1500 m from the terminus.



Figur 41: Hastigheter målt på staker nær Austdalsbreen front fra 1987 til og med 1991.

Ice velocities measured using stakes close to the front of Austdalsbreen between 1987 and 1992.

Figur 40 viser at det har vært en øking av hastigheten over hele tids-perioden. Hastighetsforandringene skyldes vannstandshevingen i Austdalsmagasinet. Oppfyllingen startet sommeren 1988, og vannet steg til kote 1180 i løpet av høsten. Første oppfylling til HRV (1200 m o.h) ble foretatt vinteren 1989/90. På grunn av stort tilsig og en mild vinter var vannstanden nær HRV hele sommeren 1990. Nevneverdig tapping av magasinet ble ikke foretatt før vinteren 1990/91. Figur 40 viser at virkningen av hele oppfyllingen kan spores ca 1000 m inn på breen.

I de frontnære områdene har hastigheten økt fra 7 cm/d til ca 15 cm/d (figur 39 og 41). Et interessant trekk i bildet er imidlertid den avtagende tendens som kan spores på målingene fra vår til høst 1991. Det har vært observert flere steder at breenes hastighet er høyere om våren enn utover sommeren og høsten (Hooke et al. 1989, Iken og Bindshadler 1986). Det skyldes økende vanntilgang til breenes dreneringssystem om våren slik at friksjonen under breen minker. Det er likevel overaskende at dette nå også skjer på Austdalsbreen fordi vannstanden i Styggevatnmagasinet er høyest på høsten når den målte hastighet er lavest. En mulig årsak til dette kan være at breen nå har kalvet så langt tilbake at variasjoner i vannstanden ikke har så stor effekt på hastigheten som tidligere.

Før oppfyllingen kunne det også på Austdalsbreen observeres en tendens til økende hastighet på våren og forsommeren. Dette er vist på figur 41 som viser hastighetsforandringer for en stake nær fronten. Hastigheten avtar i løpet av vinteren 1987/88 for deretter å øke i mai/juni 1988 når smeltingen starter.

Frontmålinger viser at breen har trukket seg ca 200 m tilbake fra høsten 1988 til høsten 1990 (figur 21). Målinger vår og høst 1991 viser imidlertid at tilbakegangen nå delvis har opphørt. Enkelte områder langs fronten har faktisk gått fram, spesielt i breens nordøstlige del. Om dette tyder på en varig stabilisering av brefronten eller om kalvingen under oppfyllingen var så kraftig at breen nå "henter seg inn" igjen, er det for tidlig å si med sikkerhet.

Kontinuerlige hastighetsmålinger

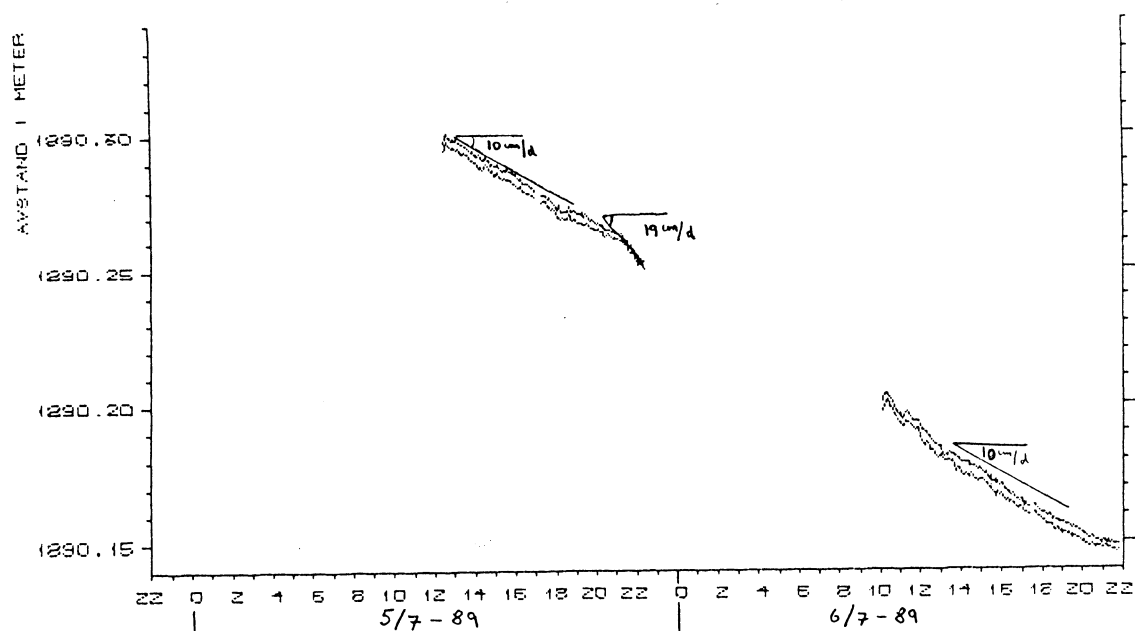
Av figur 39 og 41 ser man at det er relativt store hastighetsvariasjoner over korte tidsperioder. For å undersøke dette i detalj er det utviklet et målesystem som måler hastigheter nærmest kontinuerlig på et fast punkt på breen. Spesielt interessant er betydningen av vannstandshevingen på denne "rykk og napp" bevegelsen.

Slike målinger ble utført ved stake 92 ca 1000 meter fra brefronten 5. - 6. juli 1989 og 19. - 21. august 1990, og ved stake 5 nær brefronten 19. august 1990, 1. - 6. juni og 27. - 28. september 1991.

Resultatene fra 1989 og 1990 (stake 92) er vist på figur 42 og 43. Figurene viser avstanden til staken fra et fast punkt på land. Avstanden ble målt hvert 10. sekund og gjennomsnittet for hvert 5. minutt ble beregnet og lagret. På figuren er det plottet to kurver som representerer middelerverdi pluss/minus standardavviket i hvert tidsintervall. Breen beveger seg rett mot målepunktet slik at hellingen på kurvene representerer breens hastighet. Brudd i kurven skyldes manglende data. Vannstanden i magasinet ved disse målingene var på kote 1180 i 1989 og kote 1200 i 1990.

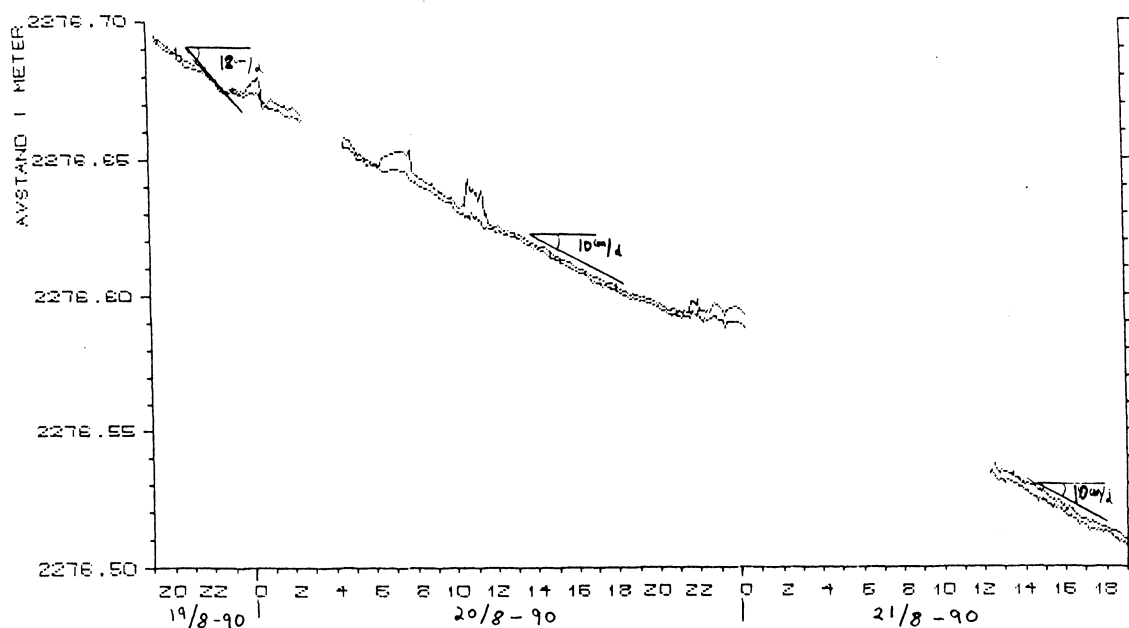
En sammenligning av figur 42 og 43 viser at gjennomsnittshastigheten i begge periodene var ca. 10 cm/d med plutselige rykk som varer noen få timer. Denne gjennomsnittsverdien finner man også igjen i figur 39 (stake 92) og 40 (1000 m fra brefronten). Det viser at virkningen av reguleringen var minimal nær terskelen ca 1000 m fra brefronten både når det gjelder stakens middelhastighet og breens "rykk og napp" bevegelse.

Samtidig med målingene på stake 92 (1000 m fra brefronten) ble det i august 1990 også forsøkt målt på stake 5 nær brefronten. På grunn av tekniske problemer ble måleserien her bare på 4 timer. Middelhastigheten for dette tidsrommet var 13 cm/døgn.



Figur 42: Endring i avstanden fra et fast punkt foran breen til stake 92 målt 5. - 6.juli 1989. Linjene gir middelveiden over 5 min. $\pm$ et standardavvik. Hellingen angir hastigheten.

The change in distance between a fixed point in front of the glacier and stake 92 on 5 and 6 July 1991. The curves show 5 min average $\pm$ one standard deviation. The velocity is given by the slope of the curve.



Figur 43: Endring i avstanden fra et fast punkt foran breen til stake 92 målt 19. - 21. august 1990.

The change in distance between a fixed point and stake 92, on 19 - 21 August 1990 (see figure 42).

Tidsrommet er for kort til å trekke konklusjoner om "rykk og napp"-bevegelsen. Sammenligning med figur 39 og 40 antyder at middelhastigheten nær fronten hadde økt fra ca 8 cm/d (29 m/år) i 1988 til 13 cm/d (47 m/år) i 1990.

Resultatene fra 1991 er vist på figur 44 og 45. Avstanden til stake 5 ble målt med et geodimeter hvert 10. sekund, og gjennomsnittet for hvert minutt ble lagret sammen med standardavviket i perioden.

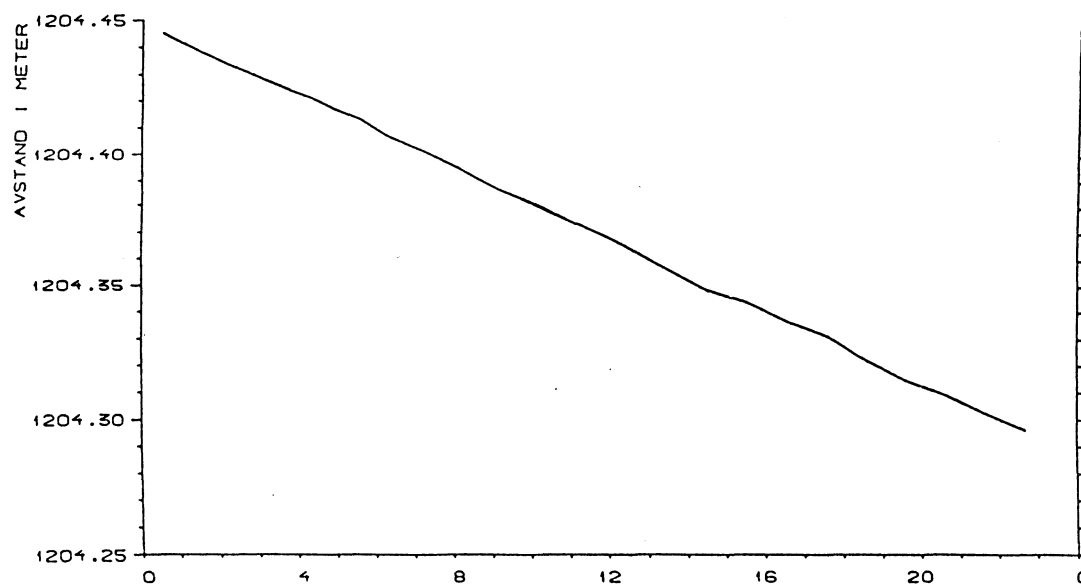
Fordi avstandmålingen er avhengig av fri sikt ligger det endel usikkerhet i perioder med urolig vær. I databearbeidingen er det forsøkt tatt hensyn til dette ved at målinger med stort standardavvik er fjernet. Det er deretter beregnet et glidende middel av avstanden for hver time.

For å sammenligne resultatene fra våren og høsten er det gjort et utvalg av data som anses å ha best kvalitet. Figur 44a og figur 45a viser avstanden til staken som funksjon av tiden. Strekens tykkelse angir usikkerheten i målingen.

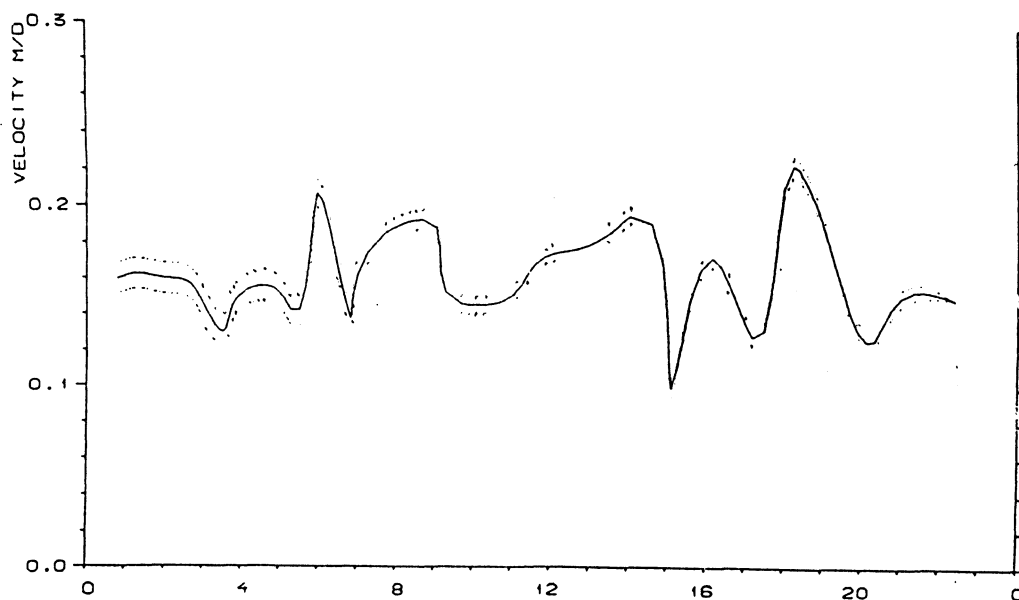
På grunnlag av disse avstandsmålingene er hastigheten beregnet. Resultatet er vist i figur 44b og figur 45b. Her er standardavviket for hver tidsperiode vist med prikkede linjer.

Til tross for en vannstandsforskjell på 26 m i Austdalsmagasinet ved de to måleseriene, synes det ikke å være særlig store forskjeller på resultatene hverken i variasjon eller frekvens.

Middelhastigheten er imidlertid lavere om høsten enn om våren slik som antydnet under punktmålingene.

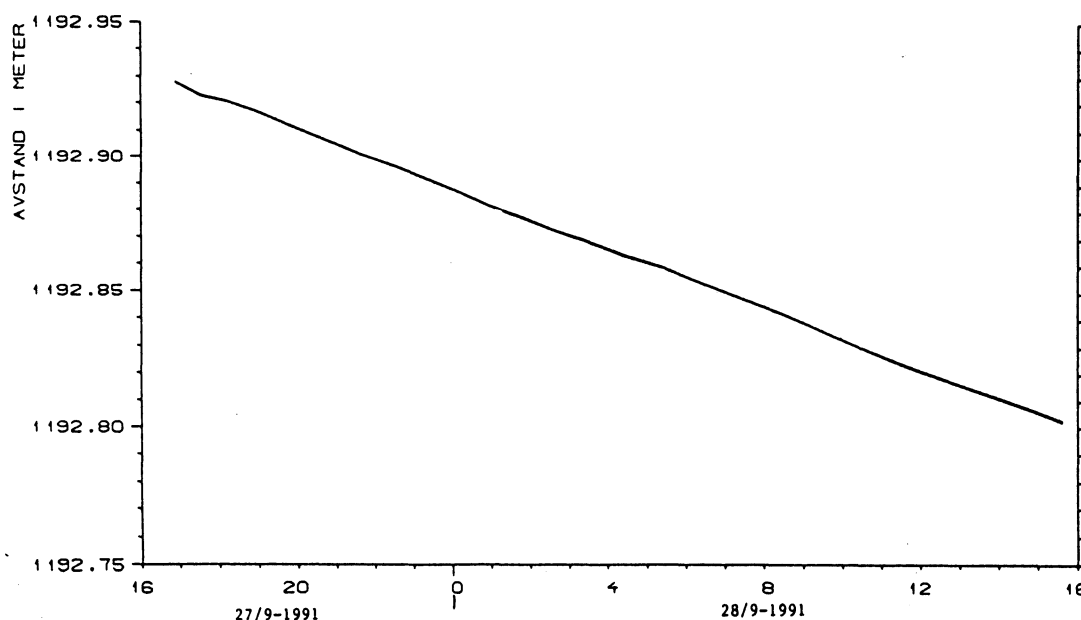


Figur 44A: Avstanden til stake 5 nær brefronten 2. juni 1991. Staken beveger seg mot målestedet.
Distance between a fixed point in front of the glacier and stake 5.



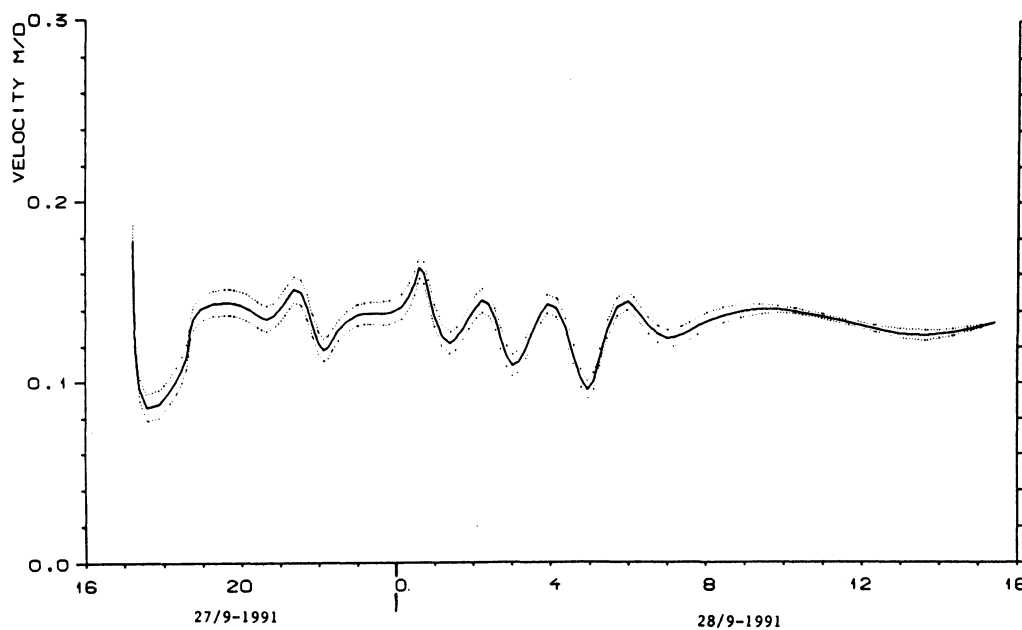
Figur 44B: Hastighet 2. juni 1991 beregnet på grunnlag av figur 44A. Usikkerheten er vist med prikket linje.

Ice velocity calculated from results in figure 44A. The dotted lines show the uncertainty.



Figur 45A: Avstanden til stake 5 nær brefronten 27. og 28. september 1991.

Distance from a fixed point in front of the glacier to stake 5 measured 27 and 28 September 1991.



Figur 45B: Hastighet på stake 5 27. og 28. september 1991 beregnet på grunnlag av figur 45A.

Ice velocity on stake 5, 27 and 28 September 1991 calculated from results in figure 45A.

HASTIGHETSMÅLINGER PÅ ENGABREEN 1990 OG 1991

Innledning

Forståelsen av hvilken betydning vannet på bunnen av breen har for breens bevegelse er sentral for utformingen av modeller som beskriver breens dynamikk. Slike modeller har i den senere tid fått betydelig aktualitet i forbindelse med beregninger av breens reaksjon på ulike klimascenarier.

Som en del av Svartisen-utbyggingen på vest- og nordsiden av Svartisen har Statkraft planlagt å bruke vannet som renner under Engabreen. Det finnes ingen dokumentert erfaring på hvordan en bre vil reagere når vannet fjernes fra bunnen. Engabreen må i denne forbindelse betraktes som et sensitivt område idet det er stor turistinteresse knyttet til breen. Dersom store forandringer skulle skje, vil det være viktig å ha nødvendig dokumentasjon tilgjengelig.

Hastighetsmålingene startet derfor våren 1990 for å få erfaringsmateriale før vannet tas, og vil fortsette 2 - 3 år etter at vannet er fjernet.

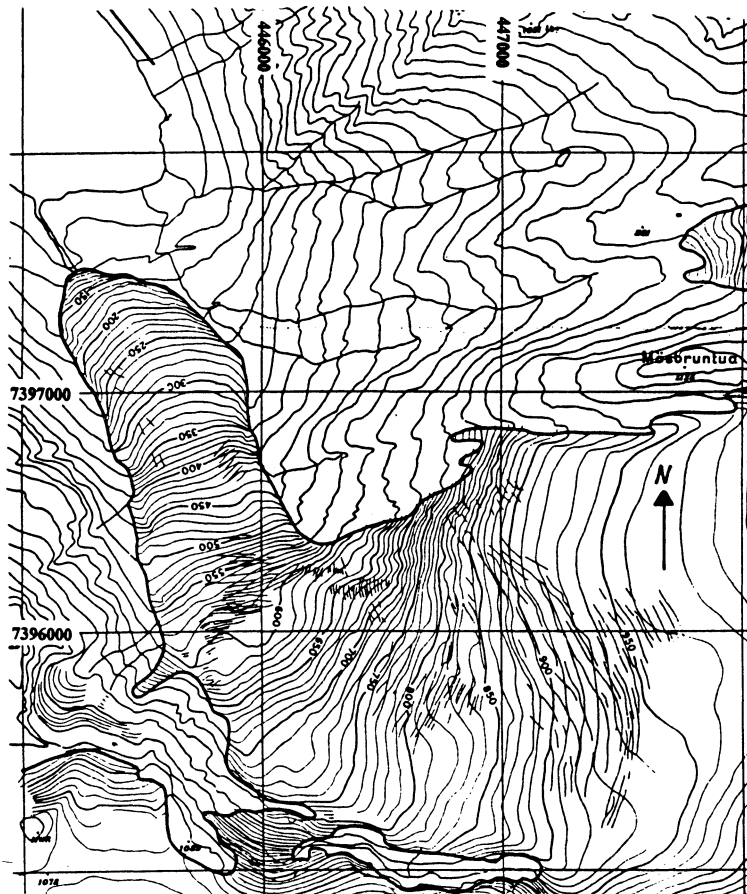
Stakemålinger med lange mellomrom

Den vanligste metoden for å beregne breens hastighet er ved hjelp av staker som følger breens bevegelse. Disse koordinatfestes og bevegelsen beregnes. Et stakenett på 13 staker ble opprettet våren 1990. Det ble plassert slik at brebevegelsen oppstrøms og nedstrøms inntaksområdet skulle kunne beregnes. Hastighetene vil videre danne grunnlaget for beregninger av friksjonen langs bunnen av breen i de aktuelle områdene.

For disse beregningene er det viktig at alle punktene opprettholdes over lengre tid. På grunn av stor smelting og mye sprekker i måleområdet vil det gå med uforholdsmessig store ressurser til vedlikehold av et slikt stort stakenett.

Gjentatte flyfotograferinger

For om mulig å finne en rimeligere metode å utføre målingene på ble forskjellige alternativer diskutert. En mulighet som syntes lovende, var beregninger ved hjelp av en fotogrammetrisk metode. Metoden består i å måle direkte på vertikale flyfotografier som blir tatt med jevne mellomrom. Sprekker og andre gjenkjennelige punkter på breen blir benyttet som merker. Metoden er benyttet med gode resultater i Antarktis. Usikkerheter som gjør seg gjeldende ved bruk av metoden på

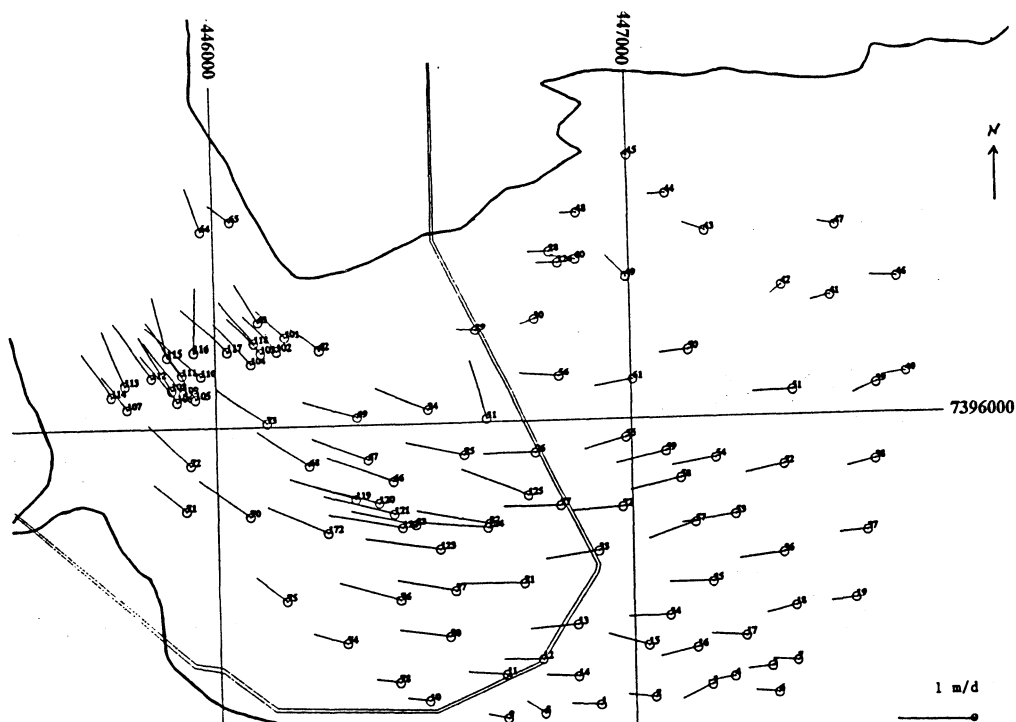


Figur 46: Nedre del av Engabreen. Hastighetsmålinger er gjort i området mellom 550 og 950 m o.h. Kartgrunnlaget er brekart over Engabreen basert på flyfoto-grafering i 1968.

Lower part of Engabreen. Velocity measurements were carried out in the area between 550 and 950 m a.s.l. The map is based on air photographs from 1968.

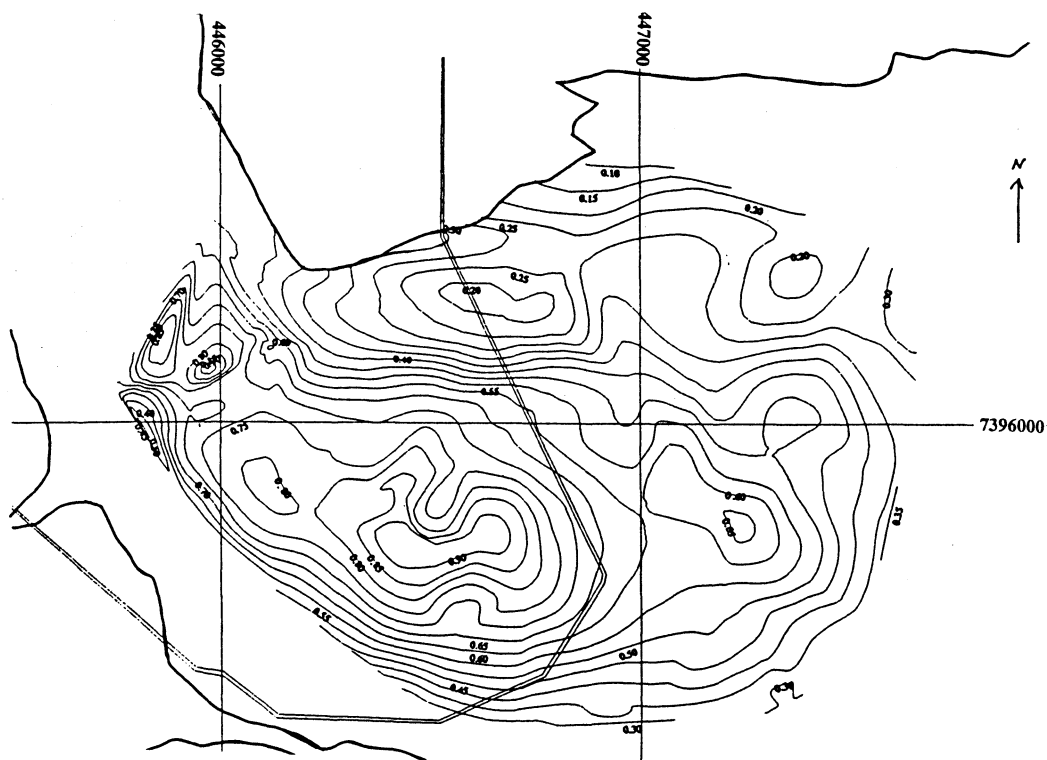
Engabreen er lys/skyggevirkning på sprekke og om smeltingen vil ødelegge sprekke mønsteret mellom hver flyfoto-grafering. Resultatene fra de to metodene fra sommeren 1990 stemte rimelig godt overens. Den fotogrammetriske metoden gir langt flere målepunkter til en lavere pris.

Området på Engabreen der hastighetsmålingene er gjort, er vist på figur 46. I 1990 ble foto-grafering foretatt 5. juli og 11. august. På bildene ble ca 115 punkter koordinatfestet. Punktene er jevnt fordelt over et større område for å gi et rimelig sikkert bilde av hastighetsfordelingen. Figur 47 viser plasseringen av de valgte punkter samt retning og størrelse for punktenes hastighet. Noen av punktene viser et klart avvik fra de nærliggende (f.eks. 115, 116, 31). Dette skyldes sannsynligvis feil i markørbestemmelsen på de to bildene. Disse er derfor fjernet fra datafilen før den videre bearbeidingen til hastighetskartet som er vist på figur 48. Kartet viser absoluttverdien til hastigheten i m/døgn og man ser hastigheter på opp til 0.9 m/døgn langs breens senterlinje.



Figur 47: Hastighet og retning på bevegelsen til punkt i området nær inntaket på Engabreen 5. juli - 11. august 1990. Tunneltraseen er inntegnet.

Ice velocity between 5 July and 11 August 1990 determined from air photographs close to a subglacial hydropower water intake beneath Engabreen. The velocity markers were crevasses. The location of the diversion tunnel is marked on the map.

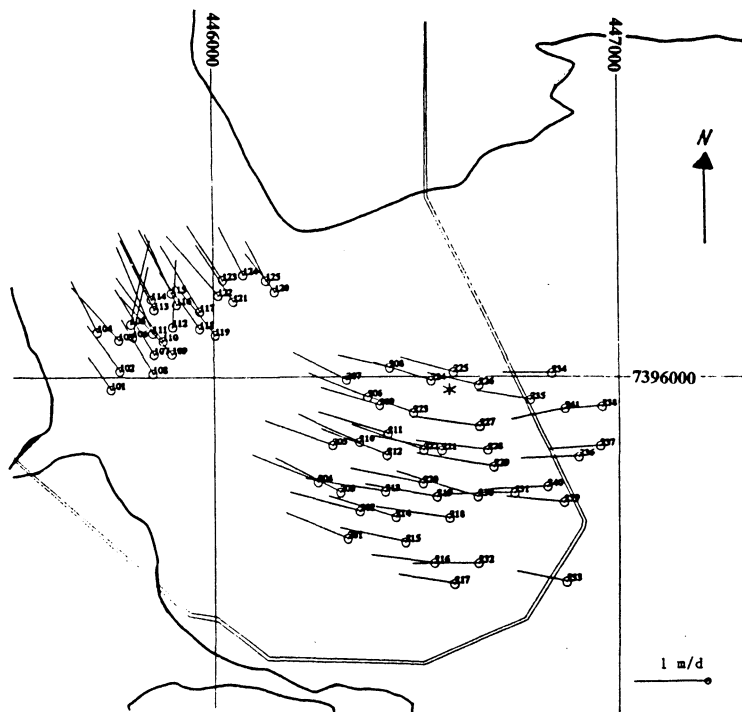


Figur 48: Brehastigheten på Engabreen 5. juli - 11. august 1990 (m/d) basert på figur 47.

Ice velocity distribution (m/day) for the period 5 July - 11 August 1990 based on figure 47.

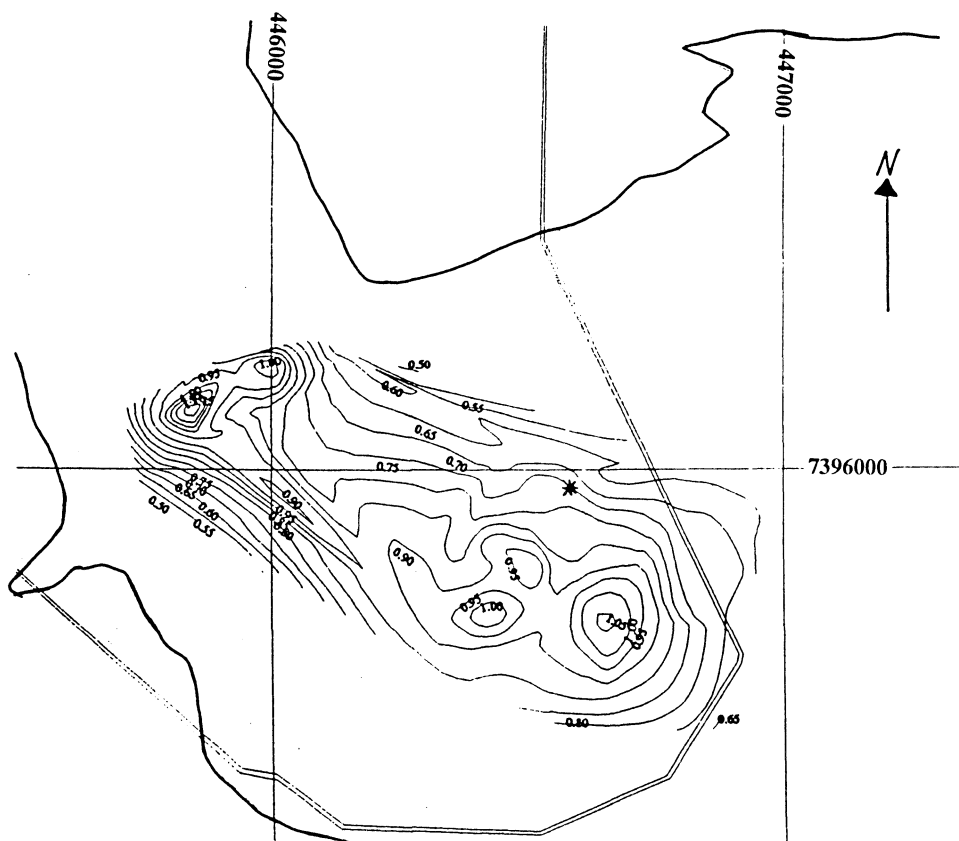
I 1991 var det planlagt 3 fotograferinger av breen. På grunn av værforholdene ble bare to av disse utført (29. juni og 31. juli). På disse er 66 punkter koordinatfestet. Figur 49 viser bevegelsen til disse punktene beregnet på samme måte som i figur 47. Som et forsøk ble det denne gangen valgt mindre områder med større punkttetthet. Fordi grunnlaget for disse beregningene er flyfotografier, kan vi velge ut flere punkt i senere hvis vi finner det nødvendig. Figur 50 viser kart over hastighetene i 1991 med de valgte punktene i figur 49 som grunnlag.

Begge kart viser maksimalverdier for hastigheten like nedenfor tunnelen. Hastighetsbildet ser også rimelig likt ut på begge figurene. Hastighetene ser imidlertid ut til å være noe høyere i 1991 enn i 1990. Dette kan skyldes at verdiene fra 1991 er et middel av hastighetene på forsommeren (29. juni - 31. juli), mens verdiene fra 1990 er fra en periode litt senere på sommeren (5. juli - 11. august). Vann som begynner å drenere inn i breen om våren og forsommeren vil ha en tendens til å fylle opp eksisterende hulrom under breen fordi dreneringssystemet ennå ikke er fullt utviklet. Dette vil nedsette friksjonen langs bunnen og resultere i større hastigheter.



Figur 49: Hastighet og retning til utvalgte punkter i området nær inntaket på Engabreen mellom 29. juni og 31. juli 1991. Tunneltraseen er inntegnet. * angir plassering av punkt hvor det ble gjort kontinuerlige hastighetsmålinger 24. - 25. juni.

Ice velocity between 29 June and 31 July 1991 at selected markers close to a subglacial hydropower water intake. Continuous ice velocity was measured at the point * 24 - 25 June 1991.



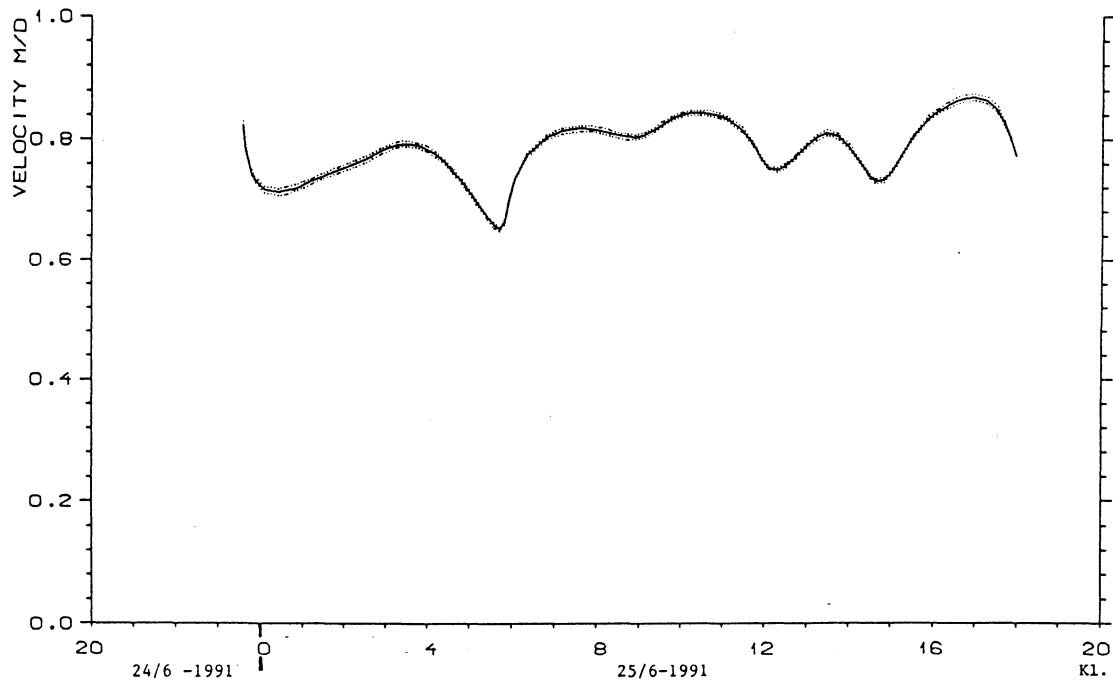
Figur 50: Hastigheten på Engabreen 29. juni - 31. juli 1991 i m/døgn basert på resultatene i figur 49.

Ice velocity distribution on Engabreen in the period 29 June - 31 July 1991 based on measurements shown in figure 49.

Kart av denne type vil være nødvendige hjelpemidler for beregning av forandringer i breens basalskjærspenning og hastighet når vannet fjernes fra bunnen, og vil bli laget hvert år fremover.

Kontinuerlige hastighetsmålinger

Det antas at breenes bevegelse består av indre deformasjon og glidning som en slags "rykk og napp" bevegelse med korte frekvenser (timer). Fjerning av vannet kan få stor effekt på den siste typen bevegelse. For å undersøke dette mer i detalj er det i 1991 utført kontinuerlige hastighetsmålinger på Engabreen. Disse ble utført i perioden 24. - 25. juni. Målingene ga data for ca 20 timer. Målemetoden er tidligere benyttet på Austdalsbreen og består av kontinuerlig måling av avstanden til en stake. Måleinstrumentet er plassert slik at staken beveger seg tilnærmet rett mot dette. Den gjennomsnittlige avstanden pr. minutt blir lagret sammen med standardavviket i perioden.



Figur 51: Hastighetsvariasjoner på en markør på Engabreen (* figur 49 og 50) 24. og 25. juni 1991.

Ice velocity variations at a marker on Engabreen (* on figure 49 and 50) 24 and 25 June 1991.

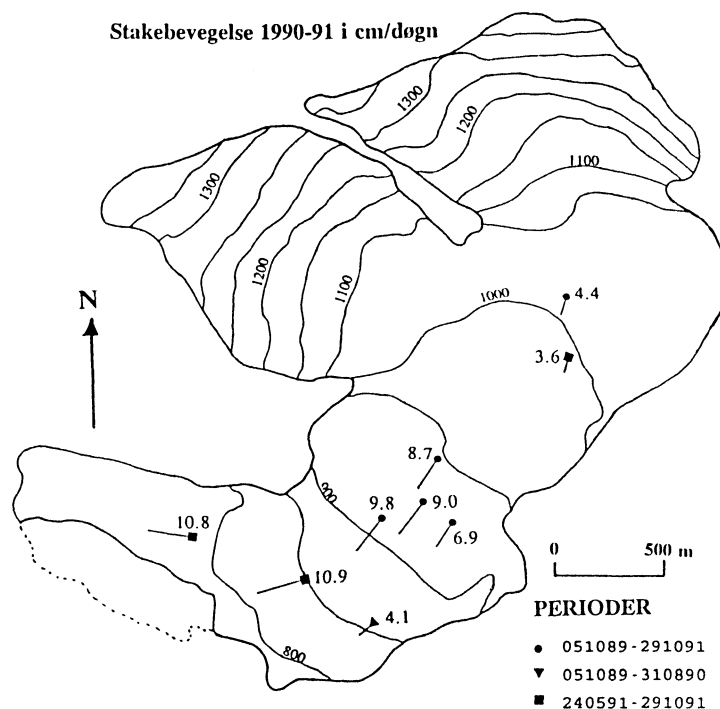
Hastigheten er beregnet med overlappende tidsmidling på 1 time, og resultatet av disse beregningene er vist på figur 51. De stiplede linjene angir standardavviket i middelveiden. Hastigheten varierer mellom 0.7 m/døgn og 0.9 m/døgn med en gjennomsnittsverdi på ca 0.75 m/døgn. Plasseringen av målepunktet er vist på figur 49 og 50 (markert med *), og av kartet ser man at praktisk talt samme verdi for brehastigheten oppnås ved de to uavhengige målemetodene.

HASTIGHETSMÅLINGER PÅ SVARTISHEIBREEN 1990 OG 1991

I forbindelse med massebalansemålingene på Svartisheibreen er det også utført hastighetsmålinger. Staker ble målt inn 5.oktober 1989, 31.august 1990, og 24.mai, 12.august og 29.oktober 1991. Midlere stakebevegelse i 1990 og 1991 er vist på figur 52. Hastigheten økte nedover breen fra 4 cm/døgn rundt 1000 m o.h. til 10 - 11 cm/døgn nederst på breen. Den relativt store stakebevegelsen nær brefronten skyldes trolig at breen der flyter slik at friksjonen mot underlaget er minimal. Breradarmålinger har vist at breen her ligger i et trau, og at Heiavatnet kan være over 50 meter dypt. Målinger gjennom flere år antyder at det er liten variasjon i brebevegelsen gjennom året og fra år til år.

SVARTISHEIBREEN

Stakebevegelse 1990-91 i cm/døgn



Figur 52: Kart over Svartisheibreen fra 1985 med midlere stakebevegelse i 1990 og 1991 basert på innmålte stakeposisjoner. Brefronten trekker seg tilbake slik at vannet foran breen (stiplet) stadig blir større.

Ice velocity measured using stakes on Svartisheibreen in 1990 and 1991. The glacier was mapped in 1985, but the glacier is receding so the proglacial lake becomes larger.

ANDRE BREUNDERSØKELSER

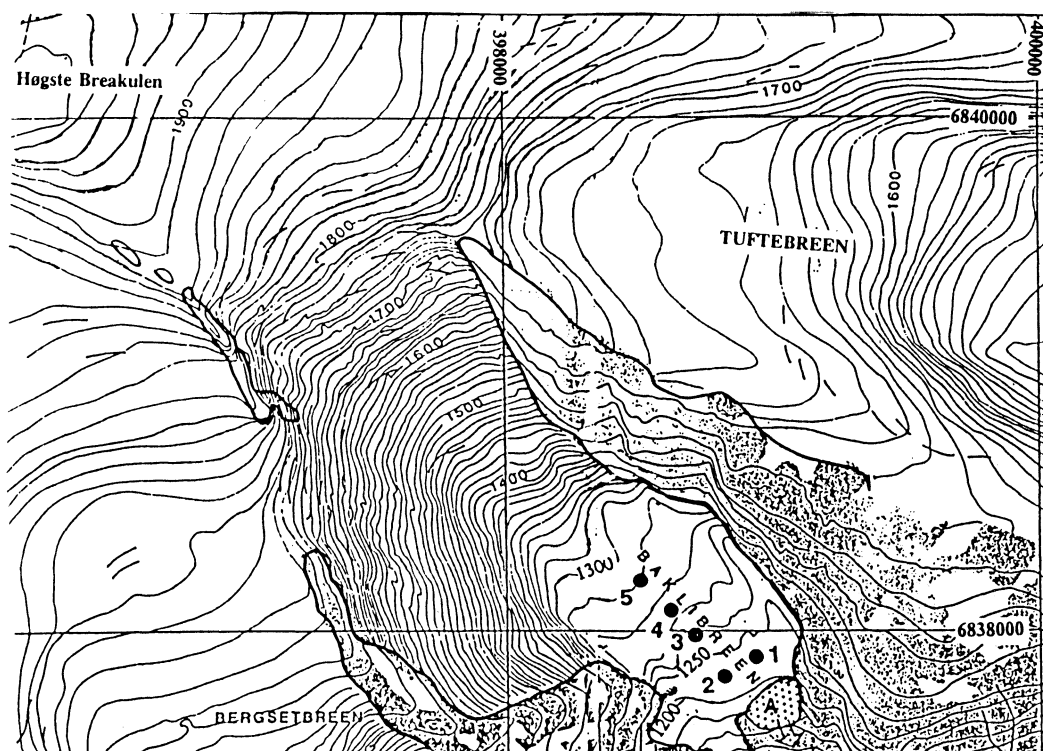
ISRAS FRA BAKLIBREEN, JOSTEDALEN

Innledning

Sommeren 1986 gikk det et ras fra Baklibreen (figur 53) ut i Krundalen, en sidedal til Jostedalen. Raset hadde en fallhøyde på 600 - 700 meter, og drepte tre personer som gikk på en sti nede i Krundalen. Det arealet som raste ut er vist på figuren (som A), og hadde en antatt størrelse på 4000 m². Figur 54 viser Baklibreen kort tid etter raset.

Målemetodikk

For å få en bedre forståelse av ras fra breer generelt og Baklibreen spesielt, ble det høsten 1987 satt igang målinger på breen. Fire staker ble plassert i et lengdeprofil i breens ablasjonsområde. Ved å måle posisjonen til disse



Figur 53: Kart over Baklibreen med området som raste ut i 1986 (A) og stakeplasseringer.

Baklibreen with the area which avalanched ($\approx 4000 \text{ m}^2$) in 1986 (A) and stake positions. This avalanche killed three people.



Figur 54: Baklibreen i Krundalen, en utløper fra Jostedalsbreen, sommeren 1986 like etter raset som drepte tre personer. Raset gikk fra den høyre siden av breen der is som brekker av fra brefronten samler seg på bratte svaberg. Foto: Bjørn Wold.

Baklibreen, a small, eastern outlet from Jostedalsbreen, shortly after an avalanche which killed three people in the summer 1986. The avalanche came from the right side of the glacier in a fairly steep-sloping area where ice blocks which break off the glacier front accumulates. The ice blocks fell 600 - 700 meters.

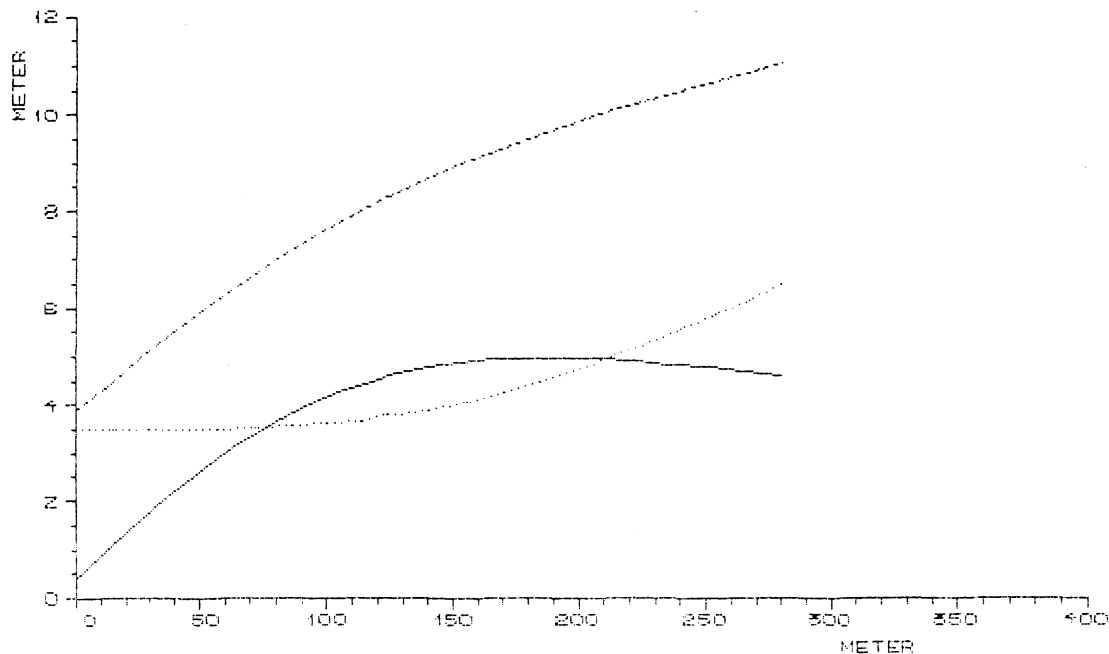
gjennom flere år er både den horisontale og den vertikale brebevegelsen beregnet. Avsmeltingen av breis er målt på de samme stakene, og breoverflatens absolutte høyde er beregnet. Målingene foregikk fra 1986 fram til og med 1990.

Resultater

Den vertikale brebevegelsen i et punkt blir kalt punktets "emergence velocity". I akkumulasjonsområdet er denne bevegelsen ned i breen, mens den i ablasjonsområdet er ut av breen. Hvis "emergence velocity" er større enn smeltingen av is, vil breoverflatens høyde over havet øke. Er ablasjonen større, vil breoverflaten synke.

Figur 55 viser resultatene av målingene fra 1987 til 1990. De tre kurvene gjengir henholdsvis den totale "emergence"-bevegelsen, kumulativ avsmelting av breis og heving av breoverflaten fra høsten 1987 til høsten 1990. I koordinatsystemet er posisjonen til den øverste staken høsten 1987 valgt som referansepunkt (origo). Brefrontens posisjon er 400 m fra origo.

Emergence hevingen i løpet av måleperioden var som ventet økende mot brefronten, fra 4 m til 11 m .



Figur 55: "Emergence velocity", kumulativ breissmelting og heving av breoverflaten i perioden 1987 til 1990. Som origo på breen er valgt posisjonen til stake 5 (figur 53) i 1987. Brefrontens posisjon er ca 400 m fra origo.

----- "Emergence velocity" (se teksten)
 Kumulativ breissmelting
 ——— Heving av breoverflaten

Emergence velocity, cumulative ice melting and raising of the ice surface between 1986 and 1990. The position of stake 5 (figure 52) in 1987 is chosen as the origin. The glacier front lies 400 m from the origin.

Smeltingen av breis er vesentlig lavere, økende fra ca 4 m ved origo, til ca 6 m mot fronten. Ablasjonen i de tre årene har vært svært forskjellig. I 1988 var smeltingen stor. I 1989 og 1990 var det meget store snøoverskudd som resulterte i at bare de nederste delene av bretungen ble eksponert for smelting av breis.

Målingene viser altså at hele den nederste delen av Baklibreen øker i tykkelse. Størst øking er det 200 til 300 m fra brefronten hvor hevingen av isoverflaten har vært ca 5 m i løpet av perioden. Heving av isoverflaten betyr at brefronten vil rykke fram. I dette tilfelle vil resultatet bli at isblokker vil brette av og rase ned på en fjellhylle like nedenfor breen. Her vil det bygges opp en "regenerert bre". Under gitte betingelser, (stor nok masse, mye regn slik at glideplan dannes o.l) vil hele denne bre Massen kunne rase ut som i 1986. Figur 56 viser at det nå bygges opp et isvolum på samme sted som det raste i 1986, og sannsynligheten for et nytt ras øker fra år til år.



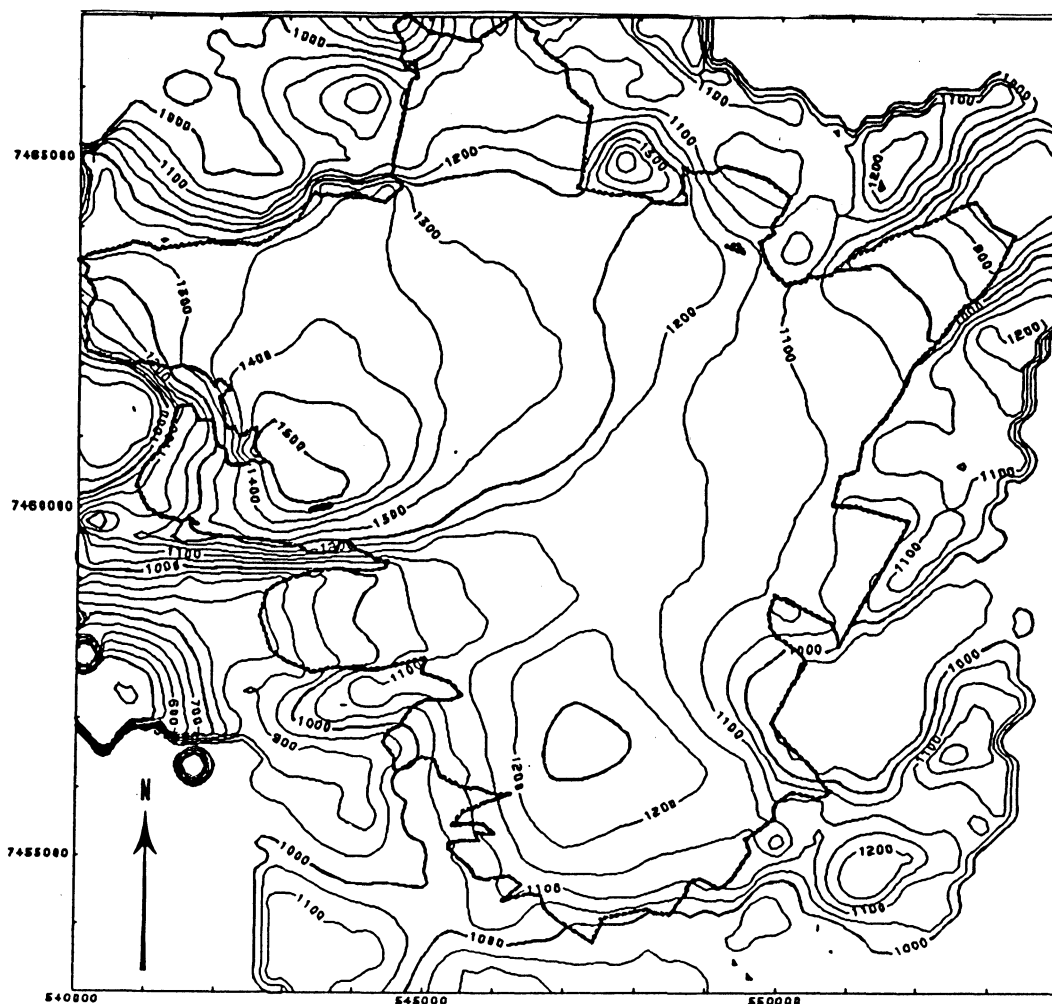
Figur 56: Baklibreen 19. oktober 1990. På høyresiden av breen bygger det seg opp en "ur" av nedraste isblokker som kan rase ut. Foto: Mike Kennett.

Baklibreen 19 October 1990. On the right hand side a talus of ice blocks is building up. Under critical conditions such as heavy rain, this can avalanche into the valley beneath.

KARTLEGGING AV ISTYKKELSE PÅ BLÅMANNSISEN, NORDLAND

Blåmannsisen er Norges 5. største bre og dekker et areal på ca. 87 km². Et oversiktskart over breen er vist på figur 57. Breen har mange utløpere, og flere av disse ender i vann.

Det ble gjort breradmålinger på Blåmannsisen i 1990 (Kennett, 1990). Bunntopografikartet (figur 58) er basert på



Figur 57: Overflatekart over Blåmannsisen fra 1986. Brekanten er markert med tykk strek. Ekvidistanse 50 meter.

Surface topography on Blåmannsisen, Nordland County, mapped in 1986. The glacier boundary is marked with heavy lines. Contour interval is 50 m.

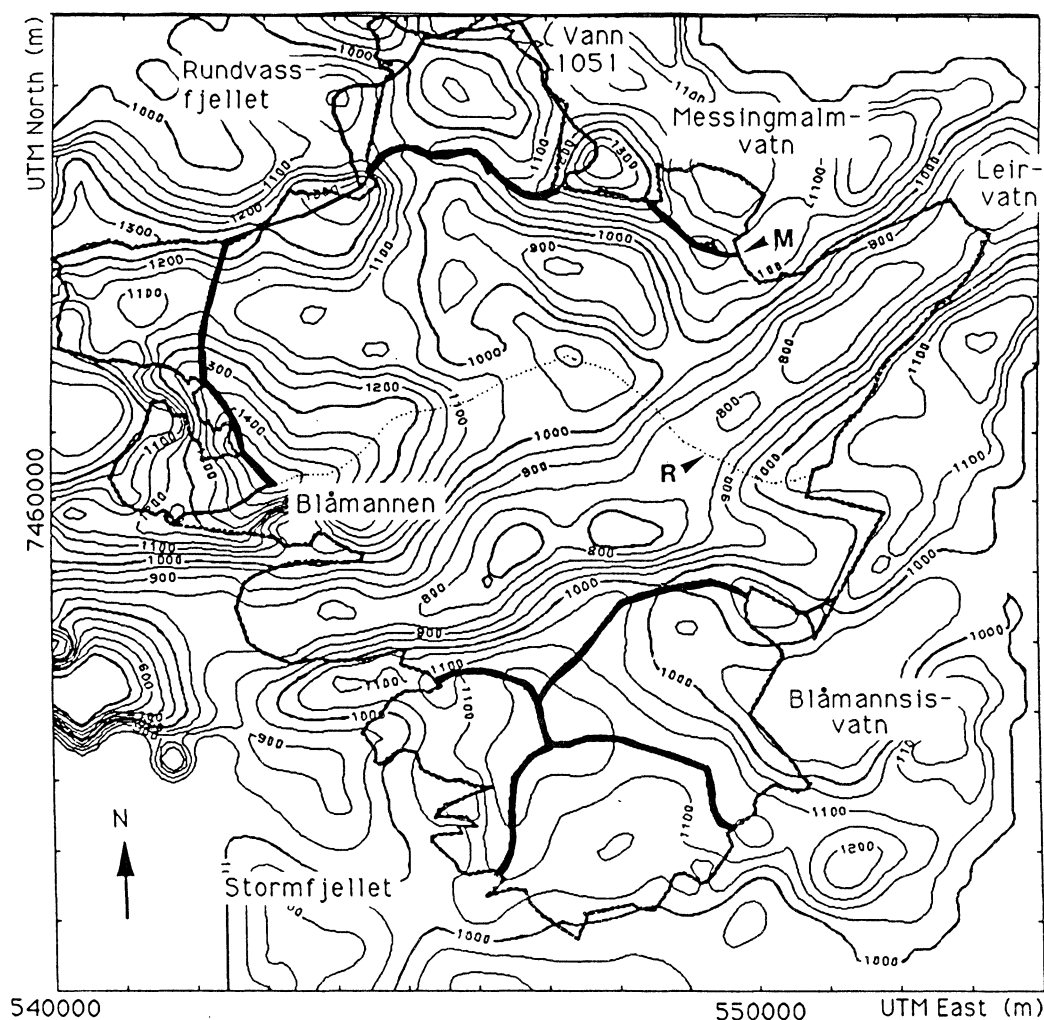
overflatekartet og istykkelser målt med breradar. Istykkelsen på Blåmannsisen er nokså varierende. Den største istykkelsen som ble målt var 471 m, mens gjennomsnittet var 163 meter.

Resultatene er brukt til å beregne dreneringsgrensene på breen, og spesielt for brefeltet som drenerer mot Rundvatnet (671 m o.h.) nord for Rundvassfjellet (figur 58). Bunntopografien der er viktig for planer om å plassere et subglasialt inntak i dette området i forbindelse med kraftutbygging. Passpunktet i den subglasiale topografien ovenfor Rundvatnet har en høyde på 1000 ± 20 m o.h.

Beregninger viser at forskjellen mellom vannskillene på bre-overflaten og isskillene på breoverflaten er forholdsvis stor med et maksimalavvik på ca 1500 meter. Arealet på Rundvatnets

dreneringsfelt oppstrøms passpunktet er $10.9 \pm 0.3 \text{ km}^2$. I perioder med sterk avsmelting vil dreneringsarealet kunne bli mindre. Beregningene er nærmere beskrevet av Kennett (1990).

Vann 1051 ved nordkanten av breen (figur 58) er i dag stabilt, men kan tømmes plutselig under isen hvis breen ved vannet blir ca 30 m tynnere.



Figur 58: Blåmannsisens bunntopografi og vannskiller (tykk strek) dersom breen forsvinner. Vannskillet er stiplet der plasseringen er usikker. Ved passpunktet R (823 m o.h.) er høyden omtrent den samme som ved utløpet av Leirvatn (826 m o.h.). Det tenkte vannskillet går derfor alternativt fra punktet M, rundt Leirvatnet og øst og sør for Blåmannsisvatnet.

Subglacial topography under Blåmannsisen with water divides (thick curves) if the glacier were to disappear. This water divide is uncertain where it is dotted. The difference in altitude between passpoint R (823 m a.s.l.) and the outlet from Leirvatn (826 m a.s.l.) is less than the uncertainty in the measurements ($\pm 20 \text{ m}$), so an alternative water divide runs from point M around Leirvatn, and east and south of Blåmannsisvatnet.

ENGLISH SUMMARY

MASS BALANCE MEASUREMENTS

The Norwegian Water Resources and Energy Administration (NVE) is a Governmental organization which is responsible for various activities, both within administration and development, concerning all kinds of water and energy resources. The hydrology department is in charge of topics such as river discharge, lake levels, ground water, ice formation in rivers and on lakes, sediment transport and glacier hydrology.

Long-term mass balance studies were initiated on selected glaciers in Southern Norway in 1962 and 1963. Glaciers which are regarded as representative for certain areas were selected. The glaciers Ålfotbreen, Nigardsbreen, Hardangerjøkulen, Hellstugubreen and Gråsubreen, in addition to Storbreen which is measured by the Norwegian Polar Institute, comprise an west-east transect representing the change in climate from the maritime coast to the continental inland.

In Northern Norway long-term mass balance studies started on Engabreen in 1970.

In addition some glaciers have been studied for 3 to 5 years on behalf of hydropower companies. Austdalsbreen has been studied for 4 years. The studies comprise mass balance, change in front position and ice movement. At Spørteggbreen mass balance studies were ended after 4 years of measurements. Austre Okstindbreen has been studied for several years by investigators from The University of Aarhus, Denmark. Mass balance studies started in 1987, and will continue at least until 1995. Investigations started in 1989 at Svartisheibreen and in 1990 at Trollberdalsbreen, both close to the Svartisen Ice cap. In 1991 mass balance measurements started on Storsteinsfjellbreen in Skjomen. Trollbergdalsbreen and Storsteinsfjellbreen were measured previously in 1970 - 75 and 1964 - 68 respectively. In 1989 measurements were initiated on Langfjordjøkulen, one of the northernmost glaciers in Norway.

Mass balance 1990

In the balance year 1989 - 90 winter balances were large and summer balances relatively small resulting in a positive net balance on most of the glaciers. The results are listed in table 15 (p.40).

In Southern Norway the winter balance was 150 - 190% of the long-term means. At Ålfotbreen the winter balance was 5.98 m w.eq., the largest winter balance ever measured on a Norwegian glacier. In Northern Norway the winter balance was lower. Engabreen had 125% of the long-term mean.

The summer balance was lower than the long-term average for all the glaciers except for the most maritime ones: Ålfotbreen and Engabreen.

Austre Okstindbreen and Trollbergdalsbreen are more continental than Engabreen and Svartisheibreen, and their net balances were approximately zero. The northernmost glacier Langfjordjøkulen had the year's largest measured net mass loss, as it had in 1989 which was also a year of large positive net balances on most of the glaciers.

Mass balance 1991

In the balance year 1990 - 91 both winter and summer balance were lower than the long-term average for most of the measured glaciers. Nine of the 14 measured glaciers had a net balance within 0.0 ± 0.2 m w.eq. The maritime glaciers Ålfotbreen and Engabreen had the largest surpluses (0.79 and 0.69 m w.eq.) while the more continental glaciers Hellstugubreen, Gråsubreen and Austre Okstindbreen had a mass deficit of about 0.5 m w.eq. The results are shown in table 31 (p. 78).

The northernmost glacier Langfjordjøkulen had a small positive net balance. The difference in regime is obvious since this glacier had negative net balance in 1989 and 1990 when most of the glaciers had positive net balances.

Front position measurements

Front position measurements have been performed at some of the investigated glaciers. At Nigardsbreen the front advanced a total of 17 m during 1990 and 1991. Austdalsbreen retreated about 60 m in 1990 due to calving, but maintained its position in 1991 (figure 21 p.50). At Hellstugubreen the continuous retreat during the last 30 years continued in 1990 (17 m) and 1991 (6 m). At Svartisheibreen the size of the proglacial lake has increased significantly (figure 30 p. 66). At Engabreen the retreat that started in 1985 continued in 1990 and 1991. Some front positions measured since 1968 are shown in figure 33 (p. 70).

VELOCITY MEASUREMENTS IN 1990 AND 1991

Ice movement has been measured on some of the glaciers using several different methods.

On Austdalsbreen ice movement is measured both long-term over several years, and continuously over a few days. The aim is to monitor the change in glacier dynamics caused by the regulation for hydropower of the lake into which the glacier calves.

On Engabreen ice movement is measured using several methods, both using stakes and oblique and vertical photogrammetry. Conventional stake measurements were difficult to maintain due to high glacier velocity and heavy crevassing. Vertical photogrammetry using crevasse pattern as markers was very successful. The velocity distribution is shown in figures 48 and 50 (p. 89).

On Svartisheibreen conventional measurements using stakes were carried out to aid modelling of the glacier's reaction to various future climate scenarios.

OTHER MEASUREMENTS

Ice avalanche from Baklibreen, Krundalen.

Baklibreen is a small, eastern outlet glacier from Jostedalsbreen. In august 1986 a large ice mass from this glacier avalanched 600 - 700 m into the Krundalen Valley killing three people. In 1987 investigations were initiated to find out whether future avalanches could be expected.

The study included measurements of mass balance, horizontal and vertical ice velocity, and change in surface altitude. These investigations showed that the glacier is thickening close to the front (figure 55 p.96), and ice is building up in the same area which avalanched in 1986. Thus there is a danger of avalanches in the near future.

Ice thickness measurements on Blåmannsisen using radar.

Ice thickness has been measured on several Norwegian glaciers using a low frequency radar. Maps of subglacial topography are produced by interpolation between measured profiles (figure 58 p.99). The accuracy is estimated to be ± 20 meters. On Blåmannsisen a maximum ice thickness of 471 meters was found, however ice thicknesses of up to 600 meters have been measured earlier on Jostedalsbreen and Svartisen.

REFERANSER

Elvehøy, H.

1991: Kalving og kalvingsprosesser på Austdalsbreen med spesiell vekt på verknaden av vasstandendring. Upublisert Cand. scient. oppgave fra Universitetet i Bergen (153 sider).

Hooke, R. Leeb, Calla, P., Holmlund, P., Nilsson, M. and Stroeven, A.

1989: A 3 year record of seasonal variation in surface velocity, Storglaciären, Sweden. Journal of Glaciology vol. 35, no 120, p. 235-247.

Iken, A. og Bindenschadler R.

1986: Combined measurements of subglacial water pressure and surface velocity of Findelengletscher, Switzerland. Conclusions about drainage system and sliding mechanism. Journal of Glaciology, vol. 32, no. 110, p. 101-119.

Kennett, M.

1990: Kartlegging av istykkelse og feltavgrensning på Blåmannsisen 1990. Oppdragsrapport 8-90 fra Hydrologisk Avdeling, Norges Vassdrags- og Energiverk (20 sider).

Knudsen, N.T.

1991: Mass balance, meltwater discharge and ice velocity at Austre Okstindbreen, Nordland, Norway, 1989 - 90. Okstindan Glacier Project, Geologisk Institut, Aarhus Universitet.

Knudsen, N.T.

1992: Mass balance, meltwater discharge and ice velocity at Austre Okstindbreen, Nordland, Norway, 1990 - 91. Okstindan Glacier Project, Geologisk institut, Aarhus Universitet, (in prep).

Laumann, T.

1990: Austdalsbreen - konsekvenser av Jostedalsutbyggingen. Oppdragsrapport 6-90 fra Hydrologisk Avdeling, Norges Vassdrags- og Energiverk (61 sider).

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo 3

I 1992 ER FØLGENDE PUBLIKASJONER UTGITT:

- Nr 1. Opprusting og utvidelse av vannkraftverk. Seminar om småkraftverk Olavsgård, 29. jan. 1992. (95 s.)
- Nr 2. Gry Berg og Per Einar Faugli (red.): FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. (349 s.)
- Nr 3. Hallgeir Elvehøy og Nils Haakensen (red.): Glasiologiske undersøkelser i Norge 1990 og 1991. (103 s.)

NORGES VASSDRAG
OG ENERGIVERK



00531792